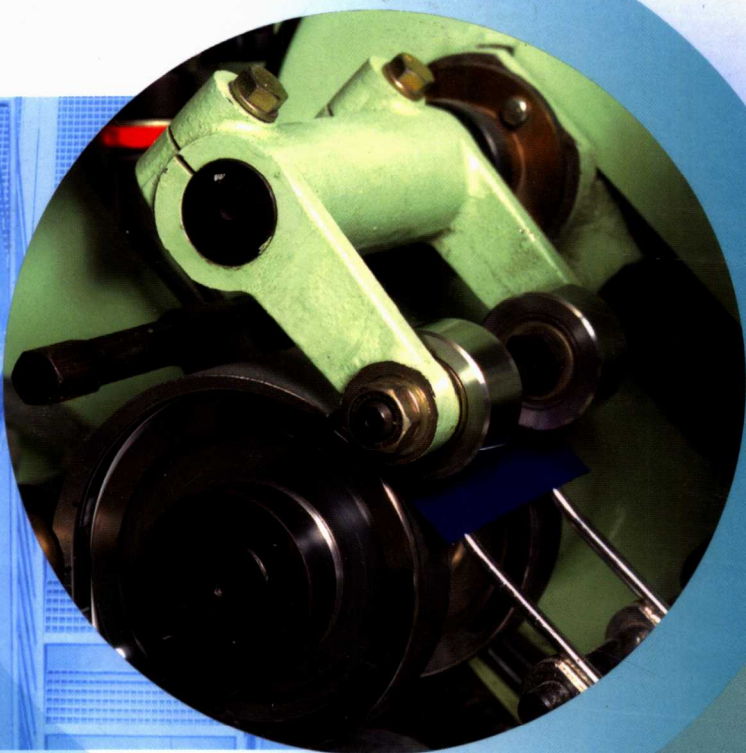




中等职业学校机电类规划教材
专业基础课程与实训课程系列

机械制造基础

张若锋 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业学校机电类规划教材
专业基础课程与实训课程系列

机械制造基础

张若锋 主 编

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造基础/张若锋主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.4
中等职业学校机电类规划教材. 专业基础课程与实训课程系列
ISBN 7-115-14429-X

I. 机... II. 张... III. 机械制造—专业学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 023376 号

内 容 提 要

本书内容包括铸造、压力加工和焊接的基本工艺, 金属切削原理, 金属切削机床及机械加工, 特种加工与数控机床, 零件的装夹, 机械加工工艺过程的基本知识, 机械加工质量分析与控制, 机械装配工艺基础等。

本书以切削理论为基础, 以制造工艺为主线, 围绕工艺所需知识将刀具、工艺、机床和夹具等内容有机地结合起来, 注重与生产实际、技术应用密切联系的综合性, 以适应职业技术教育 and 专业教学改革的需要。

本书适用于数控技术专业、机械制造与控制专业、模具设计与制造专业、机电一体化专业等机电类专业, 也可作为相关行业职工岗位培训教材, 还可供有关工程技术人员参考。

中等职业学校机电类规划教材
专业基础课程与实训课程系列

机械制造基础

-
- ◆ 主 编 张若锋
责任编辑 张孟玮
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 360 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2006 年 4 月第 1 版
2006 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14429-X/TN · 2698

定价: 20.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

中等职业学校机电类规划教材

专业基础课程与实训课程系列教材编委会

主 任 曹根基

副 主 任	陈拥贤	杜德昌	韩满林	华永平	金国砥
	李乃夫	么居标	倪森寿	向 伟	周兴林

委 员	蔡慈明	蔡奕斌	陈晓红	陈银姆	方张龙
	费新华	高长春	耿德普	胡晓晴	江 潮
	姜玉柱	孔令秋	李光前	李为民	李现新
	林永康	刘 岳	刘胜贤	刘振海	骆子石
	马旭州	石大锁	石秋洁	苏 毅	苏根良
	王建国	王锦亚	王杏珍	邬建忠	徐冬元
	徐晖鸣	徐玉华	许长斌	许学慧	杨海祥
	杨小平	杨永传	易培林	于建华	俞 良
	俞洪海	张国军	张继军	张孟玮	张赛梅
	章学军	章振周	郑德荣	周德仁	周利增
	周晓杜	朱 宏			

本书编委	张若锋	邓健平	余刚强	张信群	伍 江
	许娅莉	邬建忠	杨 冰		



我国加入 WTO 以后,国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此,近年来企业对机电人才的需求量逐年上升,对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地,为满足机电行业对人才的需求,中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要,我们在全国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研,与部分重点学校联合成立了《中等职业学校机电类规划教材》编委会,以培养技能型人才为出发点,以各地中职教育教研成果为参考,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,经过充分研讨与论证,精心规划了这套《中等职业学校机电类规划教材》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求,精简整合理论课程,注重实训教学,强化上岗前培训;教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,避免重复;教学形式生动活泼,以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在作者的选择上,充分考虑了教学和就业的实际需要,邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底,同时具有实际生产操作的丰富经验,能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求;他们具有丰富的教材编写经验,能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助光盘,光盘的内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案(电子教案为教学提纲与书中重要的图表,以及不便在书中描述的技能要领与实训效果)等教学相关资料,部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件,以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作,并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址: guojing@ptpress.com.cn, wangping@ptpress.com.cn

读者服务热线: 010-67143761, 67132792, 67184065



编者 的话

为了适应职业教育和机电类专业人才培养模式改革的需要,满足新的人才培养目标对知识与能力结构的要求,本书对机电类专业课程体系和教学内容进行改革,将金属切削原理与刀具、金属切削机床、机械加工工艺、夹具设计及金属工艺学等教学内容进行整合优化,删繁就简,避免重复,重构新的课程体系。

本书编写以“着重基础、简化理论、知识面广、内容精练、适应性强”作为指导思想;以切削理论为基础,以制造工艺为主线,围绕工艺所需知识编写;注重与生产实际、技术应用密切联系的综合性。力求突出以下特点:

(1) 着重基本概念、基本原理和基本技能的学习,淡化细节描述,辅之以工程实例分析和实践性教学环节。

(2) 针对培养目标,简化原理阐述,删除无实用价值的旧内容和繁冗的理论计算,力求教材的内容浅显易懂、易记和易学。

(3) 覆盖传统的机械加工范畴的所有知识点,知识体系构架努力做到系统、简洁、完整。为了满足知识点广而又要少学时的要求,在内容上做到重点突出、选材精练,学时合理分配。

(4) 课程目标旨在培养学生具备机械加工职业岗位群所需的基本职业素养、操作技能与技术应用能力,重点强化学生编制机械加工工艺、正确使用相关工装的能力。

(5) 每章开头有知识目标和技能培养目标,章后有小结且附有一定数量的思考题和练习题,以方便读者的学习。

通过本课程的学习和相关实训,既可考取机械加工通用工种职业资格等级证书,具备独立承担职业岗位相应工作的能力,又可为后续的专业课程打下扎实的专业基础。

本课程教学共需 90~100 学时,学时分配可参考下表。

章 名	学 时 数
第 1 章 铸造、压力加工和焊接的基本工艺	8
第 2 章 金属切削原理	16
第 3 章 金属切削机床及机械加工	20~22
第 4 章 特种加工与数控机床	8
第 5 章 零件的装夹	10~12
第 6 章 机械加工工艺过程的基本知识	14~16
第 7 章 机械加工质量分析与控制	8
第 8 章 机械装配工艺基础	6
机 动	4

本书由湖南铁路科技职业技术学院张若锋主编。具体分工如下:张若锋编写第 2 章、第

6 章、第 7 章和第 8 章；邓健平编写第 3 章、第 4 章和第 5 章；余刚强编写第 1 章。

本书由安徽省滁州职业技术学院张信群老师担任主审，同时参与审稿的老师有江苏省常州市刘国钧高等职业学校的许娅莉、江苏省惠山职业教育中心校的邬建忠、南京莫愁中等专业学校杨冰，作者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免有欠妥之处，敬请读者批评指正。

编 者
2006 年 1 月

目 录

第1章 铸造、压力加工和焊接的基本工艺	1
1.1 铸造	1
1.1.1 砂型铸造	2
1.1.2 合金的铸造性能	6
1.1.3 铸件的结构工艺性	8
1.1.4 特种铸造简介	9
1.2 压力加工	12
1.2.1 自由锻造	13
1.2.2 模型锻造	14
1.2.3 板料冲压	15
1.2.4 挤压与轧制	16
1.3 焊接	17
1.3.1 常用焊接方法	17
1.3.2 常用金属材料的焊接特点	19
1.4 毛坯的选择	20
1.4.1 机械加工中常用毛坯的种类	20
1.4.2 毛坯选择的原则	21
本章小结	22
思考与练习	22
第2章 金属切削原理	24
2.1 金属切削基础知识	24
2.1.1 切削运动	25
2.1.2 加工表面和切削用量	25
2.1.3 切削层参数	26
2.1.4 刀具切削部分的几何参数	27
2.2 常用刀具材料	31
2.2.1 刀具材料应具备的基本性能	31
2.2.2 常用刀具材料的类型及选用	32
2.3 金属切削过程中的基本规律及控制	36
2.3.1 切屑的类型及断屑方法	36
2.3.2 积屑瘤	40
2.3.3 切削力	43
2.3.4 切削热与切削温度	45
2.3.5 刀具磨损与刀具使用寿命	47



2.3.6 刀具几何参数的合理选择	51
2.3.7 切削用量的合理选择	55
本章小结	59
思考与练习	59
第3章 金属切削机床及机械加工	61
3.1 金属切削机床的基本知识	61
3.1.1 零件表面的形成方法和成形运动	61
3.1.2 机床传动原理及运动分析方法	64
3.1.3 机床的分类及型号编制	66
3.2 车削加工	68
3.2.1 车床	68
3.2.2 车刀	72
3.2.3 车削方法	74
3.3 铣削加工	80
3.3.1 铣床	80
3.3.2 铣刀、铣削用量及铣削方式	83
3.3.3 铣削方法	86
3.4 钻削、铰削与镗削加工	89
3.4.1 钻床	89
3.4.2 钻削与钻削刀具	91
3.4.3 铰削与铰刀	95
3.4.4 镗床与镗削	96
3.5 磨削加工	100
3.5.1 磨削加工工艺范围及特点	100
3.5.2 砂轮与磨削用量	101
3.5.3 外圆磨床与磨削方法	104
3.5.4 平面磨床与磨削方法	106
3.6 刨削与插削加工	107
3.6.1 刨削加工	107
3.6.2 插削加工	110
本章小结	111
思考与练习	111
第4章 特种加工与数控机床	113
4.1 特种加工	113
4.1.1 概述	113
4.1.2 电火花加工	116
4.1.3 电解加工	118



4.1.4 激光加工	119
4.1.5 电子束加工	122
4.1.6 超声波加工	123
4.2 数控机床	125
4.2.1 数控机床的组成、工作原理和特点	125
4.2.2 数控机床的分类	129
本章小结	130
思考与练习	131
第 5 章 零件的装夹	132
5.1 机床夹具概述	132
5.1.1 基准的定义及分类	132
5.1.2 零件的装夹及装夹方式	134
5.1.3 夹具的作用、分类及组成	135
5.2 定位原理	136
5.2.1 六点定位原理	136
5.2.2 定位方式分类	137
5.3 定位元件	139
5.3.1 零件以平面定位的定位元件	139
5.3.2 零件以圆孔定位的定位元件	141
5.3.3 零件以外圆柱面定位的定位元件	144
5.3.4 零件以一面两孔的组合定位	145
5.4 夹紧装置	149
5.4.1 夹紧装置的组成	149
5.4.2 夹紧装置的基本要求	149
5.4.3 夹紧力的确定	150
5.5 夹紧机构	152
5.5.1 基本夹紧机构	152
5.5.2 其他夹紧机构	154
本章小结	156
思考与练习	156
第 6 章 机械加工工艺过程的基本知识	158
6.1 基本概念	158
6.1.1 生产过程和工艺过程	158
6.1.2 机械加工工艺过程的组成	159
6.1.3 生产纲领、生产类型及其工艺特征	161
6.2 机械加工工艺规程的制定	163
6.2.1 工艺规程的作用	163



6.2.2	工艺规程制定的原则、原始资料和步骤	164
6.2.3	工艺文件形式	165
6.3	零件的结构工艺性	168
6.3.1	零件的结构工艺性分析	168
6.3.2	零件的技术要求分析	169
6.4	定位基准的选择原则	169
6.4.1	精基准的选择原则	170
6.4.2	粗基准的选择原则	171
6.5	工艺路线的拟订	173
6.5.1	加工经济精度与加工方法的选择	173
6.5.2	加工阶段的划分	176
6.5.3	工序的集中与分散	177
6.5.4	工序顺序的安排	177
6.6	加工余量及工序尺寸的确定	179
6.6.1	基本概念	180
6.6.2	确定加工余量的方法	182
6.6.3	工序尺寸及其公差的确	182
6.7	机械加工工艺规程实例分析	183
	本章小结	187
	思考与练习	187
第7章	机械加工质量分析与控制	189
7.1	概述	189
7.1.1	机械加工质量	189
7.1.2	获得机械加工精度的方法	190
7.2	影响加工精度的因素	191
7.2.1	原始误差	191
7.2.2	工艺系统的几何误差	191
7.2.3	工艺系统受力变形对加工精度的影响	196
7.2.4	工艺系统受热变形对加工精度的影响	201
7.3	提高加工精度的工艺措施	204
7.4	机械加工的	205
7.4.1	概述	205
7.4.2	加工表面质量对零件使用性能的影响	206
7.4.3	影响表面粗糙度的工艺因素及改善措施	207
7.4.4	影响表面层物理力学性能	209
	本章小结	211
	思考与练习	211



第 8 章 机械装配工艺基础	213
8.1 概述	213
8.1.1 装配的概念	214
8.1.2 装配工作的基本内容	215
8.1.3 装配的组织形式	218
8.1.4 装配精度及与零件精度的关系	219
8.2 产品装配工艺规程的制定	223
8.3 减速器装配工艺编制实例	225
本章小结	229
思考与练习	229
参考文献	231



第 1 章

铸造、压力加工和焊接的基本工艺

不同的产品具有不同的使用性能,组成这些产品的零件的形状和要求也不同,所以,零件毛坯的制造方法也就不同。这就是本章学习的主要内容——毛坯的制造和毛坯的选择。

知识目标

- 掌握铸造的特点,了解砂型铸造的工艺过程。
- 了解合金的铸造性能、常见铸件缺陷及铸件的结构工艺要点。
- 掌握压力加工的主要生产方式及其各自特点。
- 了解常用焊接方法及其特点。
- 掌握毛坯的种类及其选用原则。

技能目标

- 通过本章学习,使读者了解铸造、压力加工和焊接的基本工艺、生产特点及其适用范围;初步具备选择毛坯制造方法及选择毛坯的能力。

1.1 铸 造

将熔融金属浇注到铸型型腔中,待其凝固后而得到一定形状、大小和性能的零件毛坯的方法称为铸造,铸造所得到的金属零件毛坯称为铸件。铸造具有以下特点。

- (1) 可获得复杂外形及内腔的铸件,如各种箱体、床身、发动机缸体等。
- (2) 适应性广。铸件尺寸与质量几乎不受限制,可铸造任何金属和合金铸件。
- (3) 铸件成本低廉。铸造用的原材料来源广泛,价格低廉,可直接利用报废零件、废钢和切屑,且铸造设备较简单,投资少。
- (4) 铸件的形状、大小与零件很接近,因此减少了切削加工的工作量,节约金属。
- (5) 铸造工序多,工艺过程较难控制,因此铸件易产生缺陷,使质量不够稳定。
- (6) 和相同形状、尺寸的锻件相比,铸件的机械性能不及锻件,承受动载荷和冲击载荷的能力较差。



(7) 工作场地温度高, 灰尘多, 环境差, 工人劳动强度大。

由于铸造生产有许多优点, 因此广泛应用于机械零件的毛坯制造, 在各种机械设备中铸件在数量上占有很大的比例。

1.1.1 砂型铸造

铸造的方法有很多, 生产中应用最广泛的是砂型铸造。

砂型铸造是用型砂紧实成型的铸造方法。由于砂型铸造简单易行, 原材料来源广, 成本低, 见效快, 因此在目前的铸造生产中仍占主导地位, 用砂型铸造生产的铸件, 约占铸件总数的 90%。砂型铸造可分为湿砂型 (不经烘干可直接进行浇注的砂型) 铸造和干砂型 (经烘干的高黏土砂型) 铸造两种。

砂型铸造的主要工序有制造模样与芯盒、造型、造芯、烘干、合型 (合箱)、熔炼金属、浇注、落砂、清理与检验等, 图 1.1 所示为齿轮毛坯的砂型铸造工艺过程。

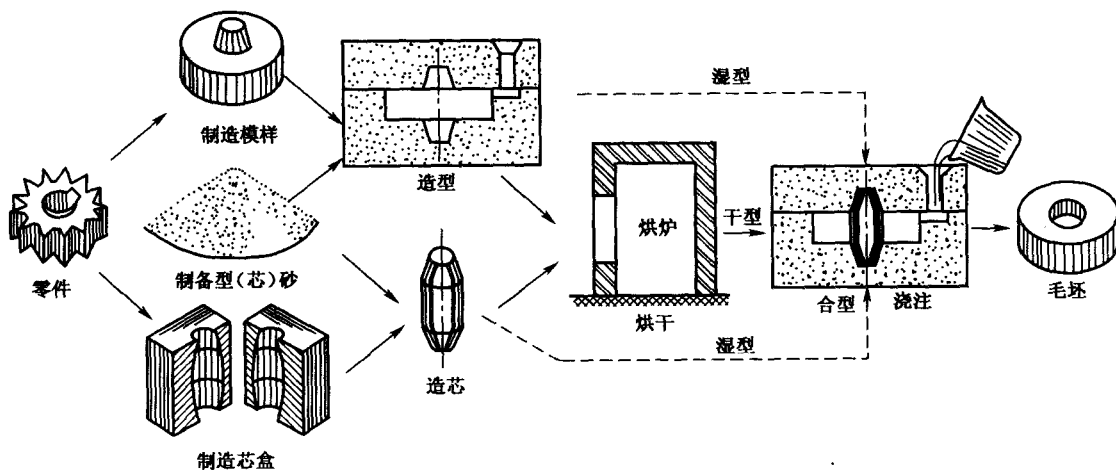


图 1.1 砂型铸造工艺过程

1. 型砂与芯砂

型砂用于制造砂型, 芯砂用于制造型芯。型砂与芯砂的性能对铸件质量有很大的影响, 合理地选择和配制型砂与芯砂, 对于提高铸件质量降低铸件成本具有重要意义。

型砂与芯砂主要由硅砂、黏结剂和水混合而成, 有时加入少量煤粉或木屑等辅助材料。其应具备的性能分别介绍如下。

(1) 可塑性 型砂与芯砂在外力作用下可以成型, 可塑性 (外力消除后仍能保持其形状的性能称为可塑性) 好, 易于成形, 能获得型腔清晰的砂型, 从而保证铸件具有精确的轮廓尺寸。

(2) 强度 型砂与芯砂成形之后抵抗外力破坏的能力称为强度。强度高的铸型在搬运、合型时不易损坏, 浇注时不易被熔融金属冲塌, 铸件可避免产生夹砂、砂眼、结疤等缺陷。

(3) 耐火性 型砂与芯砂在高温熔融金属的作用下, 不软化、不熔融烧结的性能称为耐火性。耐火性差的型砂容易使铸件表面产生黏砂缺陷, 导致铸件清理和切削加工困难, 严重



时铸件报废。

(4) 透气性 型砂与芯砂排出气体的能力称为透气性。熔融金属浇入砂型时,会产生大量气体,熔融金属随温度下降也会析出一些气体。如果透气性差,部分气体就不能排出,导致铸件产生气孔。

(5) 退让性 铸件凝固时体积要缩小,型砂与芯砂随铸件收缩而被压缩的性能称为退让性。退让性好的型砂与芯砂不会阻碍铸件的收缩,减少铸件的内应力,使铸件避免产生裂纹。

(6) 溃散性 型砂与芯砂在铸件冷却后应当容易解体而脱离铸件表面。

在铸造过程中,型芯被熔融金属包围,所以对芯砂的性能要求比对型砂要求更高。

2. 模样与芯盒

由木材、铝合金或塑料制成,用来形成铸型型腔的工艺装备称为模样,模样可获得铸件外部结构。制造型芯所用的装备称为芯盒,芯盒用以获得铸件内腔。

制造模样要考虑铸造生产的特点,应注意:为了便于造型,要选择合适的分模面;为了便于起模,在垂直于分型面的模样壁上做出斜度(称为起模斜度);为了防止铸件产生黏砂、裂纹缺陷,模样上凡相邻两表面的交角,都应做成圆角(称为铸造圆角);铸件需要切削加工的表面上要留出切削时切除的多余金属,即留出加工余量;有内腔的铸件,在模样上应做出安放型芯的芯头;金属凝固冷却后尺寸会变小,所以模样的尺寸要比零件尺寸大一些。

把上述需要考虑的因素绘制在零件图上,就变成了铸造工艺图,再根据铸造工艺图制造模样与芯盒。

3. 造型

造型是砂型铸造的最基本工序,是用型砂及模样等工艺设备制造砂型的方法和过程。通常分为手工造型、机械造型和自动化造型。

(1) 手工造型

手工造型是用手工操作完成的造型工序。砂箱及常用的手工造型工具如图 1.2 所示。

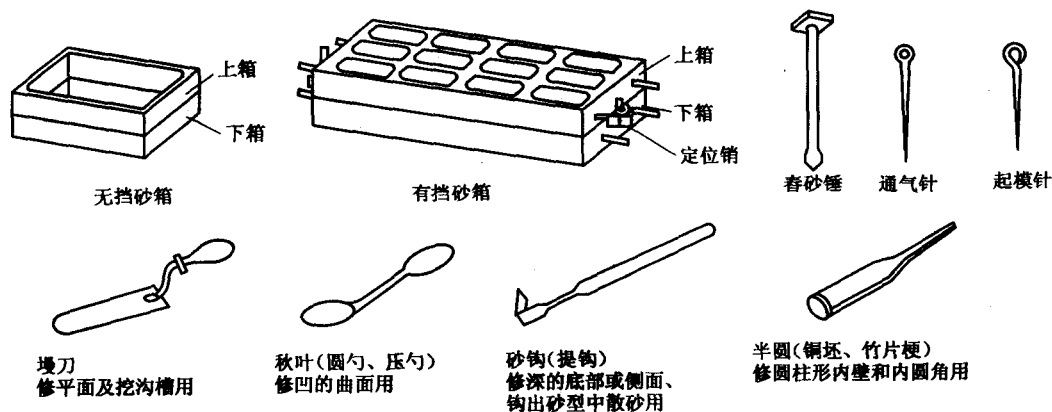


图 1.2 砂箱及常用的手工造型工具

手工造型操作灵活,工艺装备简单,适应性强。但其生产率低,劳动强度大,劳动条件差,铸件质量不稳定。手工造型方法常见的有:有箱造型、脱箱造型、地坑造型和刮板造型等。有箱造型分整模造型和分模造型。



整模造型时模样放置在一个砂箱中，分型面为一平面，位于模样的一侧。图 1.3 所示为整模造型过程示意图。这种方法适合于生产形状比较简单的铸件。

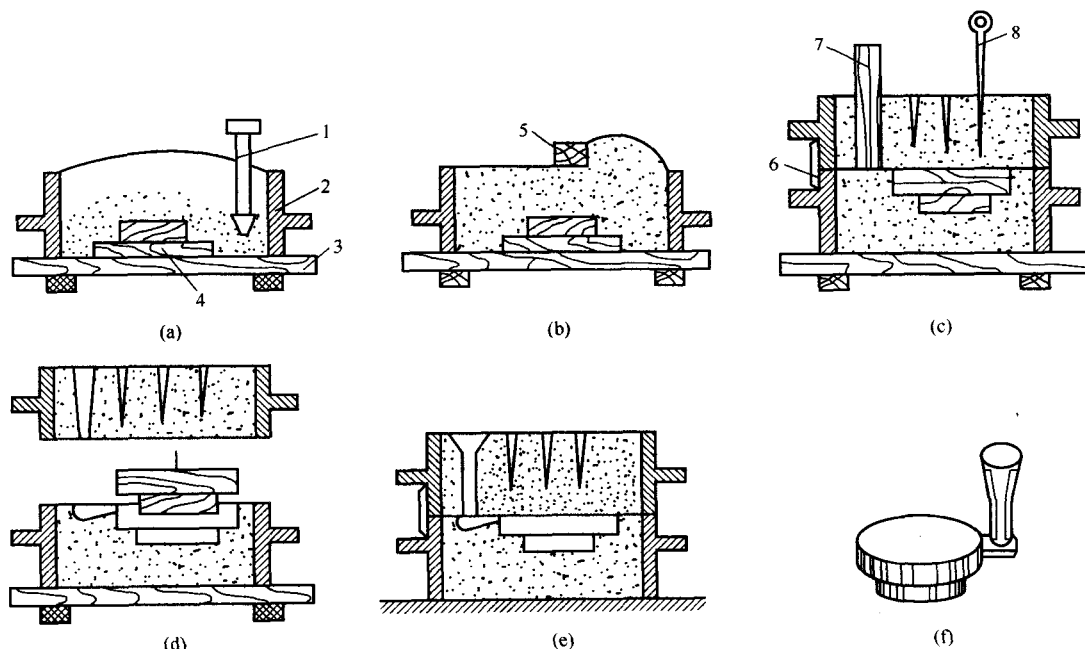


图 1.3 整模造型过程

(a) 造下型 (b) 刮平 (c) 造上型 (d) 起模 (e) 合型 (f) 带有浇口的铸件
1—舂砂锤 2—砂箱 3—模底板 4—模样 5—刮板 6—记号 7—浇口棒 8—通气针

分模造型的特点是沿模样最大截面处将其分成两部分，两个半模分别位于上、下型之中，图 1.4 所示为分模造型过程示意图。这种方法适合于生产圆柱体、管件、阀体、套筒等形状较复杂的铸件。

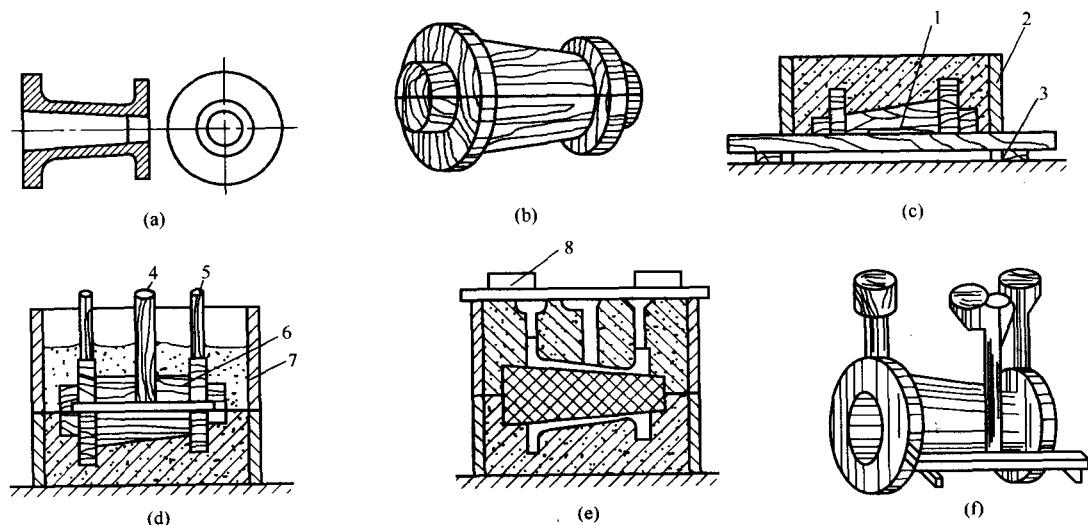


图 1.4 分模造型过程

(a) 零件简图 (b) 模样 (c) 造下型 (d) 造上型，开浇、冒口 (e) 下芯、合型并加压机 (f) 带有浇、冒口的铸件
1—下半模样 2—下砂箱 3—模底板 4—浇口棒 5—冒口棒 6—上半模样 7—上砂箱 8—压铁



(2) 机械造型和自动化造型

用机械全部完成或至少完成紧砂操作的造型工序称为机械造型。所有造型工序基本不需要人工完成的造型过程称为自动化造型。机械造型和自动化造型可提高劳动生产率、铸件尺寸精度和表面质量,改善劳动条件,适应于大批量和流水线生产。

4. 造芯

制造型芯的过程称为造芯,是用来形成铸件的内腔。造芯比型砂用芯砂的组成与配比要求更严格,一般型芯用黏土砂,要求较高的型芯用桐油砂、合脂砂或树脂砂等。芯砂中一般使用新砂,很少用旧砂。

造芯时放入芯骨以提高强度,应做出通气道使型芯产生的气体能顺利地排出。成形后的型芯表面刷上涂料,以提高型芯表层的耐火度、保温性和化学稳定性,防止铸件内腔黏砂,然后放入烘房烘干,以提高型芯的强度和透气性,减少型芯的发气量。

造芯的方法可分为手工造芯和机械造芯两种。

5. 浇注系统和冒口

将熔融金属导入型腔的通道称为浇注系统。通常由浇口杯、直浇道、横浇道、内浇道和冒口组成。

浇注系统的作用是:保证熔融金属平稳、均匀、连续地导入并充满型腔;防止熔渣、气体和砂粒进入型腔;调节铸件的凝固顺序,防止产生缩孔、裂纹等缺陷。

(1) 浇口杯 形状多为漏斗形,与直浇道顶端连接。浇注时应保持充满状态,以便熔融金属较平稳地流到铸型内,并使熔渣、杂质上浮。

(2) 直浇道 是浇口杯下面的一段垂直通道,通常带有一定的锥度。利用其高度产生一定的液态静压力,使熔融金属产生充填能力。

(3) 横浇道 承接直浇道流入的熔融金属,其截面多为梯形。用以将熔融金属分配流入内浇道并起挡渣作用。

(4) 内浇道 与型腔直接相连,其截面多为梯形或半圆形。其作用是控制熔融金属流入型腔的速度和方向。

(5) 冒口 是在铸型内储存供补缩铸件用熔融金属的空腔,一般设置在铸件的最高处和最厚处。如图 1.5 所示为带有浇、冒口的法兰管铸件。

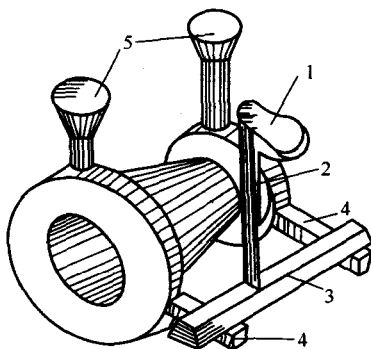


图 1.5 带有浇、冒口的铸件

1—浇口杯 2—直浇道 3—横浇道 4—内浇道 5—冒口

6. 合型、浇注、落砂、清理和热处理

(1) 合型 将铸型的各个组元如上型、下型、型芯、浇口杯装配起来的过程称为合型。合型是决定铸型型腔形状与尺寸精度的关键工序,若操作不当,可能造成跑火、错箱和塌箱等缺陷。

合型前应检查砂型和型芯的形状和尺寸,清除型腔中的散砂。合型时要保证型芯的位置