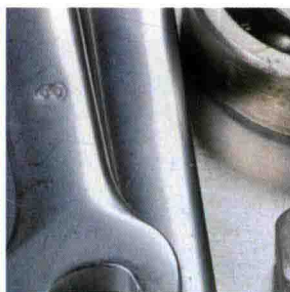




普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等院校工程实践系列规划教材

工程实训教程

主 编 刘念聪 董晏伟 周俊波



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等院校工程实践系列规划教材

工程实训教程

主 编	刘念聪	董晏伟	周俊波
副主编	郝兴安	王 翔	张海薇
	周远果	冯 博	都春元
	董建明	王艳华	刘 继

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书主要包括工程实训概论、铸造、焊接、钳工、金属切削加工基本知识、铣削和刨削加工、车削加工、数控加工技术基础、数控车床、数控铣床及加工中心、电火花线切割、机器人、激光加工等。本书根据各工种的不同特点提出了相应的理论说明和安全操作规程,对大部分工种都配有典型零部件加工实例,并附有实习报告以便教学,内容力求精简、实用。

本书可作为高等工科院校机械类和非机械类本科生的工程实训教材,还可供现代机械加工企业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程实训教程 / 刘念聪, 董晏伟, 周俊波主编. —北京: 科学出版社, 2018.8

普通高等教育“十三五”规划教材 普通高等院校工程实践系列规划教材

ISBN 978-7-03-058231-7

I. ①工… II. ①刘… ②董… ③周… III. ①工程技术—高等学校—教材 IV. ①TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 153596 号

责任编辑: 邓 静 张丽花 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 8 月第一次印刷 印张: 14 3/4

字数: 370 000

定价: 49.80 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

本书按照教育部金工课程教学指导委员会关于普通高等学校机械制造实习教学基本要求的有关内容,并结合培养应用型高级工程技术人才的需要与实践教学的特点编写而成。本书力求帮助学生掌握机械制造的基础知识,了解机械制造的一般生产过程,指导实际操作,为后续课程的学习和今后可能从事机械设计以及加工制造方面的工作打下必要的实践基础。全书13章,主要包括工程实训概论、铸造、焊接、钳工、金属切削加工基本知识、铣削和刨削加工、车削加工、数控加工技术基础、数控车床、数控铣床及加工中心、电火花线切割、机器人、激光加工。

本书突出实用,注重对工程素质和创新能力的培养。本书在编写过程中力求做到以下几点。

(1) 目标明确。本书主要适用于高等工科院校本科机械类及非机械类工科专业学生。

(2) 图文并茂。使用本书的读者大多是大学一、二年级的学生,因此尽量采用他们能够读懂的文字形式和能够看明白的图片方式,使他们在实训中真正理解机械制造的原理和要点。

(3) 学生为本。本书既按照教育部金工课程教学指导委员会要求,覆盖了本课程全部内容,又结合专业特点和各专业实训时间的差别,尽量给学生一个较为系统和完整的实训技术介绍。本书既可作为实训使用,也可作为日后专业基础知识的充实参考。

本书由刘念聪、董晏伟、周俊波主编,参加编写工作的教师有郝兴安、王翔、张海薇、周远果、冯博、都春元、董建明、王艳华、刘继等。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏与不妥之处,敬请有关专家与广大读者批评指正。

编 者

2018年3月

目 录

第 1 章 工程实训概论.....1	第 5 章 金属切削加工基本知识..... 46
1.1 工程实训概述.....1	5.1 切削加工的基本概念..... 46
1.2 工程材料与钢的热处理.....3	5.1.1 切削运动与切削用量..... 46
1.2.1 常用的金属材料.....3	5.1.2 金属切削刀具..... 48
1.2.2 钢的热处理.....5	5.1.3 金属的切削过程..... 52
1.3 工程实训的相关制度.....6	5.2 金属切削机床基本知识..... 54
第 2 章 铸造.....8	5.2.1 机床的类型和型号..... 54
2.1 铸造工艺的基础知识.....8	5.2.2 机床的运动..... 56
2.2 砂型铸造工艺基本操作训练.....9	5.2.3 机床的传动..... 57
2.2.1 型(芯)砂.....9	5.3 零件的加工质量..... 60
2.2.2 造型..... 11	5.3.1 加工精度..... 60
2.2.3 浇注..... 17	5.3.2 表面粗糙度..... 63
2.2.4 铸件处理..... 18	5.4 工艺和夹具基本知识..... 64
2.3 特种铸造与铸造新技术..... 18	5.4.1 机械加工工艺基本知识..... 64
2.4 铸造安全实习..... 20	5.4.2 机床夹具基本知识..... 70
第 3 章 焊接..... 21	第 6 章 铣削和刨削加工..... 73
3.1 焊接技术基础和工艺..... 21	6.1 铣削加工..... 73
3.1.1 手工电弧焊原理..... 21	6.1.1 铣削概述..... 73
3.1.2 手弧焊主要设备及工具..... 22	6.1.2 铣床分类..... 74
3.1.3 手弧焊焊条..... 23	6.1.3 铣削刀具..... 75
3.1.4 手弧焊焊接工艺..... 23	6.1.4 铣床附件..... 76
3.1.5 焊接缺陷及预防措施..... 25	6.1.5 铣床安全操作规程..... 77
3.2 手工电弧焊基本操作训练..... 28	6.2 刨削加工..... 77
3.2.1 手工电弧焊训练内容..... 28	6.2.1 刨削概述..... 77
3.2.2 操作要领和步骤..... 30	6.2.2 刨床分类..... 78
3.2.3 电焊工安全技术操作规程..... 32	6.2.3 刨床安全操作规程..... 79
第 4 章 钳工..... 34	第 7 章 车削加工..... 80
4.1 钳工基础知识..... 34	7.1 车削加工概述..... 80
4.2 钳工基本操作..... 35	7.2 普通卧式车床..... 81
4.3 钳工安全技术要求..... 45	7.3 车刀技术..... 82
	7.3.1 车刀的种类及组成..... 83
	7.3.2 车刀的安装..... 84

7.4 车床操作要点	85	10.4 数控铣削加工程序编制	125
7.5 车床操作	85	10.5 数控铣床和加工中心基本 操作	128
7.6 车工安全技术	88	10.5.1 数控铣床操作	128
第 8 章 数控加工技术基础	89	10.5.2 加工中心操作	135
8.1 数控加工基本知识	89	10.5.3 数控铣床/加工中心安全操作 规程	136
8.2 数控加工编程基础	91	第 11 章 电火花线切割	137
8.2.1 数控加工工艺	92	11.1 电火花加工概述	137
8.2.2 数控加工中坐标系的确定	93	11.2 电火花线切割的工作原理	139
8.2.3 数控加工程序	95	11.3 电火花线切割的加工工艺	139
8.3 常用计算机辅助制造软件 介绍	96	11.4 数控线切割编程	142
8.4 CAXA 软件基本操作训练	96	11.5 电火花线切割机床的操作	143
8.4.1 CAXA 制造工程师	96	第 12 章 机器人	145
8.4.2 CAXA 数控车	103	12.1 机器人基本知识	145
8.4.3 CAXA 线切割	104	12.1.1 智能机器人概述	145
第 9 章 数控车床	105	12.1.2 能力风暴智能机器人	145
9.1 数控车床基础知识	105	12.1.3 JC 软件	147
9.1.1 数控车床简介	105	12.2 机器人基本操作训练	150
9.1.2 KND K1T III 型数控车床操作 面板	106	12.2.1 能力风暴智能机器人自检 程序	150
9.2 数控车床手工编程	108	12.2.2 能力风暴智能机器人编程 教程	150
9.2.1 手工编程相关知识	108	第 13 章 激光加工	155
9.2.2 手工编程实例	110	13.1 激光加工的基本理论	155
9.3 数控车削加工操作训练	112	13.2 D90M 激光雕刻机的操作	156
9.3.1 操作规程	112	13.2.1 D90M 激光雕刻机	156
9.3.2 KND 操作流程	113	13.2.2 D90M 激光雕刻机软件使用 说明	157
第 10 章 数控铣床及加工中心	118	13.2.3 机床的操作流程	160
10.1 数控铣床和加工中心基本 知识	118	13.3 实训安全及注意事项	161
10.1.1 数控铣床基本知识	118	附录 实习报告	163
10.1.2 加工中心基本知识	119	参考文献	229
10.2 数控铣削加工基本工艺	122		
10.3 数控铣床和加工中心铣削加工的 刀具	124		

第1章 工程实训概论

1.1 工程实训概述

1. 工程实训的意义

工程实训是一门实践性的技术基础课,是机械类各专业学生学习工程材料及机械制造基础等课程必不可少的先修课,是非机械类有关专业教学计划中重要的实践教学环节。为后继课程(如工程材料、材料成形工艺基础、机械制造工艺基础、公差及技术测量等)的学习奠定必备的知识与实践基础。

工程实训是大学生进校后首次较长时间接触的生产实践活动,其主要目的如下。

(1)使学生了解机械制造的一般过程。熟悉机械零件的常用加工方法、所用主要设备的工作原理和典型机构、工夹量具以及安全操作技能。了解机械制造的基本工艺知识和一些新工艺、新技术在机械制造中的应用。

(2)完成工程基本训练,为学习后续课程及从事机械设计工作奠定一定的实践基础。同时使学生初步具有对零件进行工艺分析和选择加工方法的能力。在主要工种上应具备独立完成简单零件加工制造的实践能力。

(3)培养学生的劳动观点、创新精神和理论联系实际的科学作风。初步建立市场、信息、质量、成本、效益、安全、环保等工程意识。

2. 机械工程训练中心简介

机械工程训练中心主要有办公室、传统加工实验室、数控加工实验室、焊接实验室、铸造实验室和机器人实验室等区域。

办公室负责学生选课、成绩录入、成绩查询、课程补选及学生问题咨询;传统加工实验室负责车工实习、铣刨实习、钳工实习;数控加工实验室负责数控车床、数控加工中心、数控铣削和数控线切割实习;焊接实验室负责焊接实习;铸造实验室负责铸造实习;机器人实验室负责工程实训基础、数控理论和机器人实习。

3. 工程实训内容

机器的生产过程是指将原材料转变为成品的全部过程,主要包括如下几项。

(1)各种生产服务过程:指原材料和半成品的供应、运输保管,产品的包装和发运。

(2)生产技术准备过程:指投产前的各项生产和技术准备工作,如实验研究和设计、工艺工装设计与制造、生产资料的准备及组织工作。

(3)毛坯制造过程:如锻造、铸造、焊接、冲压等。

(4)零件的加工过程:如机械加工、焊接、热处理等。

(5)产品装配过程:包括部件装配和总装配,调试、检验和油漆。

工程实训的主要内容涉及生产过程中最重要的两个环节:毛坯的制造过程和零件的加工过程。结合实际情况,不同学院不同专业的工程实训的教学内容和教学课时不同。目前,成都理工大学的工程实训分一周实训、两周实训、两周半实训和三周实训,各类实训的实训内容见表1-1。

表 1-1 工程实训内容

序号	实训内容	一周实训课时	两周实训课时	两周半实训课时	三周实训课时
1	工程实训理论	4	4	4	4
2	车削加工	12	16	16	20
3	钳工加工	12	16	16	20
4	铣削和刨削加工	4	4	4	4
5	数控车削加工	4	8	12	12
6	先进制造技术	4	4	4	8
7	加工中心		8	12	12
8	线切割		4	8	8
9	焊接成形		4	4	4
10	机器人		12	12	12
11	数控铣削			4	8
12	铸造成形				4
13	激光加工			4	4
合计		40	80	100	120

4. 上课时间和地点

工程实训的上课时间是 8:10、14:30、19:30，上课应提前 5 分钟到，不得迟到。学生应按教务处要求在一年内完成工程实训的选课实训。上课地点应按照不同的工种找相应的实训地点。

5. 选课的秩序

一周实训、两周实训、两周半实训和三周实训的学生第一次选课必须选工程实训理论，培养相关的安全意识，方可进行后续的选课，两周实训、三周实训的学生第二次选课可选数控理论，如果一门课要上几次课，必须依次进行选课，如车削加工(简称车工)，必须依次进行车工 1、车工 2、车工 3、车工 4 选课。

6. 工程实训总成绩评定办法

(1)工程实训成绩由各工种考核成绩组成，最终按百分制评定总成绩。实训表现成绩和操作水平成绩，由各工种实训指导教师给出的成绩按一定的比例计算而得。

(2)各工种满分 100 分。各工种考核成绩包括基本操作技能、实训报告、安全文明生产及实训纪律、态度等。

(3)有病假和事假者，原则上根据所缺时间按比例扣分。病假超过总实训时间的 1/3，或事假超过总实训时间的 1/4 者，在补齐实训前，不予评定工程实训总成绩。已有的工种实训成绩保留，待补齐所缺工种实训后，再评定总成绩。

(4)实训报告未完成或完成质量很差者，实训总成绩以不及格论处。

(5)凡因旷课考核成绩不及格者则重修；凡因请假实训成绩不及格者则补做，原则上缺什么工种就补什么工种。

(6)学生有特殊情况(如伤残等)不能实训而又无法补做者，由本人提出申请，经教务处批准后方可免修。

(7)实训总成绩计算公式如下：

$$A=(A_1+\cdots+A_i+\cdots+A_n)/n$$

(1-1)

式中，A 为实训总成绩； A_i 为各工种成绩；n 为工种数。

1.2 工程材料与钢的热处理

金属材料的力学性能指标是选择、使用金属材料的重要依据。力学性能是材料在一定环境(温度、介质)下,承受各种外加载荷(拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击、交变应力等)所表现出的行为。金属材料的力学性能主要有强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

1.2.1 常用的金属材料

金属材料来源丰富,并具有优良的使用性能和加工性能,是机械工程中应用最普遍的材料,常用以制造机械设备、工具、模具,并广泛应用于工程结构中。在工业上金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常指钢和铸铁;有色金属是指除黑色以外的金属及其合金,如铜合金、铝及铝合金等。

1. 碳钢

碳钢是指含碳量小于 2.11%并含有少量硅、锰、硫、磷杂质的铁碳合金。工业用碳钢的含碳量一般为 0.05%~1.35%。

碳钢牌号主要有以下三种表示方法。

1) 碳素结构钢

碳素结构钢的牌号由屈服点“屈”字汉语拼音第一个字母 Q、屈服点数值、质量等级符号(A、B、C、D)及脱氧方法符号(F、b、Z)四部分按顺序组成。其中质量等级按 A、B、C、D 顺序依次增高, F 代表沸腾钢, b 代表半镇静钢, Z 代表镇静钢等。例如, Q235-A·F 表示屈服强度为 235MPa 的 A 级沸腾碳素结构钢。

2) 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示。两位数字代表钢中的平均含碳量的万分之几。例如, 45 钢表示平均含碳量为 0.45%的优质碳素结构钢。

3) 碳素工具钢

碳素工具钢的牌号是用“碳”字汉语拼音字头 T 和数字表示。其数字表示钢的平均含碳量的千分之几。若为高级优质,则在数字后面加“A”。例如, T12 钢,表示平均含碳量为 1.2%的碳素工具钢;而 T12A,表示平均含碳量为 1.2%的高级优质碳素工具钢。

碳钢常用于机械零部件中,例如, Q195、Q215 用于铆钉、开口销及冲压零件和焊接构件; Q235、Q255 用于螺栓、螺母、拉杆、连杆及建筑、桥梁结构件; 35、40、45、50 钢属中碳钢,经热处理后可获得良好的综合力学性能,主要用于制造齿轮、套筒、轴类零件等。

2. 合金钢

为了提高钢的力学性能、工艺性能或某些特殊性能(如耐腐蚀性、耐热性、耐磨性等),冶炼中有目的地加入一些合金元素(如 Mn、Si、Cr、Ni、Mo、W、V、Ti 等),这种钢称为合金钢。

1) 合金钢的分类

合金钢的分类方法有多种,常见的有以下两种。

(1) 按用途分类,分为三类:

- ① 合金结构钢,用于制造各种性能要求更高的机械零件和工程构件;
- ② 合金工具钢,用于制造各种性能要求更高的刀具、量具和模具;

③ 特殊性能钢, 具有特殊物理和化学性能的钢, 如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

(2) 按合金元素总含量分类, 分为三类:

① 低合金钢, 合金元素总含量小于 5%;

② 中合金钢, 合金元素总含量为 5%~10%;

③ 高合金钢, 合金元素总含量大于 10%。

2) 合金钢的编号

合金钢是按钢材的含碳量以及所含合金元素的种类和数量编号的。

① 钢号首部表示含碳量, 以万分之一的碳作为单位, 如首部数字为 45, 则表示平均含碳量为 0.45%。

② 在表示含碳量的数字后面, 用元素的化学符号表示出所含的合金元素。合金元素的含量以百分之几表示, 当平均含量小于 1.5% 时, 只标明元素符号, 不标含量。例如, 25Mn2V 表示平均含碳量为 0.25%, 含锰量约为 2%。

③ 对于含碳量超过 1.0% 的合金工具钢, 则在牌号中不表示含碳量。例如, CrWMn 钢表示含碳量大于 1.0% 并含有铬、钨、锰三种合金元素的合金工具钢。

3. 铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金, 它含有比碳钢更多的硅、锰、硫、磷等杂质。工业上常用的铸铁含碳量为 2.5%~4.0%。

根据铸铁中碳的存在形式不同, 铸铁可分为白口铸铁和灰口铸铁两大类。白口铸铁中的铁几乎全部以 Fe^{3+} 形式存在, 断口呈银白色, 性能硬而脆, 很难进行切削加工, 工业上极少用来制造机械零件, 主要用作炼钢原料或用于可锻铸铁的毛坯。而灰口铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的石墨形式存在, 断口呈暗灰色。根据灰口铸铁中石墨存在形式不同, 它又可分为普通灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁等。

4. 铸钢

铸钢也是一种重要的铸造合金, 其应用仅次于铸铁。铸钢件的力学性能优于各类铸件, 并具有优良的焊接性能, 适于采用铸焊联合工艺制造重型铸件。生产上铸钢主要用于制造形状复杂、难于锻造而又需承受冲击载荷的零部件, 如机车车架、火车车轮、水压机的缸和立柱、大型齿轮、轧钢机机架等。

5. 有色合金

有色合金因具有某些特殊的使用性能, 成为现代工业技术中不可缺少的材料。在工业上最常用的有色合金是铜合金、铝合金。

铜合金是在纯铜中加入某些合金元素(如锌、锡、铝、铍、锰、硅、镍、磷等)形成的。铜合金具有较好的导电性、导热性和耐腐蚀性, 同时具有较高强度和耐磨性。在造船、化工、机械、仪表等工业中广泛应用, 主要用以制作精密仪器的弹簧、钟表齿轮、高速高压下工作的轴承、衬套, 以及电焊机电极、防爆工具、航海罗盘等重要机件。

而铝合金是在铝中加入合金元素形成的。铝合金具有较高的强度和良好的加工性能。根据成分及加工特点, 铝合金分为形变铝合金和铸造铝合金。形变铝合金因塑性好, 故常利用压力加工方法制造冲压件、锻件等, 如铆钉、焊接油箱、发动机叶片、飞机大梁及起落架、内燃机活塞等。铸造铝合金常用于制造汽车、拖拉机发动机零件及形状复杂的仪器元件, 也可用于制造日用品。

1.2.2 钢的热处理

金属的热处理是将固态金属或合金(固态钢件)通过加热、保温和冷却的工艺方法,使合金(钢件)的内部组织结构发生变化,以获得所需性能的加工工艺。热处理的主要目的是改变零件或毛坯的内部组织和力学性能,而不改变其形状和尺寸。热处理可以提高钢的力学性能和改善钢的工艺性能。

钢的热处理主要包括以下几种基本工艺。

1. 钢的退火

将钢件加热到临界温度以上 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$,在此温度下停留一段时间(保温),然后缓慢冷却,这种热处理方法称为退火。碳钢的临界温度随含碳量而变化,一般是 $750\sim 800^{\circ}\text{C}$,有些合金钢是在 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

退火的目的是消除组织缺陷,改善组织使成分均匀化以及细化晶粒,提高钢的力学性能,减少残余应力;同时可降低硬度,提高塑性和韧性,改善切削加工性能。

2. 钢的正火

正火是将钢件加热到临界温度以上 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$,保温一定时间,然后在空气中冷却的热处理方法。正火的加热、保温温度都与退火相同,不同的只是冷却速度。正火是在空气中冷却,冷却速度快,时间短,操作方便,效率高。

正火的目的是细化晶粒,均匀组织,提高钢件的力学性能,消除内应力,改善钢件的切削性能。对要求不高的零件用正火代替退火工艺是比较经济的。

3. 钢的淬火

淬火是将钢件加热到临界温度以上 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$,保温一定时间,急剧冷却的热处理方法。常用急剧冷却的介质有油、水和盐水溶液。淬火的目的是使钢件获得高的硬度和耐磨性,淬火钢件的硬度一般可达 $60\sim 65\text{ HRC}$,但淬火后钢件内部产生了内应力,使钢件变脆,因此,要经过回火处理加以消除。

4. 钢的回火

回火是将淬火后的钢件加热到临界温度以下某一温度,保温一段时间,然后在空气中或油中冷却的过程。回火分高温回火、中温回火和低温回火三类。

回火的目的是消除淬火产生的内应力,降低淬火中的脆性,增加塑性和韧性,以取得预期的力学性能。回火是继淬火后进行的热处理工序,也是热处理的最终工序,它对产品最终所需要得到的性能和组织有决定性的影响。

5. 调质

调质是将钢件淬火后,再进行高温回火的热处理方法。调质和高温回火处理方法是相同的,目的都是细化晶粒、均匀组织、消除应力,使钢件得到良好的力学性能;不同之处在于高温回火是热处理的最终工序,而调质处理则是精加工前的预备工序,是对半成品而进行的热处理操作。

6. 时效

时效是长时间消除零件在制造过程中所产生内应力的工艺方法。时效处理有人工时效和自然时效。人工时效是将钢件(或铸铁件)加热到 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 或更低的温度,长时间($5\sim 10\text{h}$)保温,然后在空气中冷却的方法。时效处理也是一种低温补充回火,其目的是消除淬火后钢

件内部组织的微观应力和机械加工后的残余应力,以使高精度零件的变形小,达到尺寸的稳定性。自然时效是将粗加工后的零件,长期露天放置,受自然温度的调节,逐渐消除内应力的处理方法,如铸件露天放置、丝杠放在海水中、长轴悬吊挂起等。

7. 化学热处理

将钢件放到含有某些活性原子,如碳、氮、铬、铝等的化学介质中,借助高温时原子扩散的能力,使介质中的某些原子渗入钢件表面层里,以改变钢的表面层的化学成分,使钢件的表面层具有特殊的性能,这种方法称为钢的化学热处理。化学热处理使零件表面层和内部都得到不同的组织与性能,主要目的在于提高钢件表面的硬度、耐磨性、耐蚀性、耐热性和抗疲劳等性能,从而极大地提高零件的质量和寿命。常用的方法有渗碳、渗氮、氰化等。

1.3 工程实训的相关制度

1. 工程实训过程中潜在的安全隐患

不同于其他课程,工程实训的大部分时间是在操作机器设备,很多都是高速运转的设备,稍有不慎就可能发生事故。以车工实习为例,主要存在以下安全隐患。

(1) 车工实习时不按要求着装,衣服袖口不系好扣子。车床高速旋转时,工件毛刺将上衣整个袖子撕扯下来,会将人卷进设备而酿成重大事故。

(2) 学生夏季穿凉鞋,车间内的铁屑会把脚跟割破。

(3) 机床未停稳,用手触摸工件或测量工件,工件毛刺会割破手指等。

因此,明确规定,车床操作六不准:

(1) 不准将小拖板边轨露出表面进行操作。

(2) 不准用手触摸旋转物体。

(3) 不准对着旋转物体传递物品。

(4) 不准私自改变车头箱、进给箱外部的手柄位置。

(5) 不准嬉戏打闹,开玩笑。

(6) 不准在车床运转时离开机床。

2. 工程实训的实习制度

(1) 每次实习前,必须根据大纲和实习进度表,预习指定的内容,明确每次实习的目的、要求、方法与步骤,做好准备工作。

(2) 实习期间不迟到、不早退。有特殊情况需要请假,经批准同意。无故不参加实习者按旷课处理。

(3) 进入实习场地,必须严格遵守安全规则,以防发生人身事故和设备事故,不遵从安全规则者,指导教师应立即停止其实习资格。

(4) 学生进入工位前,不要戴围巾,要扎紧袖口,女生必须戴帽子;不准戴手套上机床操作;不准穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋、背心和裙子进入车间。

(5) 实习前,要认真听、看指导教师的讲解、示范,尤其注意安全事宜。实习过程中,学生应虚心向实习指导教师学习。

(6) 操作前应了解所用机床的性能和操作方法。为保证教学质量,必须按图纸的技术要求和指导教师讲解的工艺方法进行加工。

(7)要遵守工程训练中心的劳动纪律,按指定地点实习,不得串岗,不得说笑、打斗,不得戴耳机、打手机,不得做与实习无关的事情。

(8)未到实习时间及教师不在场时,学生不准开动机床进行操作。实习过程中,学生发现机床有异常现象和故障时,必须立即停止,如发生事故,要保护好现场并及时报告指导教师。

(9)必须在指定的机器设备上工作,未经许可不得动用他人设备与工具。不得任意开动车间电门,否则承担由此引起的一切责任。

(10)整个实习过程中,需要爱护国家财产,保管好实习工具,维护保养好实习设备,注意节约,丢失工具要按规定赔偿。

(11)要认真做好以上各条,对违犯者,视情节与本人态度按照相应办法处理:书面检查、校内通报、经济赔偿、行政处分,甚至追究刑事责任。

第2章 铸 造

铸造是人类掌握比较早的一种金属热加工工艺，已有约 6000 年的历史。中国商朝的重 832.84kg 的司母戊方鼎、战国时期的曾侯乙尊盘、西汉的透光镜，都是古代铸造的代表产品。铸造技术在现代工业、农业生产中占有极其重要的地位。例如，在机床、内燃机、中型机器中铸件重量占 70%~90%；在机床、拖拉机、液压泵、阀和通用机械中铸件重量占 65%~80%；在农业机械中占 40%~70%；在汽车中占 20%~30%。

2.1 铸造工艺的基础知识

1. 铸造的特点

铸造是制造铸型，并将熔融的金属浇注、压射或吸入铸型，待其凝固后获得一定形状、尺寸和性能铸件的成形方法。

在制造业诸多材料的成形方法中，铸造生产具有以下独到的优点。

(1) 对铸件形状和尺寸的适应性强。铸造法几乎不受铸件大小、厚薄和形状复杂程度的限制，铸造的壁厚可达 0.3~1000mm，长度从几毫米到十几米，质量从几克到 300t 以上。它可以生产各种形状、各种尺寸的毛坯，特别适宜制造具有复杂内腔的零件，如复杂的箱体、阀体、叶轮、发动机汽缸体、螺旋桨等。

(2) 对材料的适应性强。几乎凡能熔化成液态的合金材料均可用于铸造，如铸钢、铸铁、各种铝合金、铜合金、镁合金、钛合金及锌合金等铸件。对不宜锻压和焊接的材料，如普通铸铁等塑性较差的脆性合金材料，铸造是唯一可行的成形工艺。

(3) 铸件成本低。这主要是由于铸造原材料来源广，价格低廉，如废钢、废件、切屑等；铸件的形状接近于零件，可减少切削加工量，从而降低铸造成本。

因此，铸造是毛坯生产最主要的方法之一，不过铸造生产也存在某些不足，如铸造工艺环节多，有些工艺难以控制，铸件质量不稳定，而且易产生缩孔、疏松、气孔等多种铸造缺陷。由于一般铸件的力学性能不如锻件，因此铸件一般不适宜制作受力复杂和受力大的重要零件，而主要用于制作受力不大或受简单静载荷(特别适合于受压应力)的零件，如箱体、床身、支架、机座等。

2. 铸造的工艺流程

随着科技的进步与铸造业的蓬勃发展，不同的铸造方法有不同的铸型准备内容。以应用最广泛的砂型铸造为例，砂型铸造工艺可分为铸型准备、铸造金属准备和铸件处理三个基本部分，如图 2-1 和图 2-2 所示。铸型准备包括绘制铸造工艺图、制造模样和芯盒、配制型(芯)砂、造型、造芯、合型等；铸造金属准备包括金属熔炼及浇注等；铸件处理包括落砂清理、铸件检验、铸件热处理等。

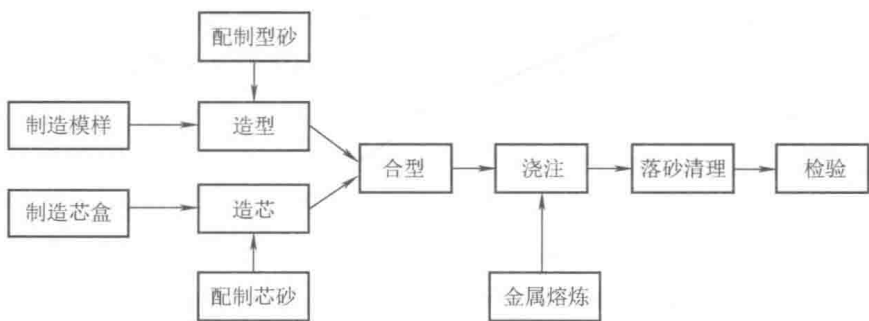


图 2-1 砂型铸造工艺流程(1)

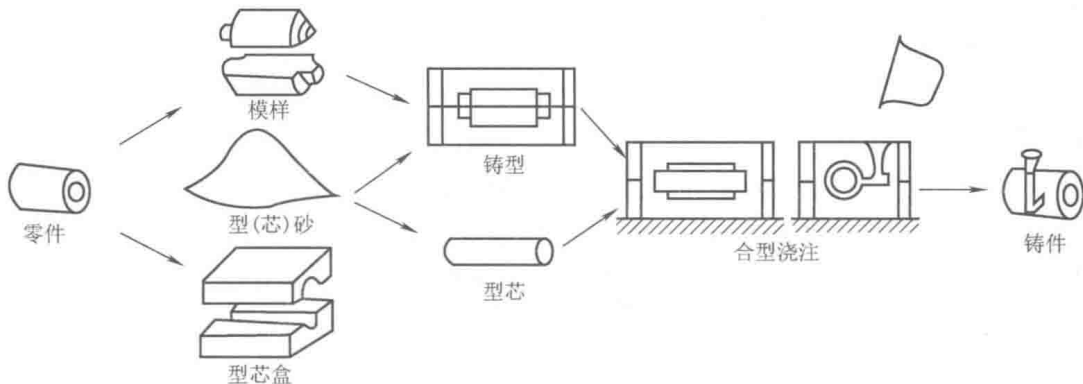


图 2-2 砂型铸造工艺流程(2)

3. 铸造的分类

生产中，铸造的种类非常多，通常按铸件成形方法和工艺特点的不同分成两大类：一种为砂型铸造；另一种为特种铸造。

砂型铸造是利用型砂和芯砂，通过使用模样和型芯来制成铸型的外形与内腔，用金属浇注的方法获得金属零件或毛坯的一种工艺方法。它具有适应性广、生产设备简单、成本低廉等优点，是目前生产中用得最多、最基本的铸造方法。目前占铸件总产量的 80% 以上。

特种铸造是除砂型铸造以外其他铸造方法的总称，常用的特种铸造方法有金属型铸造、压力铸造、熔模铸造、离心铸造、实型铸造等。特种铸造一般具有铸件质量好或生产率高等优点，具有很大的发展潜力。

2.2 砂型铸造工艺基本操作训练

2.2.1 型(芯)砂

砂型铸造的造型材料主要是用于制造砂型的型砂和用于制造砂芯的芯砂。型砂的质量直接影响铸件的质量，型砂质量差会使铸件产生气孔、砂眼、黏砂、夹砂等缺陷。据统计，铸件废品中有 50% 以上与其有关。另外型(芯)砂的用量也很大，生产 1t 铸件，需要 3~4t 型(芯)砂。因此，为了提高铸件质量，降低成本，应对型(芯)砂的性能提出要求。

1. 型(芯)砂的性能要求

(1) 透气性。透气性是指型(芯)砂在正常紧实后能让气体透过的性能。浇注时，型(芯)砂在高温液态金属作用下会产生大量的气体，液态金属冷却时也会析出一些气体。如果型(芯)

砂透气性不好，这些气体不能迅速排除，将会留在铸件内，生成气孔等缺陷。铸型的透气性受砂的粒度、黏土含量、水分含量及砂型紧实度等因素的影响。砂的粒度越细，黏土及水分含量越高，砂型紧实度越高，透气性则越差。

(2)强度。强度是指型(芯)砂抵抗外力破坏的能力。型(芯)砂应具有足够的强度，以便于砂型和型芯的制造、装配和搬运，并能承受浇注时液体金属的冲击力和浮力。型(芯)砂强度不够时，容易发生塌箱、冲砂、胀砂等现象，使铸件产生砂眼、夹砂、黏砂等缺陷；型砂的强度也不宜过高，否则会阻碍气体的排除和铸件的收缩，使铸件产生气孔、过大的内应力，甚至裂纹等缺陷。

(3)耐火性。耐火性是指型(芯)砂抵抗高温热作用的能力。型(芯)砂耐火性不足时，砂粒将被烧融而黏附在铸件表面上形成黏砂等缺陷。

(4)可塑性。可塑性是指型砂在外力作用下变形，去除外力后能完整地保持已有形状的能力。可塑性好，造型操作方便，制成的砂型形状准确、轮廓清晰。

(5)退让性。退让性是指型(芯)砂具有随着铸件的冷却收缩而被压缩体积或溃散的性能。型(芯)砂的退让性不好，将使铸件冷却收缩受阻，产生内应力、变形和裂纹等缺陷。

型(芯)砂除具有上述主要性能外，还应具有良好的可塑性、流动性、发气性、出砂性和回用性等。型(芯)砂的性能可用专门的仪器来测定，不过在单件小批生产的铸造车间里，常用如图 2-3 所示的手捏法来粗略判断型砂的某些性能。用手抓起一把型砂，紧捏时感到柔软容易变形；放开后砂团不松散、不黏手，并且手纹清晰；把它折断时，断面平整均匀并没有碎裂现象，同时感到具有一定强度，就认为型砂具有合适的性能要求。

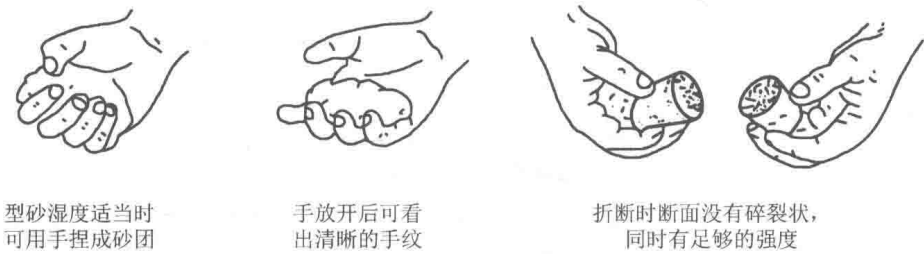


图 2-3 手捏法检验型砂性能

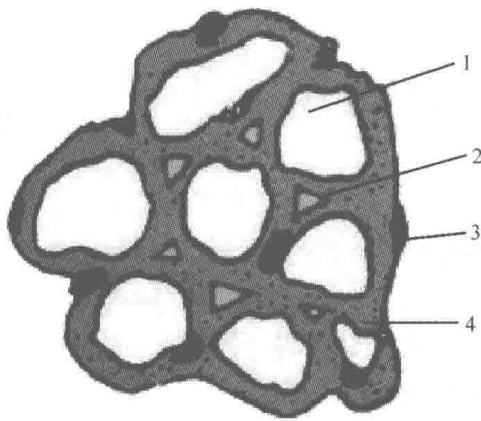


图 2-4 型砂结构示意图

1-砂粒；2-空隙；3-附加物；4-黏土膜

2. 型(芯)砂的组成及种类

为了满足型(芯)砂的性能要求，型砂由原砂、黏结剂、附加物及水按一定比例混制而成，如图 2-4 所示。

(1)原砂：也称为新砂，主要成分是石英(SiO_2)。铸造用砂，要求原砂中 SiO_2 含量为 85%~97%。为了降低成本，对于已用过的旧砂，经过适当处理后，还可以掺在型砂中使用。

(2)黏结剂：用来黏结砂粒的材料称为黏结剂，黏结剂有水玻璃、桐油、干性植物油、树脂、黏土等。黏土价廉且资源丰富，有一定的黏结强度，用得较多。

(3)附加物：为改善型砂的某些性能而加入的材料

称为附加物，常用的附加物有煤粉、油、木屑等。加入煤粉能防止铸件黏砂，使铸件表面光滑，加入木屑可改善铸型和铸芯的透气性。

(4) 水：水使黏土和原砂混成一体，并具有一定的强度和透气性。水分过多，易使型砂湿度过大，强度低，造型时易黏模，使造型操作困难；水分过少，型砂则干而脆，造型、起模困难。因此，水分要适当，当黏土和水分的重量比为 3:1 时，强度可达最大值。

3. 型(芯)砂的配制

根据铸件的材料、复杂程度，以及对型(芯)砂的具体性能要求，型(芯)砂应选用不同的原材料，并按不同的比例配制。在铸造生产中，黏土型(芯)砂应用最广，其配制是在混砂机中进行的。混砂时，按比例加入新砂、旧砂、黏结剂和附加物，先进行干混，然后加水湿混。在混砂机碾压和搓揉作用下，各种材料被混合均匀。为了保证型(芯)砂和水分渗透均匀，混好的型(芯)砂通常要储放 3~8h，最后经松砂处理后使用。

2.2.2 造型

1. 砂型结构

砂型是用金属或其他耐火材料制成的组合整体，是金属液凝固后形成铸件的地方。以两箱砂型铸造为例，典型的砂型结构如图 2-5 所示，它由上砂型、下砂型、浇注系统、型腔、型芯和通气孔组成。型砂被舂紧在上、下砂箱中，连同砂箱一起，称为上砂型(上箱)和下砂型(下箱)。取出模样后砂型中留下的空腔称为型腔。上、下砂型的分界面称为分型面，一般位于模样的最大截面上。型芯是为了形成铸件上的孔或局部外形，用芯砂制成。型芯上用来安放和固定型芯的部分称为型芯头，型芯头放在砂型的型芯座中。

浇注系统是为了将熔融金属填充入型腔而开设于铸型中的一系列通道。浇注系统的作用为：控制金属液充填铸型的速度及充满铸型所需的时间；使金属液平稳地进入铸型，避免紊流和对铸型的冲刷；阻止熔渣和其他夹杂物进入型腔；浇注时不卷入气体，并尽可能使铸件冷却时符合顺序凝固的原则。典型浇注系统如图 2-6 所示，它包括冒口、外浇口、直浇道、横浇道、内浇道。金属液从外浇口浇入，经直浇道、横浇道、内浇道而流入型腔。型腔最高处开通气孔，以观察金属液是否浇满，也可排除型腔中的气体。被高温金属包围后型芯产生的气体则由型芯通气孔排出，而型砂中的气体及部分型腔中的气体则由通气孔排出。为防止缩孔和缩松，往往在铸件的顶部或厚实部位设置冒口。冒口是指在铸型内特设的空腔及注入该空腔的金属。冒口中的金属液可不断地补充铸件的收缩，从而使铸件避免出现缩孔、缩松。冒口除具有补缩作用外，还有排气和集渣的作用。

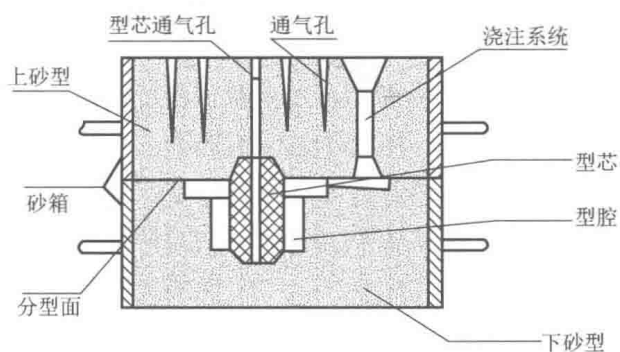


图 2-5 砂型结构

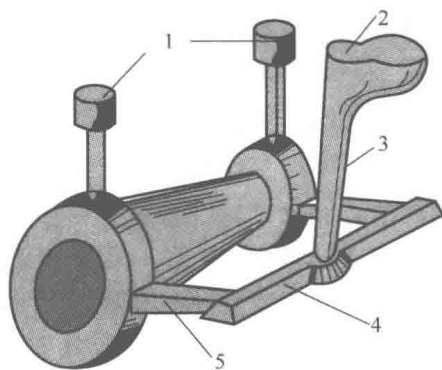


图 2-6 典型浇注系统

1-冒口；2-外浇口；3-直浇道；4-横浇道；5-内浇道