

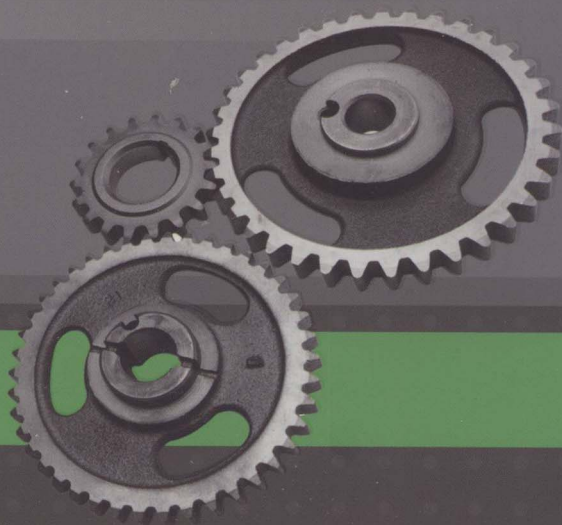


职业教育院校机电类专业规划教材

机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

李强◎主编



职业教育院校机电类专业规划教材

机械制造基础

主 编 李 强
副主编 周松兵 何世勇
参 编 包科杰 陈爱群 胡洪生
李智勇 杨关全 杨 华
主 审 唐大超



机械工业出版社

本书是为了适应现代制造业发展对职业技术教育的需要,结合教育部关于培养国家紧缺型技能人才的精神,按照教育部颁发的《(机械制造基础)教学大纲(试行)》的基本要求编写。

全书共6章,主要阐述了机械制造的基础知识、工程材料、各种材料成形方法、常用零件毛坯的选择、金属切削加工及现代制造技术等相关内容。

本书主要面向职业院校的工科学生,还可以作为机械类、近机械类职工培训及技术培训教材,也可作为工程人员自学和参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/李强主编. —北京:机械工业出版社,2008.12
职业教育院校机电类专业规划教材
ISBN 978-7-111-25869-8

I. 机… II. 李… III. 机械制造—高等学校:技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第203287号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:刘远星 汪光灿

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:王伟光 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2009年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19印张·468千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-25869-8

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379182

封面无防伪标均为盗版

职业教育院校机电类专业规划教材编委会

顾 问：黄正轴

主 任：李 强

副主任：陈少斌 周 平 李京平 杨伟桥 龙善寰

肖少兵 艾小玲 韩卫宏 汪光灿

委 员：欧阳德祥 韩森和 蔡继红 唐 萍 刘伦富

汤学达 周松兵 李 军 张玉梅 高海宝

王 巍 余幼平 余常青 禹 诚 邹福召

何有恒 周大勇 刘文芳 毛江华 奚建胜

李春荣 王 敏 张国俭 何世勇 王 曦

武 峰 刘金铁

前言

本书是为了适应现代制造业发展对职业技术教育的需要,结合教育部关于培养国家紧缺型技能人才的精神,按照教育部颁发的《(机械制造基础)教学大纲(试行)》的基本要求,结合2007年4月机械工业出版社在湖北武汉召开的职业院校数控模具专业课程设置研讨会的会议精神编写的。

本书主要由绪论、工程材料、材料成形、毛坯选择、金属切削加工和现代制造技术简介几部分组成,主要包括金属的力学性能,钢的热处理,金属材料,金属表面处理技术,金属材料的选用,铸造、锻造、焊接及冲压等材料成形技术,毛坯的选择,金属切削基础知识,各种典型的切削加工及设备,精密加工与特种加工及先进制造技术等内容。

在编写本书过程中,我们走访了许多大型机械制造企业,其中包括东风汽车公司相关专业生产厂家、湖北三环集团、湖北通达集团、湖北先锋模具公司、东风渝安车辆有限公司等,收集了大量的生产资料和案例。为适应职业教育教学改革的新形势,贯彻以学生为主体、以能力为本位的教学指导思想,突出职业教育特色,在编写本书时主要考虑下列特点:

(1) 淡化理论,突出实用 适当加大工程材料的力学性能、金属切削加工及加工工艺等应用性较强知识的比例,体现中等职业教育学校的培养目标,即注重培养技术文化素质,紧密结合生产实际。

(2) 优化组合,突出新颖 采用最新国家标准,如金属材料的牌号等;增加了新技术、新材料、新工艺及先进制造技术等,适应现代企业的需要,拓宽了知识面。另外,在教材的结构上采用每章开头有教学重点,章尾有思考题与习题的方式对知识进行巩固。同时,课堂教学与实验、实习教学有机结合,使理论与实践紧密结合,注重培养学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力。

(3) 深入浅出,图文并茂 文字表述通俗易懂,简明扼要;内容由浅入深,循序渐进;图文对照,形象清晰;避开原理、机理分析的繁琐性,突出应用性。这样既有利于教师教学,又有利于学生自学,体现以学生为主体的教育理念。

全书按总课时100学时左右编写,具体分配建议大致如下表:

章节	课程内容	学时分配					小计
		讲课	习题	试验	上机	其他	
第1章	绪论	2					2
第2章	工程材料	22		2			24
第3章	材料成形	12		8			20
第4章	毛坯选择	2					2

(续)

章节	课程内容	学时分配					小计
		讲课	习题	试验	上机	其他	
第5章	金属切削加工	24		16			40
第6章	现代制造技术简介	4					4
机动		8					8
合计		74		26			100

本书由湖北十堰职业技术（集团）学校校长李强老师任主编，周松兵、何世勇老师任副主编。李强老师负责编写第1章，湖北信息工程学校胡洪生老师、李智勇老师共同负责编写第2章，湖北十堰职业技术（集团）学校周松兵老师、杨华老师共同负责编写第3章，襄樊机电工程学校包科杰老师、陈爱群老师共同负责编写第4章，襄樊机电工程学校何世勇老师负责编写第5章，襄樊机电工程学校杨关全老师负责编写第6章。全书由周松兵老师负责拟定编写提纲和统稿。十堰职业技术学院副院长唐大超教授担任主审。

在编写本书过程中得到机械工业出版社、湖北十堰职业技术（集团）学校、襄樊机电工程学校、湖北信息工程学校、十堰职业技术学院刑波教授、东风锻造有限公司杨亮波主任工程师的大力支持，同时得到许多兄弟学校和企业的帮助，还引用了许多同行所编著的教材和著作中的大量资料，在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，编写时间短促，书中难免有不妥之处，恳请各位同仁和专家批评指正。

编者

目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 机械制造技术的发展概况	1
1.2 课程内容、特点及学习要求	2
1.3 机械产品生产过程	3
1.4 机械制造过程中的安全常识	6
1.5 材料成形技术在机械工业中的地位和作用	7
思考题与习题	7
第 2 章 工程材料	8
2.1 金属材料的主要性能	8
2.2 金属及合金的结构与结晶	17
2.3 合金相图	21
2.4 钢的热处理	31
2.5 碳素钢及合金钢	47
2.6 铸铁	65
2.7 非铁金属及其合金	71
实训一 硬度试验	79
实训二 冲击韧度试验	81
思考题与习题	83
第 3 章 材料成形	86
3.1 铸造成形	86
3.2 金属的塑性变形	107
3.3 金属材料的连接成形	132
3.4 非金属材料的成形	154
思考题与习题	157
第 4 章 毛坯选择	158
4.1 毛坯的种类及选择原则	158
4.2 常用机械零件毛坯材料及成形方法的选用	160
4.3 毛坯选择示例	162
思考题与习题	165
第 5 章 金属切削加工	166
5.1 切削加工基础知识	166
5.2 典型表面切削成形	182
5.3 各种切削加工的工艺特点及应用	196
5.4 齿轮成形加工	216
5.5 特种加工简介	223
5.6 机械加工工艺基本知识	235
5.7 工件的装夹与定位	260
实训三 轴类零件加工工艺规程的制订	265
思考题与习题	268
第 6 章 现代制造技术简介	270
6.1 成组技术	270
6.2 计算机辅助设计与制造	278
6.3 计算机辅助工艺规程设计	280
6.4 柔性制造系统	284
6.5 计算机集成制造系统	288
6.6 敏捷制造技术	290
6.7 快速成形制造技术	294
思考题与习题	295
参考文献	296

第 1 章 绪 论

本章重点：

1. 机械制造技术的发展概况。
2. 机械制造基础课程的主要内容、特点及学习本课程的要求。
3. 机械产品生产过程的简介。
4. 机械制造过程中的安全常识。
5. 材料成形技术在机械工业中的地位和作用。

1.1 机械制造技术的发展概况

机械制造业是国民经济的基础，是向其他各行业提供工具、仪器和各种机械设备等技术装备的部门。根据统计，制造业创造了 65% 的社会财富，而 45% 的国民经济收入也是由制造业完成的。如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备，那么其他各种技术如信息技术、海洋技术、生物工程技术以及空间技术等新技术的发展都会受到制约。因此，可以说，机械制造业的发展规模和水平是衡量一个国家经济实力和科学技术发展的重要标志。

机械制造行业是一个古老的产业，起源于 18 世纪初的工业革命，同时经历了一个漫长的发展过程。然而现代科学技术的进步，特别是在 20 世纪中后期，微电子技术和计算机技术的发展，使机械制造业焕发了新的活力，增加了新的内涵，如计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、成组技术（GT）、计算机数字控制（CNC）、柔性制造系统（FMS）、工业机器人（IR）、计算机集成制造系统（CIMS）等新技术已经被人们广泛地应用。这些新技术的引进和使用，使机械制造业发生了令人瞩目的变化，具体体现在如下几个方面：

（1）加工精度方面 伴随着机械制造自动化程度的提高，制造装备和测试手段的改善，机械制造精度已得到了极大的提高。从 18 世纪工业革命初期到现在，机械制造精度提高了几个数量级。在 18 世纪初蒸汽机时代，机械制造精度仅为 1mm；后来一直到 19 世纪末，机械制造精度也仅为 0.05mm；到了 20 世纪 60 年代，加工精度很快提高到 0.1 μm 。目前由于测试水平的提高和市场的需要，人们正积极从事超精密加工和超微细加工的研究，其精度可达 0.005 ~ 0.01 μm ，如德国亚琛工业大学已经研制出 0.01 ~ 0.02 μm 精度等级的驱动系统。同时，有不少国家已经开始向纳米级（1nm = 0.001 μm ）加工精度冲刺，在不久的将来，机械制造业将实现分子级或原子级的加工精度。

（2）切削速度方面 随着刀具材料的发展和变革，切削速度在近一个世纪时期内提高了 100 多倍。20 世纪以前，刀具钢主要以碳素钢为主，由于碳素钢的耐热温度低于 200 $^{\circ}\text{C}$ ，所以切削速度不超过 10m/min。20 世纪初期高速钢出现，其耐热温度在 500 ~ 600 $^{\circ}\text{C}$ ，使切削

速度达到 30 ~ 40m/min。20 世纪 30 年代, 硬质合金开始使用, 其耐热温度达到 800 ~ 1000℃, 切削速度开始达到每分钟一百至数百米。随后出现的陶瓷刀具、金刚石刀具和立方氮化硼刀具, 其耐热温度超过 1000℃, 切削速度高达 1000 m/min 以上。由此可见, 现代机械制造业正沿着高速切削轨道发展。

(3) 先进制造技术方面 随着科技的发展, 新的工程材料不断出现。有些工程材料的可加工性已经超过常规的机械加工范围, 传统的切削加工方法已经很难完成加工过程, 由此导致了新加工制造技术的产生。20 世纪 50 年代以来人们研制出许多特种加工方法, 如电火花加工、电解加工、超声波加工、电子束加工、离子束加工、激光加工、高速水射流切割加工等。近年来, 人们成功研制出的精密成形技术和快速成形技术已经投入使用。这些新的加工方法和成形技术的出现, 突破了数百年来传统金属切削加工的局限, 使机械制造业出现了突飞猛进的发展局面。

我国的机械制造业是在解放以后建立和发展起来的, 几十年来, 我国机械制造业发展十分迅速, 已经成为一个规模大、门类齐全和具有一定技术基础的产业部门, 为我国的国民经济发展作出了巨大的贡献。但是, 由于计划经济体制的制约和工业基础较薄弱, 我国的机械制造业与工业发达国家相比, 还存在较大的差距, 主要表现在机械产品品种少、制造工艺落后、装备陈旧、专业水平低、技术开发能力不强、科技投入少、管理水平落后等方面。近些年来, 随着我国经济的改革开放和市场经济体制的运行, 以及各国对机械制造业的重要性的进一步认识, 我国明确提出了振兴机械工业, 使之成为国民经济的支柱产业。同时随着世界制造业的东移, 我国机械制造业今后的发展方向如下: 第一, 要不断提高常规机械生产的工艺装备和工艺水平; 第二, 研究开发优质高效精密装备与工艺; 第三, 加强基础技术研究, 掌握和消化引进技术, 提高自主开发能力, 形成常规制造技术和先进制造技术齐头并进的机械制造业结构。

1.2 课程内容、特点及学习要求

“机械制造基础”作为数控、模具专业的一门专业基础课, 主要研究机械制造过程中工程材料的应用、材料的成形和零件的切削加工, 其次介绍现代先进的制造技术。它是一门综合性技术基础课, 是机械类、近机械类的专业必修课。

1.2.1 课程内容

“机械制造基础”主要内容包括工程材料、材料成形、毛坯选择、金属切削加工和现代制造技术等, 具体如下:

(1) 绪论 它主要包括机械制造技术的发展概况, 本课程的内容、特点及学习要求, 机械产品生产过程, 机械制造过程中的安全常识, 材料成形技术在机械工业中的地位和作用。

(2) 工程材料 它主要包括金属材料的主要性能、金属及合金的结构与结晶、铁碳合金相图、钢的热处理、碳素钢及合金钢、铸铁、非铁金属及其合金。

(3) 材料成形 它主要包括铸造成形、金属的塑性成形、金属材料的连接成形和非金属材料的成形。

(4) 毛坯选择 它主要包括毛坯选择的原则、依据和各种毛坯成形方法的分析比较, 常

用机械零件毛坯成形方法的选用。

(5) 金属切削加工 它主要包括切削加工基础知识、典型表面切削成形、齿轮成形加工、特种加工简介、机械加工工艺的基本知识,工件的装夹与定位。

(6) 现代制造技术简介 它主要包括成组技术、计算机辅助设计与制造、计算机辅助工艺规程设计、柔性制造系统概述,计算机集成制造系统和敏捷制造技术等先进技术的发展。

1.2.2 课程特点

本书的主要特点有以下几方面:

(1) 综合性强 本书体现了“教、学、做”相结合的职教思想,根据培养学生能力为本位、重点培养学生实践能力为核心的指导思想,系统介绍了工程材料、材料成形、毛坯选择、金属切削加工及现代制造技术等机械产品生产过程,将机械类、近机械类专业的“工程材料”、“金属切削机床”、“金属切削原理与刀具”、“机床夹具”、“机械制造工艺”及学生普通技能训练如铸造实训,焊接实训,车、铣、钻等基本实训的相关知识进行有机的结合,注重学生结合能力与理论知识的培养。

(2) 实践性强 本书主要包括理论教学和实践教学两部分,是不可分割的一个整体。在理论教学过程中穿插实验、实践课程,有利于培养学生实践技能,提高动手能力,为获取“双证”和“零距离就业”提供保障。

(3) 应用性强 本书结合学生的自身素质,没有过分强调理论知识的系统性和完整性,避开公式的推导,重视理论的实用性,使学生所学的知识和技能与实际职业岗位更加贴近,有利于实现“零距离就业”。

(4) 时代性强 本书除了讲述机械制造基础知识之外,还将现代先进制造技术等作为一章来介绍,同时书中的金属材料牌号、术语等都采用国家最新标准,注重了新工艺、新技术、新标准的应用。

1.2.3 课程要求

学习本课程的要求有以下几方面:

1) 了解常用工程材料的类别、用途及其性能改变的工艺,初步掌握正确选用常用金属材料 and 常规热处理工艺的能力。

2) 了解金属成形的工艺特点和应用范围、金属毛坯和零件常用的成形方法。

3) 初步掌握选用毛坯和确定机械加工工艺路线的能力。

4) 了解机械产品的制造过程、加工设备及工艺过程。

5) 通过实习,初步掌握各种机械制造的基本技能,为后期综合技能训练打下基础。

6) 了解各种现代先进制造技术的基本知识。

1.3 机械产品生产过程

机械产品的生产过程一般包括以下几个组成部分:

1. 生产技术准备过程

生产技术准备过程是指产品正式投入批量生产之前所进行的各种生产技术准备工作,如

产品设计, 工艺设计, 标准化工作, 制定各种定额, 组织生产设备、生产线及其调整, 组建劳动组织, 制定生产管理规章制度及新产品的试制和鉴定等。

2. 基本生产过程

机械制造企业的各种生产作业活动都属于基本生产过程。机械制造的基本生产过程一般可以分为三个生产阶段: 毛坯制造阶段、加工制造阶段和装配调试阶段。

3. 辅助生产过程

为企业生产产品需要而提供的各种动力(如电力、蒸汽、煤气、压缩空气等)、工具(夹具、量具、模具、刀具等)、设备维修用的备件制造等生产过程属于辅助生产过程。

4. 生产服务过程

生产服务过程是指为基本生产过程和辅助生产过程服务的相关工作, 主要包括原材料和半成品的供应、运输、检验, 仓库管理等。

总的来说, 机械产品生产过程的主要环节包括以下内容: 产品设计、工艺设计、零件加工、零部件检验、装配调试、油漆包装、入库等。

1.3.1 产品设计

产品设计是企业产品开发的核心理念, 产品设计必须保证技术上的先进性和经济上的合理性。产品设计一般有如下三种形式: 创新设计、改进设计和变形设计。创新设计又称开发性设计, 是按照用户的使用要求进行的全新设计; 改进设计又称适应性设计, 是根据用户的使用要求对企业原有产品进行改进或改型设计; 变形设计又称参数设计, 是仅改进产品的部分结构尺寸, 以形成系列产品的设计。产品设计的基本内容包括以下几方面:

1. 编制设计任务书

设计任务书是产品设计的指导性文件, 主要内容有: 确定新产品的功用、使用范围、适用条件、使用要求及设计和试制该产品的依据, 确定该产品的基本性能、结构及主要参数, 概括出总体布局、机械传动系统图、电气系统图、产品型号、尺寸系列、技术经济指标分析等。

2. 方案设计

方案设计是产品设计的造型阶段, 一般包括产品的功能和使用范围, 产品的总体方案设计和外观造型设计, 产品的原理结构图, 产品的型号、尺寸、性能参数、执行标准等, 并要求对设计方案进行技术经济指标分析与经济效果的计算。

3. 技术设计

技术设计是产品设计的定型阶段, 机械产品的技术设计一般包括: 试验、计算和分析确定重要零部件的结构、尺寸与配合, 绘出总图、重要零部件图、液压(气动)系统图、冷却系统图和电气系统图, 编写设计说明书等。

4. 图样设计

图样设计是产品设计的具体体现阶段, 通过绘制出全部工作图样和编写必要的技术文件, 为产品制造和装配提供依据。它的主要内容有: 设计并绘制全部零件的工作图, 详细注明尺寸、公差配合、材料和技术要求, 绘制产品总图、部件图、安装图, 编写零件明细表, 设计制订产品使用说明书和维护保养规程等。

1.3.2 工艺设计

工艺设计的基本任务是保证生产的产品能符合设计的要求,制订优质、高效、低耗的产品制造工艺规程及产品试制和批量生产所需的全部工艺文件。工艺设计的内容主要包括以下几个方面:

1. 产品图样的工艺分析和审查

它的主要内容有:分析和审查产品的结构是否与产品类型相适应,零部件标准化和通用化程度、图样设计是否充分利用现有的工艺标准,零件的形状尺寸、配合与精度是否合理,选用材料是否合适等。

2. 拟定工艺方案

它的主要内容有:确定试制新产品、改造老产品过程中关键零部件的加工方法,确定工艺路线、工艺装备及装配要求。

3. 编制工艺规程卡

工艺规程是规定零件加工工艺过程和操作方法的指导性文件,主要包括:零件加工的工艺路线、各工序的具体内容及所用的设备和工艺装备、零件的检验项目及检验方法、切削用量、工时定额等。工艺规程的形式和内容与生产类型有关。

4. 工艺装备的设计和制造

工艺装备一般是指工具、夹具、量具、检具、相关模具和工位器具等。它通常分为通用和专用两类,通用工装可用来加工不同的产品,专用工装只能用于特定产品的加工。专用工装设备经制造完成并检验合格后在投入产品零件生产前必须在现场进行试验,其目的是通过实际操作来检验工艺规程和工艺装备的实用性、正确性,同时帮助操作人员正确掌握生产技术要求,从而达到规定的加工质量和生产率。

1.3.3 零件加工

零件的加工是指坯料的生产并对坯料进行各种机械加工、特种加工、无屑加工和热处理等,使其成为合格零件的过程。毛坯的制造方法一般有铸造、锻造、焊接和其他如粉末冶金等;机械加工方法有车削、铣削、钻削、刨削、镗削、磨削、拉削等;热处理方法有淬火、正火、退火、回火、时效、调质等;特种加工方法有电火花成形加工、电火花线切割加工、电解加工、激光加工等。零件加工方法的选用通常要根据零件的结构、材料、形状、尺寸、使用性能和加工精度等许多因素来确定,这样才能保证产品的质量。

1.3.4 零部件检验

检验是采用检测工具对毛坯、零件、成品、原材料等进行尺寸精度、形状精度、位置精度的检测,以及通过目测、无损探伤、力学性能试验及金相检验等方法对产品质量进行的鉴定。

1.3.5 装配调试

机器的质量、工作性能、使用效果、可靠性和使用寿命一方面与产品的设计和材料选择有关,另一方面与零件的制造质量和机器的装配质量有较大关系。通过装配,可以找出设计

上的不足和零件加工工艺中存在的问题。装配方法的合理与否，直接决定机械产品质量的好坏。常见的装配工作内容主要包括：清洗、连接、校正和配作、平衡和验收试验。

1.3.6 入库

入库是指企业为防止生产的成品、半成品及各种物料遗失或损坏，放入仓库进行保管。其主要工作包括：成品、半成品等入库检验，并填好检验记录及相关原始资料；对量具、仪器及各种工具做好保养、保管工作；对零部件的图纸、技术标准及档案等资料要妥善管理；库房室内外保持整洁，注意防火防潮，做好安全工作。

1.4 机械制造过程中的安全常识

机械制造中的安全主要是人身安全和设备安全，防止生产中发生意外安全事故，消除各类事故隐患。安全意识是每一个进入工作现场的劳动者所必须具备的。劳动者必须加强法制观念，认真贯彻有关安全生产、劳动保护政策、法令和规定，严格遵守安全技术操作规程和各项安全生产制度。

为防止事故的发生，应制定出各种安全规章制度。对新参加工作的生产者进行厂级、车间级、班组级三级安全教育，考核合格后方能上岗。坚持安全教育制度，定期对劳动者进行安全教育。

1. 工人安全职责

- 1) 参加安全活动，学习安全技术知识，严格遵守各项安全生产规章制度。
- 2) 认真执行交接班制度，接班前必须认真检查本岗位的设备和安全设施是否齐全完好。
- 3) 细心操作，严格执行工艺规程，遵守纪律，工作记录清晰、真实、整洁。
- 4) 按时巡回检查，准确分析、判断和处理生产过程中的异常情况。
- 5) 认真维护保养设备，发现缺陷及时消除，并做好记录，保证作业场所清洁。
- 6) 正确使用、妥善管理各种劳动保护用品、器具和防护器材、消耗器材。
- 7) 不违章作业，劝阻或制止他人违章作业，对违章指挥有权拒绝执行的同时，及时向上级领导报告。

2. 车间管理安全规则

- 1) 车间应保持整齐清洁。
- 2) 车间内的通道、安全门进出应保持畅通。
- 3) 工具、材料、废料应区分存放在规定安置区。
- 4) 车间内保持通风良好，光线充足。
- 5) 进入车间的人员应佩戴安全帽、工作服等安全防护用品。
- 6) 车间内的安全警戒线要醒目，标识要到位，各类防护设备、器具放置要在可靠、方便使用的区域。

3. 设备操作安全规则

- 1) 严禁私自拆卸设备的安全装置。
- 2) 设备使用前必须熟读其说明书，并按照操作规则正确使用。
- 3) 设备运作时，不得擅自接触机器运转的部位，未经许可，不得擅自操作使用。

- 4) 发现设备有故障应停止操作, 请专人维修, 严禁设备带故障运作。
- 5) 如发生事故应立即停机, 切断电源, 及时报告, 注意保护现场。
- 6) 严格执行安全操作规程, 定时维护、保养设备。

1.5 材料成形技术在机械工业中的地位和作用

材料成形技术是人们把原材料或半成品加工制造成所需形状和尺寸毛坯的过程。任何机械设备都是用不同的材料通过各种加工成形技术制造而成的。工程材料是机械产品制造的物质基础, 材料成形技术是机械产品制造的技术手段。

几千年来, 随着原材料的不断变化, 材料成形技术也在不断演变和进步。从远古石器时代的天然石块, 到后来学会利用石块相互撞击制造简单工具, 再到后来的磨制石器制成的石刀、石斧、石矛等; 到了陶瓷时代有各种形状复杂的陶瓷; 进入青铜时代有冶铸工艺, 铸出的青铜制品尺寸大, 形状复杂; 公元前 1200 年左右的铁器时代, 铸造、锻造、锡银焊等成形技术开始出现和广泛使用; 到现在有快速成形技术、定向凝固技术、高速锤锻、精密模锻、激光焊、气体保护焊等各种新的成形技术, 以及加工中心、数控系统、柔性制造系统等, 这些已经不再是新生事物了。机械工业的未来正向着快速、精密、自动化方向飞速发展。

先进材料与先进材料工艺对一个国家的经济实力、国家的安全、人民的生活有着关键的作用。作为一名应用型技术人才, 了解工程材料及成形技术, 掌握制造技术的基本知识, 提高自身的技术文化素质, 构建工程技术平台, 对后续课程的学习和未来的发展都相当重要。

思考题与习题

1. 机械产品的生产过程分为哪几个阶段? 包括哪些主要组成部分?
2. 产品设计的基本内容包括哪几个方面?
3. 工艺设计的主要内容有哪些?
4. 什么是工艺规程?
5. 机械制造过程中应遵守哪些规章制度?
6. 简述成形技术的概念及特点。

第2章 工程材料

本章重点：

1. 了解金属材料的主要性能、金属及合金的结构与结晶。
2. 掌握硬度试验和冲击韧性试验的方法、原理。
3. 学会分析铁碳合金相图，了解铁碳合金基本组织。
4. 熟悉钢的各种热处理方法、原理及应用。
5. 了解碳及其杂质对钢性能的影响、合金元素在钢中的作用，掌握钢的分类和用途。
6. 掌握铸铁常见的牌号、组织成分、特点及常用热处理。
7. 了解铝、铜及其合金的一般特性。

2.1 金属材料的主要性能

金属通常是富有光泽，具有优良导电性、导热性和塑性的物质。由一种金属和另外一种或几种金属或非金属所组成的具有金属性质的物质称为合金。金属和合金统称为金属材料，它是现代机械制造中最主要的材料。工业用金属材料分为钢铁材料和非铁金属两大类。使用最多的是以铁为基础的铁碳合金，称为钢铁材料，如钢和生铁。除此之外的金属材料统称为非铁金属，如铜及铜合金、铝及铝合金等。

为了正确、合理地使用金属材料，必须了解其性能。金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现的性能（包括力学性能、物理性能、化学性能等）。工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现的性能（铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能、机械加工性能等）。一般情况下，选用金属材料时，是以力学性能作为主要依据的。

2.1.1 金属及合金的力学性能

力学性能是指金属在力学作用下所显示的、与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能，主要有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。用于表征和判定金属力学性能所用的指标和依据，称为金属力学性能判据。判据的高低表征了金属抵抗各种损伤作用能力的大小，也是金属制件设计时选材和进行强度计算的主要依据。

1. 强度

强度是指金属抵抗永久变形（塑性变形）和断裂的能力。工程上常用屈服点、抗拉强度作为强度判据。测定金属强度判据的常用方法是拉伸试验。

试验前，将被测金属材料制成标准拉伸试样。比较常用的试样截面为圆形，称为圆形拉伸试样，如图 2-1 所示。图中 d_0 为试样的原始直径（mm）， l_0 为试样的原始长度（mm）。

试验时，将拉伸试样夹在拉伸试验机上，缓慢增大拉伸力。随拉伸力不断增加，试样伸

长量也不断增加，直至试样被拉断。在整个拉伸过程中，试验机的自动记录装置可将拉伸力与变形（伸长）量描绘在坐标图上，即得到拉伸力和伸长量的关系曲线，称为力-伸长曲线（或拉伸曲线），如图 2-2 所示。

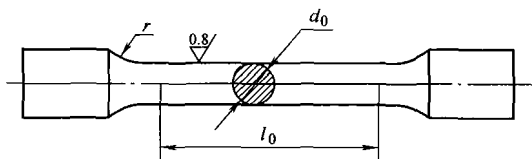


图 2-1 圆形拉伸试样简图

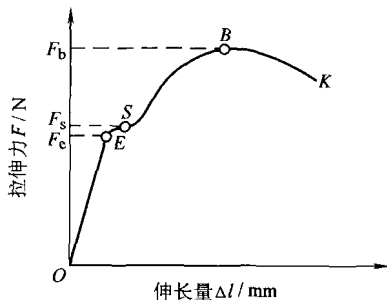


图 2-2 低碳钢的力-伸长曲线

由图 2-2 可见， OE 段为一斜直线，表示伸长量与拉伸力成正比，试样随拉力的增加而均匀伸长，此时若去掉拉伸力，试样可完全恢复到原来的形状和尺寸，即材料处于弹性变形阶段。当拉伸力超过 F_e 后，试样除产生弹性变形外，还开始产生塑性变形，此时若去掉拉伸力，试样不能恢复到原来形状，将保留一部分塑性变形。拉伸力增加到 F_s 时，图上出现水平（或锯齿形）线段，表示拉伸力不增加，变形量却继续增大，这种现象称为屈服现象。拉伸力超过 F_s 后，试样的伸长量又随拉伸力的增加而增大，此时，试样已产生大量的塑性变形，当拉伸力增加到 F_b 时，试样某处横截面发生了局部收缩，即出现了“缩颈”。此后，试样的变形局限在缩颈处，由于截面缩小，所承受的拉伸力迅速减小，当达到 K 点时，试样在缩颈处被拉断。

金属材料拉伸时的强度判据用应力来度量。受外力作用后，导致物体内部之间的相互作用力，称为内力，单位面积上的内力称为应力，用符号 σ 表示。强度的主要判据有弹性极限、屈服点（或屈服强度）和抗拉强度。

(1) 弹性极限 弹性极限是指试样产生完全弹性变形时所能承受的最大拉应力，用符号 σ_e 表示，单位为 MPa。

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0} \quad (2-1)$$

式中 F_e ——试样产生完全弹性变形时的最大拉伸力 (N)；

A_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

(2) 屈服点 屈服点是指试样在试验中力保持恒定仍能继续伸长（变形）时的应力，用符号 σ_s 表示，单位为 MPa。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0} \quad (2-2)$$

式中 F_s ——产生屈服时的拉伸力 (N)；

A_0 ——试样原始横截面积 (mm^2)。

零件工作时，一般不允许产生塑性变形。因此，屈服点是设计和选材时的主要参数。

(3) 抗拉强度 抗拉强度是指试样被拉断前所能承受的最大拉应力，用符号 σ_b 表示，

单位为 MPa。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0} \quad (2-3)$$

式中 F_b ——试样拉断时的最大拉伸力 (N)。

σ_b 表征了材料对最大均匀塑性变形或断裂的抵抗能力。屈强比 (σ_s/σ_b) 越小, 零件可靠性越高, 若超载也不会立即断裂。但屈强比太小, 则材料强度的有效利用率降低。 σ_b 也是设计和选材时的主要参数。

2. 塑性

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力, 其主要判据为断后伸长率和断面收缩率。它们也是通过拉伸试验测得的。

(1) 断后伸长率 断后伸长率是指试样拉断后标距伸长与原始标距的百分比, 用符号 δ 表示

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2-4)$$

式中 l_1 ——试样拉断后的长度 (mm);

l_0 ——试样的原始标距长度 (mm)。

同一材料标距长度不同, 其断后伸长率数值不同, 而且不能直接比较。长试样的伸长率用符号 δ_{10} 表示, 短试样用 δ_5 表示。

(2) 断面收缩率 断面收缩率是指试样拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 ψ 表示

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \quad (2-5)$$

式中 A_1 ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积 (mm^2);

A_0 ——试样最初最小横截面积 (mm^2)。

断面收缩率不受试样尺寸影响, 因此能比较确切地反映材料的塑性。

一般情况下 δ 或 ψ 的值越大, 表明材料塑性越好。塑性好的材料可用轧制、锻造、冲压等方法加工成形。塑性好的零件若超载, 也可因其塑性变形而避免突然断裂, 提高了工作的安全性。

3. 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量材料软硬程度的判据。

材料的硬度可用硬度试验测定。硬度试验设备简单, 操作简便、迅速, 可直接在半成品或成品件上进行试验而不损坏被测件, 并且还可根据硬度值估计出材料的近似程度和耐磨性。因此, 硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能, 应用很广。常将硬度作为技术要求标注在零件图样和工艺文件中。

硬度试验的方法较多, 最常用的是布氏硬度试验法、洛氏硬度试验法和维氏硬度试验法。这里主要介绍布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法的有关知识。

(1) 布氏硬度 布氏硬度试验原理如图 2-3 所示, 用直径为 D 的硬质合金球作压头, 以相应试验力 F 压入试件表面, 经规定的保持时间后, 卸除试验力, 得到一直径为 d 的压痕。