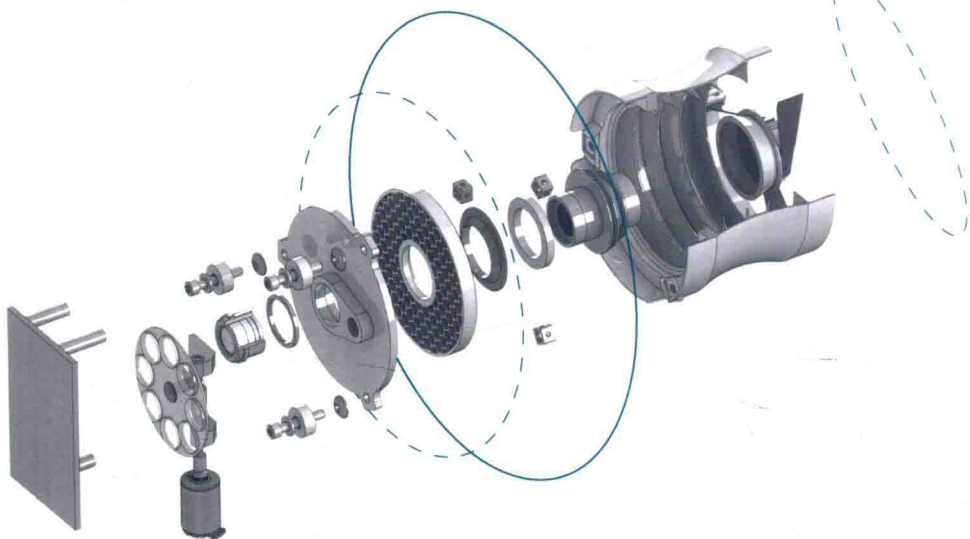




普通高等教育创新型人才培养规划教材



机械制造技术基础

JIXIE ZHIZAO JISHU JICHU

郭建烨 于 超 张艳丽 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高等教育创新型人才培养规划教材

机械制造技术基础

郭建焯 于 超 张艳丽 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本教材是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,结合有关教学改革和课程改革的成果,组织富有多年教学经验的一线骨干教师编写的。全书共分10章,主要内容包括铸造、锻造、焊接、金属切削加工基础知识、切削加工机床基础知识、常用切削加工方法、机械加工工艺过程和特种加工等内容,而且每章后面附有习题。

本教材十分注重学生获取知识、分析问题及解决工程技术问题能力的培养,特别注重学生工程素质与创新能力的提高。为此,在本教材的编写内容上既注重理论密切联系生产实际,又适当介绍了机械制造过程的新工艺和新技术。

本书可作为高等学校机械类、近机类各专业的教材和参考书,也可作为高职类工科院校及机械制造工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术基础 / 郭建烨, 于超, 张艳丽编著

— 北京: 北京航空航天大学出版社, 2016. 2

ISBN 978-7-5124-1959-9

I. ①机… II. ①郭… ②于… ③张… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 281315 号

版权所有,侵权必究。

机械制造技术基础

郭建烨 于 超 张艳丽 编著

责任编辑 赵延永

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京泽宇印刷印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:16.5 字数:352 千字

2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1959-9 定价:38.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

本教材是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,结合有关教学改革和课程改革的成果,立足于21世纪机械制造学科发展的需要,以科学性、先进性、系统性和实用性为目标,由长期在教学一线从事教学工作、富有教学经验的教师编写的。本教材可以适应不同类型、不同层次学校的教学需要。

《机械制造技术基础》作为工科院校进行机械制造工程教育的重要组成部分,阐述了热加工主要加工方法的基本原理和工艺特点,全面介绍了机械加工的基础知识、零件的加工方法和工艺路线的拟订以及机械制造过程的新技术和新工艺。本教材既注重学生获取知识、分析问题及解决工程技术问题能力的培养,也特别注重学生工程素质与创新能力的提高,兼顾基础性、实用性、知识性、实践性与创新性的结合。本教材在内容的选择和编写上具有如下特点:

(1) 注重于专业基础知识教育,突出能力培养,内容的选取全面而精炼。

(2) 力求适应机械类及近机类专业的应用实际,在内容的选择和安排上考虑到了机械类各专业的不同需要,具有一定的通用性。

(3) 内容既系统丰富,又重点突出,各部分相互联系又相对独立,可以适应不同专业、不同学习背景、不同层次的学生选用。

(4) 为了开阔学生视野,扩大知识面,适当加入了反映机械制造过程新工艺和新技术的内容。

(5) 为了加深学生对课程内容的理解,掌握和巩固所学的基本知识,在各章后都编有思考题,做到理论联系实际,学以致用。

本教材由郭建烨、于超和张艳丽负责编写,共10章。其中,第1章、第4章、第10章由郭建烨编写;第2章、第6章、第8章由于超编写;第3章、第5章、第7章由张艳丽编写;第9章由郭建烨和张艳丽共同编写。全书的组织和统稿工作由郭建烨完成。在本教材的编写过程中,得到了张建中、赵树国、杨玉海、庞丽君、刘红军、张景强等老师的大力支持和帮助,在此一并向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的疏漏和不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2016年1月

目 录

第1章 铸 造	1
1.1 概 述	1
1.2 造型方法	2
1.2.1 手工造型	2
1.2.2 机器造型	4
1.2.3 制造型芯	7
1.3 铸造工艺	8
1.3.1 铸造工艺方案的确定	8
1.3.2 铸造工艺图的绘制	13
1.4 合金铸造性能	15
1.4.1 合金的流动性	16
1.4.2 合金的收缩	20
1.5 特种铸造	31
1.5.1 熔模铸造	31
1.5.2 金属型铸造	33
1.5.3 压力铸造	35
1.5.4 低压铸造	37
1.5.5 离心铸造	38
第2章 锻 造	41
2.1 概 述	41
2.2 自由锻造	41
2.2.1 自由锻的基本工序	41
2.2.2 绘制自由锻件图	43
2.2.3 典型锻件的自由锻工艺示例	44
2.3 模型锻造	45
2.3.1 模锻的变形工步和模锻模膛	46
2.3.2 绘制模锻件图	48
2.3.3 压力机上模锻	50
2.3.4 胎模锻	53



第3章 焊 接	55
3.1 概 述	55
3.2 常用焊接方法	56
3.2.1 熔 焊	56
3.2.2 压焊与钎焊	70
3.3 焊接结构工艺性	73
3.3.1 焊缝布置	73
3.3.2 焊接接头	76
3.3.3 坡口形式	77
3.4 焊接新工艺	80
3.4.1 搅拌摩擦焊	80
3.4.2 弧焊机器人	80
3.4.3 扩散焊接	81
3.4.4 螺柱焊接	82
第4章 金属切削加工基础知识	84
4.1 概 述	84
4.1.1 工作运动	84
4.1.2 工件表面	85
4.1.3 切削用量	85
4.1.4 切削层几何参数	87
4.2 金属切削刀具	88
4.2.1 刀具材料	88
4.2.2 刀具角度	91
4.2.3 刀具结构	97
4.3 金属切削过程	98
4.3.1 切屑的形成及种类	99
4.3.2 积屑瘤	101
4.3.3 切削力	103
4.3.4 切削热和切削温度	108
4.3.5 刀具的磨损、破损及其耐用度	111
4.4 切削加工的技术经济指标	113
4.4.1 零件的加工质量	113
4.4.2 生产率	116



4.4.3 经济性	118
4.5 切削用量的合理选择	118
4.5.1 切削用量的选择原则	119
4.5.2 切削用量的选择方法	119
4.6 工件材料的切削加工性	121
4.6.1 材料切削加工性的衡量指标	121
4.6.2 影响材料切削加工性的因素	122
4.6.3 改善材料切削加工性的途径	123
第5章 切削加工机床基础知识	126
5.1 概 述	126
5.1.1 机床的分类和型号的编制	126
5.1.2 机床的传动	131
5.1.3 机床的传动链和传动副	131
5.1.4 机床的变速机构	134
5.1.5 机床的构造	135
5.2 机床的传动系统	138
5.2.1 机床的工艺范围和布局	138
5.2.2 机床的传动系统	139
5.3 数控技术与机床	143
5.3.1 数控机床的工作过程	144
5.3.2 数控机床的组成	144
5.3.3 数控机床的分类	145
5.3.4 数控机床的特点和应用范围	147
5.4 柔性制造系统与计算机集成制造系统	148
5.4.1 柔性制造系统	148
5.4.2 计算机集成制造系统	150
第6章 常用切削加工方法	153
6.1 概 述	153
6.2 车削加工	153
6.2.1 工件的安装	153
6.2.2 车削的应用	154
6.2.3 车削的工艺特点	158
6.3 钻削和镗削加工	159
6.3.1 钻 孔	159



6.3.2	扩孔和铰孔	160
6.3.3	镗 孔	162
6.4	刨削和拉削加工	163
6.4.1	刨 削	163
6.4.2	拉 削	165
6.5	铣削加工	167
6.5.1	铣 刀	168
6.5.2	铣削方式	168
6.5.3	铣削的工艺特点及应用	170
6.6	磨削加工	172
6.6.1	砂 轮	172
6.6.2	磨削过程	174
6.6.3	磨削的工艺特点	175
6.6.4	磨削的应用	176
6.7	光整加工	178
6.7.1	研磨加工	178
6.7.2	珩磨加工	180
6.7.3	抛光加工	181
6.7.4	超级光磨加工	182
第 7 章	零件典型表面的加工	185
7.1	概 述	185
7.2	简单表面的加工	186
7.2.1	外圆表面的加工	186
7.2.2	内孔表面的加工	188
7.2.3	平面的加工	191
7.3	成形表面的加工	193
7.3.1	成形表面的技术要求和加工方法	193
7.3.2	成形表面的加工方案的选择	196
7.4	螺纹表面的加工	196
7.4.1	螺纹表面的技术要求	197
7.4.2	螺纹表面的加工方法	198
7.4.3	螺纹表面加工方法的选择	201
7.5	齿轮表面的加工	202
7.5.1	齿轮表面的技术要求	202
7.5.2	齿轮表面的加工方法	203



7.5.3 齿轮表面加工方案的选择	208
第8章 机械加工工艺过程	209
8.1 概 述	209
8.1.1 机械加工工艺过程的组成	209
8.1.2 基准的概念及其分类	210
8.1.3 尺寸链	211
8.2 机械加工工艺过程制订	213
8.2.1 工艺路线设计	213
8.2.2 工序设计	217
8.2.3 工艺过程设计举例	221
8.3 工件的安装与机床夹具	223
8.3.1 机床夹具作用及组成	223
8.3.2 工件的定位	224
第9章 零件的结构工艺性	228
9.1 概 述	228
9.2 结构工艺性的一般原则	228
第10章 特种加工	238
10.1 概 述	238
10.2 电火花加工	238
10.3 电火花线切割加工	240
10.4 电解加工	241
10.5 超声波加工	243
10.6 激光加工	245
10.7 快速成形技术	247
参考文献	251

第1章 铸 造

1.1 概 述

铸造是历史最悠久的金属成型方法。直到现在,铸造仍然在许多行业中得到广泛应用,特别是在机械制造业中,制造零件的毛坯很多是通过铸造方法获得的。据统计,在一台机器上,铸造零件的总质量往往占机器总质量的70%~80%。

铸造就是将液态金属浇注到铸型型腔中,待其冷却凝固后,获得一定形状和性能铸件的生产方法。它是生产金属零件和毛坯的主要形式之一,其实质是液态金属逐步冷却凝固而成形,也称金属液态成形。

铸造之所以得到如此广泛的应用,是因为它有如下优点:

(1) 可以铸造出内腔和外形很复杂的铸件。例如,内燃机的气缸体和气缸盖、机床的床身和箱体、涡轮机的轮壳等,这些铸件用其他成型方法是不易达到要求的。某些形状极复杂的零件只能用铸造方法制造毛坯。

(2) 工艺灵活性大。几乎各种合金,各种尺寸、形状、质量和数量的铸件都能生产。如铸件质量可由几克到几百吨,壁厚可由0.5 mm~1 m左右。铸件材料可用铸铁、碳钢、合金钢,也可用铜合金和铝合金等,其中铸铁材料应用最广泛。

(3) 铸造成本较低。铸造设备投资少,造型材料廉价,并且可直接利用报废机件和切屑作为铸造原料,所以铸件的成本较低。

但是,铸造生产过程比较复杂,影响铸件质量的因素较多。铸件金属晶粒粗大,组织疏松,出现缩孔、气孔、夹渣等缺陷的可能性较大,所以铸件的力学性能和可靠性较同种材料的锻压件差。因此,铸造零件多用于受力不太大的场合。

目前最基本、应用最普遍的铸造方法是砂型铸造,它是利用具有一定性能的原砂作为主要造型材料的铸造方法,其基本工艺流程如图1-1所示。

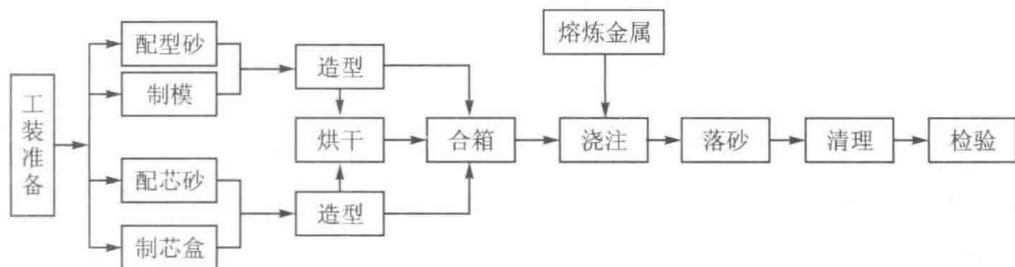


图 1-1 砂型铸造工艺流程



图 1-2 所示为齿轮毛坯砂型铸造的工艺过程举例。首先根据零件图制成适当的模样,并用模样和配制好的型砂制成砂型,然后将熔化的金属注入型腔,待金属熔液凝固冷却后,从砂型中取出铸件,最后清除铸件的附着物,经过检验获得所需铸件。

砂型铸造的生产过程是周期性的。当一批铸件从砂型中取出后,要清理造型场地,处理型砂,接着又开始下一批的造型。砂型铸造的缺点是一个砂型只能使用一次,耗费造型的工时较多,而且所需使用的型砂量大约是合格铸件的 4~5 倍,处理型砂的工作也很繁重。此外,铸造车间飞扬的砂尘对人和环境造成污染,工人劳动条件较差。

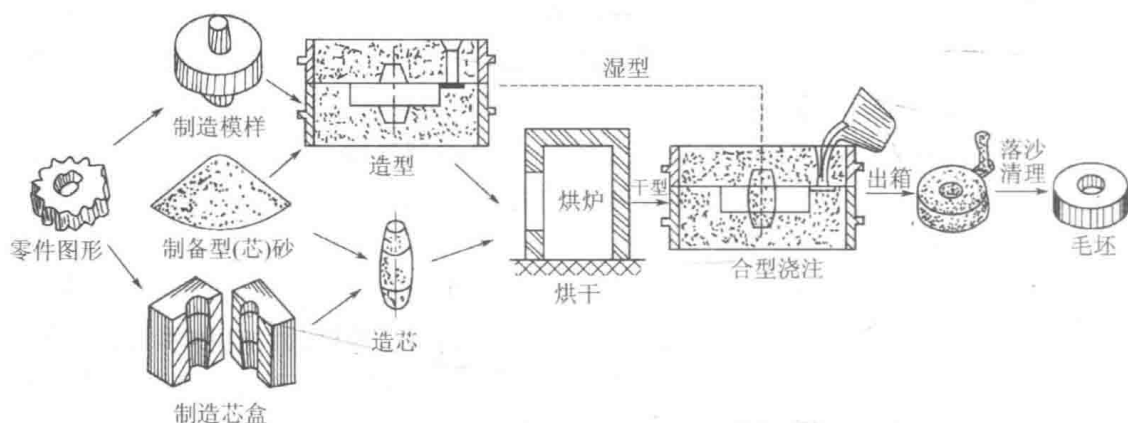


图 1-2 齿轮毛坯砂型铸造的过程

近些年来,随着铸造工艺的改进和铸造合金的发展,铸件的力学性能有了很大提高,原来需用钢材锻造的某些重要零件,如内燃机的曲轴、连杆等已经由铸钢件或球墨铸铁件代替。铸造方法除了常用的砂型铸造外,又发展了很多特种铸造方法,使铸件的精度和表面质量大大提高,铸造的应用也更加广泛。

1.2 造型方法

在砂型铸造中,造型是最基本和最重要的工序,它对铸件的质量、生产率和成本影响很大。按照紧实型砂和起模方法的不同,砂型铸造可分为手工造型和机器造型两大类。

1.2.1 手工造型

手工造型操作灵活,工艺装备(模样、芯盒和砂箱等)简单,生产准备时间短,适应性强,可用于各种大小、形状的铸件。但是,手工造型对工人的技术水平要求较高,生产率低,劳动强度大,铸件质量不稳定,故主要用于单件、小批量生产。

根据铸件结构、生产批量和生产条件的不同,可选用不同的手工造型方法。表 1-1 列出了常用手工造型方法的特点和适用范围。



表 1-1 手工造型方法的特点和适用范围

造型方法名称	简 图	特 点	适用范围
整模造型		其模样为一整体,分型面为平面,铸型型腔全部在下砂箱内;造型简单,铸件不会产生错型缺陷	适用于铸件最大截面靠一端,且为平面的铸件
分模造型		将模型沿截面最大处分为两半,使型腔位于上、下两个半型内;造型简便,节省工时	常用于最大截面在中部的铸件
活块造型		铸件上有妨碍起模的小凸台、肋条等。制模时,将这些结构作成活动部分;起模时,先起出主体模型,再从侧面取出活块。造型费时,要求操作者技术水平高,且铸件精度差	主要用于单件、小批量生产、带有凸出部分,难以起模的铸件
挖砂造型		模型虽然是整体,但铸件的分型面为曲面。为能取出模型,造型时用手挖去妨碍起模的型砂;造型费工、生产率低	用于单件、小批量生产且分型面不是平面的铸件
假箱造型		为克服挖砂造型的缺点,在造型前预先作出成型底板(即假箱),然后再在底板上制作下箱。由于底板并未参加浇注,故称假箱。假箱造型比挖砂造型操作简单,且分型面整齐	用于成批生产需要挖砂的铸件
刮板造型		用刮板代替木模造型,可大大降低木模成本,节约木材,缩短生产周期,但造型生产率低,要求操作者技术水平高	用于有等截面或回转体的大、中型铸件,适用于单件、小批量生产
两箱造型		铸型由成对的上箱和下箱组成,操作方便	最基本的造型方法,适用于各种批量、大小的铸件
三箱造型		铸型由上、中、下三箱组成,中箱高度必须与铸件两个分型面的间距相适应;三箱造型操作费工,且需有适合的成套砂箱	主要用于具有两个分型面铸件的单件、小批量生产



续表 1-1

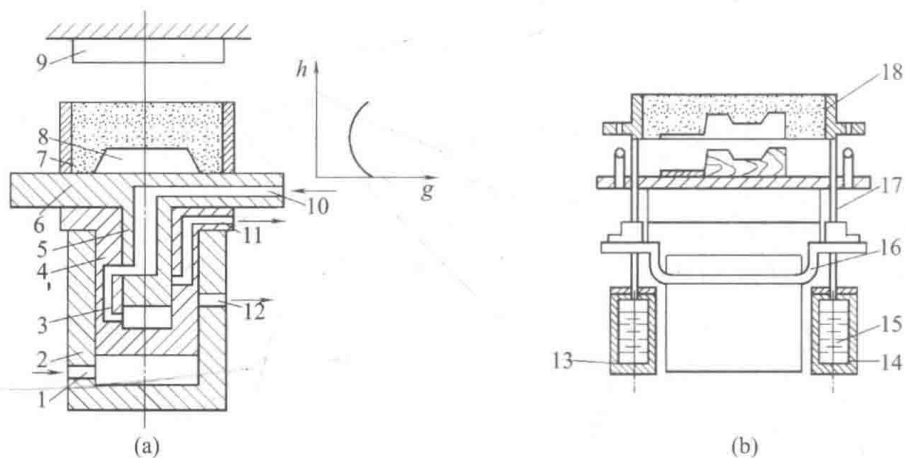
造型方法名称	简 图	特 点	适用范围
按砂箱特征分			
脱箱造型		采用可折或带有锥度的砂箱来造型;在铸型合型后将砂箱脱出,重新用于造型,所以一个砂箱可制出许多铸型	常用于生产小铸件
地坑造型		造型是利用车间地面砂床作为铸型的下箱;大铸件需在砂床下面铺以焦炭、埋上出气管,以便排气;由于仅用上箱便可造型,减少了制造专用下箱的准备时间,降底了砂箱的成本,但造型费工,且要求操作者技术较高	常用于砂箱不足的生产条件下制造批量不大的大中型铸件

1.2.2 机器造型

在现代化的铸造车间里,铸造生产中的造型、制芯、型砂处理、浇注、落砂等工序均由机器来完成,并把这些工艺过程组成机械化的连续生产流水线,不仅提高了生产率,而且提高了铸件精度和表面质量,改善了劳动条件。尽管设备投资较大,但在大批量生产时,铸件成本可显著降低。常用的机器造型方法有以下几种。

1. 震压造型

这种机器的示意图如图 1-3 所示。其紧砂原理是,多次使充满型砂的砂箱、震击活塞、气缸等抬起几十毫米后自由下落,撞击压实气缸。多次震击后砂箱下部型砂由于惯性力的作用而紧实,上部较松散的型砂再用压头压实。



1—压实进气口;2—压实气缸;3—震实气路;4—压实活塞;5—震实活塞;6—工作台;
7—砂箱;8—模板;9—压头;10—震实进气口;11—震实排气口;12—压实排气口;13, 14—压力油;
15—起模压力缸;16—同步连杆;17—起模顶杆;18—下箱;h—砂箱高度;g—型砂紧实度

图 1-3 震压造型机器示意图

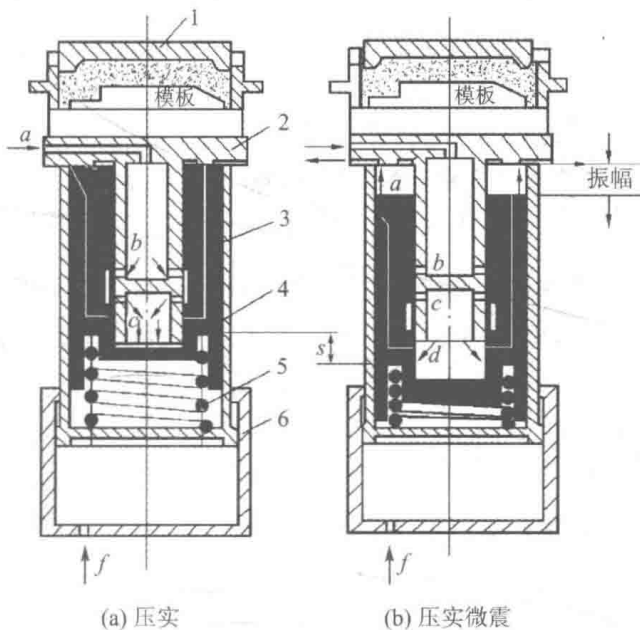


这种方法所用机器结构简单,价格低廉,应用较普遍,但是噪声大,压实比压(砂型表面单位面积上所受的压实力)较低,为 $0.15 \sim 0.4 \text{ MPa} (\text{N/mm}^2)$,砂型紧实度不高。铸件质量和生产率不能满足日益增长的生产要求。

2. 微震压实造型

微震压实造型的紧砂原理是对型砂压实的同时进行微震。微震紧砂与震击紧砂不同之处在于震击缸是向上运动撞击震击活塞的,震动频率较高(480~900次/分),振幅较小(数毫米至数十毫米)。

微震压实造型机器的工作过程如图1-4所示。其中图(a)为压实工序。压缩空气由进气口 f 进入压实缸内,推动压实活塞、工作台、模板和砂箱上升,型砂被压头压实。图(b)为压实微震工序。压缩空气经 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 到达工作台下部,使震击缸(涂黑部分)连同弹簧一起下降一段距离(振幅)后,经排气孔 d 排走。此时震击缸内气压很快下降,震击缸在弹簧恢复力作用下向上运动,撞击工作台,进气口 b 又打开,重复微震。砂型紧实后固定不动,工作台下落时取出模型。



1—压头; 2—工作台震击活塞; 3—震击缸; 4—压实活塞; 5—弹簧; 6—压实缸

图1-4 微震压实造型机器工作过程示意图

微震压实造型机器的造型紧实度比震压造型机器高而均匀,生产率较高,但噪音仍较大,压实比压仍较低,砂型紧实度仍不能满足高质量铸件的要求。

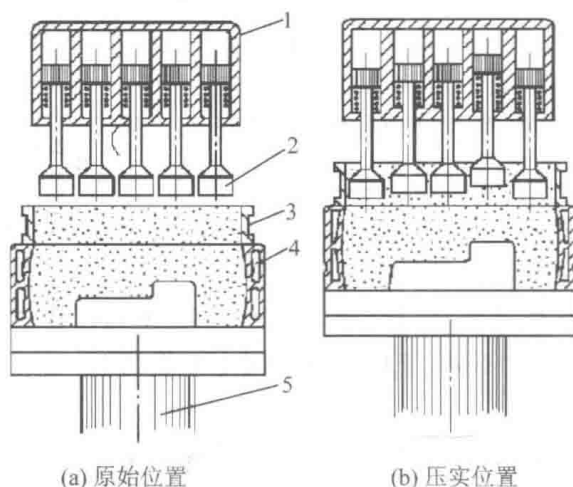
3. 高压造型

压实比压大于 0.7 MPa 的机器造型称为高压造型。图1-5为多触头高压微震造型机器工作原理示意图。造型机器的压头通常采用液体加压。压头分成许多小压头,每个小压头是浮动的,行程可随模型高度自动调节,以使砂型各部分紧实度均匀。



压实同时还进行微震。

这种高压微震造型机器制出的砂型紧实度、铸件尺寸精度和表面光洁程度都比较高,噪音小,灰尘少,生产效率高,但是设备结构复杂,价格昂贵,对工艺装备及设备维修、保养的要求很高,仅用于大批量生产的铸件。



1—多触头箱体; 2—浮动触头; 3—余砂框; 4—砂箱; 5—压实活塞杆

图 1-5 高压微震造型机器工作原理示意图

4. 射压造型

射压造型采用射砂和压实复合方法紧实型砂。在造型过程中,型砂被压缩空气高速射入造型室内,再由液压系统进行高压压实。用射压造型方法制得的铸件尺寸精度很高,噪音低,机器结构简单,生产效率高,易于实现自动化。因此,在中、小铸件的大量生产中已获得广泛应用。

5. 空气冲击造型

冲击造型过程是利用压缩空气直接紧实型砂。冲击造型的砂型紧实度高且分布均匀。由于不直接用机械部件紧实型砂,因而造型机器结构简单,维修方便,使用寿命长,噪音较小。

6. 抛砂造型

前述造型机器由于设备能力的限制,只能造中、小砂型,而制造大砂型可选用抛砂机。抛砂机的工作过程是通过离心力的作用而将型砂压实成团,然后被高速(30~60 m/s)抛到砂箱中紧实。抛砂机结构较简单,砂箱尺寸可在很大范围内变化。抛砂造型对工艺装备要求不高,可用于中、小批量生产,特别是对于大件造型,可大大减轻劳动强度和节省劳动力。

造型机器具有很高的生产效率,但造型机器只能实现紧砂和起模的机械化和自动化,其他辅助工序如翻箱、下芯、合箱、压铁、浇注、落砂和砂箱运输等也需实行机械

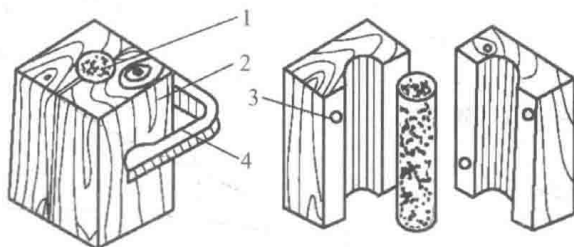


化,才能完全发挥出造型机器的效率。在大量生产时,均采用造型生产线来组织生产,即将造型机器和其他辅助机器按照铸造工艺流程,用运输设备(铸型输送机、辊道等)联系起来,组成一套机械化、自动化铸造生产系统。

1.2.3 制造型芯

型芯用来获得铸件的内腔,有时也可作为铸件难以起模部分的局部铸型。制造型芯的过程称为造芯。浇注时,型芯受金属液的冲击、包围和烘烤,因此要求芯砂具有比普通型砂更好的综合性能。与型砂相比,芯砂必须具有更高的强度、耐火性、透气性、退让性和溃散性。

造芯方法分为手工造芯和机器造芯。手工造芯时,主要采用芯盒造芯,如图1-6所示。它可以造出形状比较复杂的型芯。单件、小批量生产大中型回转体型芯时,可采用刮板造芯。



1—型芯; 2—芯盒; 3—定位销; 4—夹钳

图 1-6 芯盒造芯

在造芯过程中,应注意下列一些问题:

(1) 在型芯内开设通气孔和通气道。形状简单的型芯可以用通气针扎出通气孔;形状复杂的型芯可在型芯内放入蜡线,待烘干时蜡线被烧掉,从而形成通气道,如图1-7(a)、(b)所示。

(2) 在型芯里放置芯骨。芯骨是放入砂芯中用以加强或支持砂芯的金属架。尺寸较大的型芯,为了提高型芯的强度和便于吊运,常在型芯中安放芯骨和吊环,如图1-7(c)所示。小芯骨一般用铁丝制作,形状复杂的大芯骨由铸铁浇注而成。

(3) 烘干型芯。为进一步提高型芯的强度和透气性,型芯须在专用的烘干炉内烘干。粘土型芯烘干时加热温度为 $250\sim 350^{\circ}\text{C}$,保温 $3\sim 6\text{ h}$,然后缓慢冷却;油砂芯烘干温度为 $200\sim 220^{\circ}\text{C}$ 。

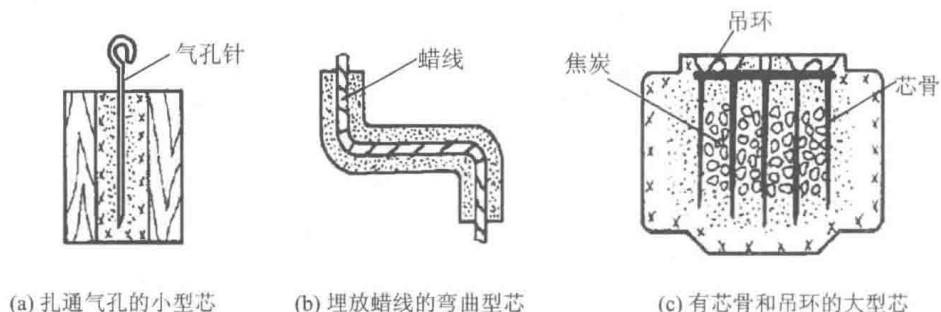


图 1-7 型芯的结构

1.3 铸造工艺

铸造生产中,首先要做的技术准备工作就是根据零件结构特点、技术要求、生产批量和现有生产条件等因素,进行铸造工艺分析,确定造型方法,选择铸造工艺方案,并绘制铸造工艺图。

1.3.1 铸造工艺方案的确定

1. 浇注位置的选择

浇注位置是指金属浇注时铸件在铸型中所处的空间位置。浇注位置的选择是否正确,对铸件质量影响很大。浇注位置的选择一般应考虑下列原则。

(1) 铸件的重要加工面和主要工作面应处于铸型的底面或侧面。因为铸件上表面出现砂眼、气孔、夹渣、缩孔等缺陷的可能性比下部要大,而且组织的致密程度也较差。如工艺上难于实现处于底面,也应尽量使其处于侧面,因侧面的缺陷也要比上表面少。图 1-8 所示为车床床身铸件的浇注位置方案,床身导轨面要求组织致密、耐磨损,不能存在缺陷,所以导轨面朝下是合理的。

(2) 铸件的大平面应朝下。若朝上放置,不仅易产生砂眼、气孔、夹渣等缺陷,而且高温金属液体使型腔上表面的型砂受强烈热辐射的作用急剧膨胀,产生开裂或拱起,进入液体内部,造成铸件夹砂缺陷。图 1-9 所示的平台大平面朝下放置是合理的。

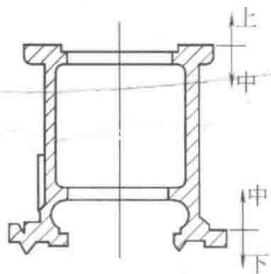


图 1-8 机床床身的浇注位置

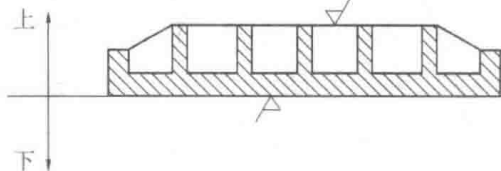


图 1-9 平台的浇注位置