

高等农林院校精品课程建设教材

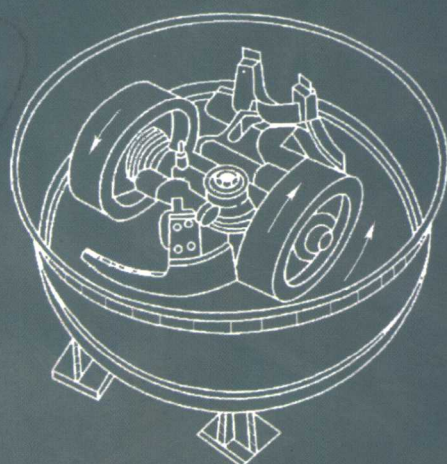
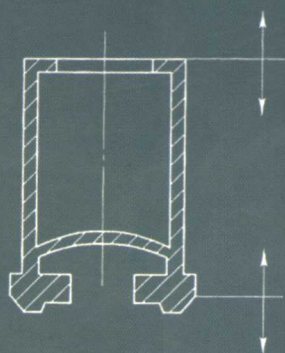
GAO DENG NONG LIN YUAN XIAO JING PIN KE CHENG JIAN SHE JIAO CAI

机械制造

JIXIEZHIZHAOGONGCHENGSHIJIAN

工程实践

孙维连 王泽河 主编



中国农业大学出版社

TH16/183

2007

高等农林院校精品课程建设教材

机械制造工程实践

孙维连 王泽河 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程实践/孙维连,王泽河主编. —北京:中国农业大学出版社,2007. 6

ISBN 978-7-81117-191-4

I. 机… II. ①孙… ②王… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 066967 号

书 名 机械制造工程实践

作 者 孙维连 王泽河 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 吴沛涛

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 10 印张 249 千字

印 数 1~4 000

定 价 14.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

前 言

“工程材料及机械制造基础”系列教材由《机械制造工程实践》(孙维连、王泽河主编)、《工程材料》(孙维连、魏凤兰主编)、《材料成形工艺基础》(申庆泰、聂信天主编)、《机械制造工艺基础》(刘存祥、康敏主编)等4册组成,是参照教育部机械基础课程教学指导分委员会《普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》的精神和有关院校编写的教材的基础上,结合作者多年来的教学经验编写的。

“工程材料及机械制造基础”是一门研究机器零件的常用材料和加工方法,从选择材料、制造毛坯,直到加工出零件的综合技术基础课。该课程的特点是理论教学与工程实践相结合。本系列教材根据大多数院校现行的教学课时安排,在保证传统基础教学知识的基础上,部分章节增加了新材料、新技术、新工艺等内容。各章前注明本章教学基本要求,便于学习时明确重点。“工程材料及机械制造基础”系列教材可作为机械类和非机械类本、专科学生的教学参考书,也可供有关工程技术人员参考。

《机械制造工程实践》教材的主要内容包含铸造、锻压、焊接、热处理、机械加工(车工、铣工、刨工、磨工)和钳工。本书按照普通高校机械制造实习教学基本要求,本着熟悉机械零件制造过程,掌握实际技能,培养实践和创新能力编写。本书编写结合实例,图文并茂,便于理解机械制造基本工艺,初步建立现代制造工程的概念。书中材料牌号、名词术语和单位采用国家最新标准。本书适合2~4周金工实习教学使用。

本书绪论、第1章、第2章、第3章、第4章、第5章由河北农业大学孙维连、王泽河、孙仁甫、夏玲编写,其中车工部分由内蒙古农业大学张雷编写,第6章由河南农业大学徐波编写。限于编者水平和时间仓促,错误和不妥之处恳切读者批评指正。

编 者

2007年1月28日

目 录

绪论	(1)
1 铸造	(3)
1.1 概述	(3)
1.2 砂型铸造	(4)
1.3 特种铸造	(16)
1.4 铸造合金的熔炼和浇注	(19)
1.5 铸件质量检验与常见缺陷分析	(21)
1.6 铸造技术的新发展	(22)
2 锻压	(25)
2.1 锻造	(25)
2.2 冲压	(38)
3 焊接	(41)
3.1 概述	(41)
3.2 焊接接头	(42)
3.3 焊接工艺与设备	(44)
3.4 焊接缺陷	(54)
3.5 焊接新技术简介	(55)
4 热处理	(58)
4.1 概述	(58)
4.2 钢的热处理工艺简介	(59)
4.3 热处理零件的质量检验	(63)
4.4 热处理设备	(64)
4.5 常用钢材和铸铁	(66)
5 机械加工	(70)
5.1 车工	(71)
5.2 铣工	(100)
5.3 刨工	(108)
5.4 磨工	(118)
6 钳工	(125)
6.1 概述	(125)
6.2 钳工常用设备及量具	(126)
6.3 划线	(131)
6.4 钳工加工及其工具	(134)
6.5 孔加工设备及加工方法	(139)

6.6 攻螺纹和套螺纹	(144)
6.7 钳工实习	(146)
6.8 刮削	(147)
6.9 机器的装配与拆卸	(149)
参考文献.....	(154)

绪 论

在现代科学技术中,机械制造技术在工业发展方面起着重要作用。数控技术的发展和应用,推动了机械制造业的飞跃发展,现代设计与制造的机械已经发展到机电液一体化阶段,具备了全新概念。全面了解机械制造技术现状与未来,必须从基本机械加工方法进行训练。

人类制造简单工具距今大约 100 万年前,根据使用目的制造的工具具有两面石器尖劈、杠杆、轮轴、斜面与螺旋等几类。随着工具数量的增加,制造技术也从打制、切割发展到磨制,还出现钻孔技术。我国石制和骨制的各种农具大约出现在公元前 6000 年。随着人类发现了金属,制造技术得到不断发展。公元前 11 世纪至公元前 771 年我国已经出现相当先进的两轮车,并掌握了青铜和生铁的冶铸技术,制造出青铜工具、武器和器皿。我国最早的一部有关手工制作技术著作“考工记”出现在公元前 475~221 年,书中记载了车轮、战车、兵器、生产工具的制造规范。公元 25~220 年的东汉时期,我国出现记里鼓车,车中有减速齿轮系;同一时期的指南车装有正齿轮、人字齿轮和棘轮。13 世纪我国出现了用水轮带动的捻麻纱机器;15~16 世纪人类开始用脚踏式车床制造零件。西方科学技术自 17 世纪开始得到迅速发展,1769 年英国出现了用水车作动力的镗床,1780 年莫兹利制成了第一台螺纹车床;18 世纪的工业革命促进了新型动力机械蒸汽机、新型作业机械包括纺织机和通用加工设备——机床的诞生;1818 年惠特尼制作了第一台卧式铣床。20 世纪 40 年代精密车床主轴回转精度已经达到 $1\text{ }\mu\text{m}$,直线度已经达到 $1\text{ }\mu\text{m}/100\text{ mm}$,坐标镗床和坐标磨床的定位精度为 $0.5\sim3\text{ }\mu\text{m}$,齿轮磨床可磨出 4 级精度齿轮。20 世纪 50 年代帕森斯研究出数控车床。1958 年美国卡尼-特莱克公司研制出带刀库的并自动换刀的加工中心。工业机器人诞生于 20 世纪 60 年代初,60 年代又推出了柔性制造系统。在切削加工方面,20 世纪初出现了高速钢刀具,把切削速度由 10 m/min 提高数倍,20 世纪 30 年代推出硬质合金刀具,切削速度提高到每分钟数百米。加工精度是机械制造质量最重要的指标之一,1850 年加工精度达到了 0.01 mm ,进入 20 世纪,由于千分尺的出现,加工精度开始向微米级过渡。随着计算机技术和微电子技术发展,目前的加工精度已经进入亚微米级。制造技术从简单工具开始,逐步发展到复杂机械的研制,对社会发展起到巨大推动作用,把人类从繁杂的体力劳动中解脱出来,提高了人类改造自然的能力,并带来了巨大的物质财富。

机械制造实习是机械类、近机械类专业的学生必修的实践课,以实践教学为主,结合生产,独立操作,完成简单零件加工,培养感性认识、质量意识、劳动观点、安全理念以及分析问题和解决问题的能力。目的是学习机械制造的基本工艺方法,完成工程基本训练,培养工程素质和创新精神。《机械制造工程实践》教材主要涉及的是机械零件加工方法,介绍了基础知识(加工设备原理与结构)、加工工艺和操作技能。全书分 6 章,系统介绍了铸造、锻压、焊接、热处理、

机械加工(车工、铣工、刨工、磨工)和钳工等方面内容。实习过程结合工种边学习理论、边实践操作,通过感性认识加深对机械的工作原理、结构特征、工艺顺序和规程、操作要领和安全生产等方面知识的理解和掌握,为今后学习机械类专业基础课和专业课打下良好基础。

本书内容是参照教育部机械基础课程教学指导分委员会《普通高等学校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求》编写的,适合机械类、非机械类本、专科生和从事机械制造方面工作的工程技术人员阅读。

1 铸 造

教学基本要求

机械类:

1. 基本知识

(1)熟悉铸造生产工艺过程、特点和应用。

(2)了解型砂、芯砂、造型、造芯、合型、熔炼、浇注、落砂、清理及常见铸造缺陷。熟悉铸件分型面的选择。掌握手工两箱造型(整模、分模、挖砂、活块等)的特点和应用。了解三箱造型及刮板造型的特点和应用。了解机器造型的特点和应用。

(3)了解常用特种铸造方法的特点和应用。

(4)了解铸造生产安全技术、环境保护,并能进行简单经济分析。

2. 基本技能 掌握手工两箱造型的操作技能,并能对铸件进行初步的工艺分析。

3. 创新训练 安排自主设计的创新训练。

非机械类:

(1)了解铸造生产工艺过程、特点和应用。

(2)了解砂型铸造工艺的主要内容,了解铸件分型面的选择。熟悉两箱造型(整模、分模、挖砂等)的特点和应用,能独立完成简单铸件的两箱造型。了解常见铸造缺陷,了解机器造型的特点和应用。

(3)了解常用特种铸造方法的特点和应用。

(4)了解铸造生产的环境保护及安全技术。

1.1 概述

铸造是将金属熔化并浇注到具有与零件形状相适应的铸型空腔中,待其冷却凝固后获得毛坯或零件的方法。铸造所得的毛坯与零件统称铸件,铸造后还需要加工者称毛坯,不需加工直接使用者称零件。

铸造方法分为两大类,即砂型铸造和特种铸造,其中砂型铸造应用最广泛。砂型铸造的生产过程主要包括制造模样和芯盒、配制型砂及芯砂、造型、造芯、合型、熔炼金属、浇注、落砂、清理及检验。图 1-1 所示为套筒铸件的砂型铸造过程示意图。对于型芯及大铸型,在合型前还需进行烘干。

特种铸造主要有熔模铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造等。

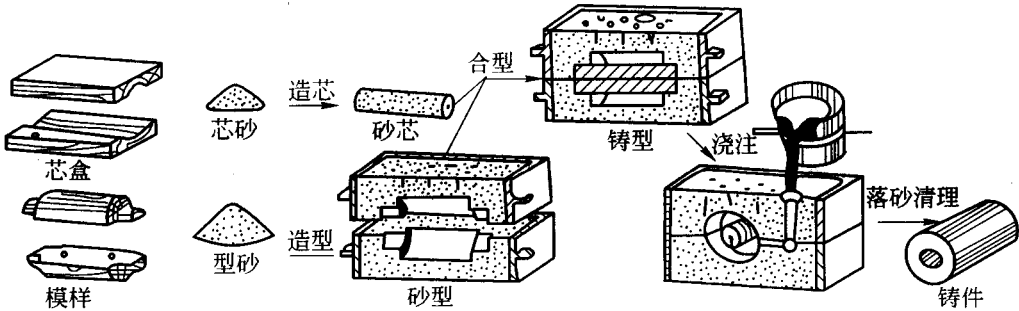


图 1-1 套筒铸件的砂型铸造过程

铸造的特点是金属在液态下成形,即熔化的液体金属在一定的压力下充满铸型而获得铸件。因此,铸造是制造各类机器零件与毛坯的主要方法。铸件所占比例见表 1-1。

表 1-1 各类机械中铸件的质量比

机械类别	铸件所占比例/%	机械类别	铸件所占比例/%
机床、内燃机、重型机器	70~90	农业机械	40~70
风机、压缩机	60~80	汽车	20~30
拖拉机	50~70		

铸造生产适应性广,几乎可以铸造各种合金、任何形状的零件;铸件的重量可轻至几克,重至数百吨,壁厚薄者只有 0.5 mm,厚者可达 100 cm 左右;铸造所用原材料来源广泛、生产设备简单、成本低廉。但铸造过程工序多,对铸件的质量较难精确控制,其力学性能一般不如锻件高,因此,凡承受载荷或交变载荷的重要受力件,目前很少使用铸件。

1.2 砂型铸造

砂型铸造是将液体金属浇入砂质铸型中,待铸件冷凝后,将铸型破坏取出铸件的方法。

1.2.1 造型(芯)材料

造型(芯)材料包括制造砂型的型砂和制造砂芯的芯砂,以及砂型和砂芯的表面涂料。

造型材料的性能,对造型和造芯工艺和铸件质量有很大影响。

1.2.1.1 型(芯)砂的组成

型(芯)砂的组成原料有砂、黏土、水、有机或无机黏结剂和其他附加物。

(1)砂:砂的主要成分是石英(SiO_2),砂中含 SiO_2 量愈高,杂质愈少,则砂耐火度愈高。同时砂粒大小、形状、均匀程度等对其使用性能都有很大影响。

(2)黏结剂:其作用是将砂粒粘结起来,从而使型砂具有一定强度和可塑性。常用的粘结剂有:黏土(湿型用膨润土,干型用普通黏土)和特殊粘结剂,如油脂、水玻璃、树脂等,其中油脂、树脂一般用做配制芯砂。

(3)附加物:为了改善型(芯)砂的某些特殊性能而加入一些附加物。如在湿型砂中加入煤

粉,可防止粘砂,提高铸件表面质量;在干型砂中加入一些木屑,可提高型砂的透气性和退让性。

1.2.1.2 对型(芯)砂的性能要求

型(芯)砂必须具备一定的铸造工艺性能,才能保证造型、造芯、起模、修型、下芯、合型、搬运等工序顺利进行,同时能使砂型承受高温金属液的冲刷与烘烤。铸件中有些缺陷往往与造型材料直接有关,如砂眼、夹砂、气孔、裂纹等,都是因为型(芯)砂某些性能达不到使用要求所致。因此,要求型(芯)砂应具备以下性能。

(1)强度:是指型砂、芯砂紧实后再受到外力时抵抗破坏的能力。强度低,则可能发生塌箱、冲砂等,会使铸件产生砂眼、夹砂等缺陷。强度太高,砂型太硬,透气性差,会使铸件产生气孔、内应力或裂纹等。

(2)透气性:是指型(芯)砂通过气体的能力。当高温金属液浇入型腔后,在铸型内产生的大量气体必须顺利地由砂粒间隙排出,否则铸件易产生气孔。

(3)耐火度:是指型(芯)砂在高温液态金属作用下不软化、不烧结的能力;否则,易粘砂,铸件清理困难,严重时使铸件成为废品。

(4)退让性:是指铸件在冷却收缩时,砂型和砂芯可被压缩而不阻碍铸件收缩的能力。退让性质,将造成铸件收缩受阻而产生较大内应力,从而引起变形或裂纹。

(5)可塑性:是指型砂在外力作用下变形后,当去除外力时恢复变形的能力。可塑性好的型砂容易变形,起模性能好。

在手工造型车间,上述性能一般都是靠经验判断。如图 1-2 所示,用手攥一把型砂,感到柔软、容易变形、不粘手,掰断时不粉碎,就说明型砂性能合格。在大规模生产车间内设有型砂实验室,用专门仪器测试型砂与芯砂性能。

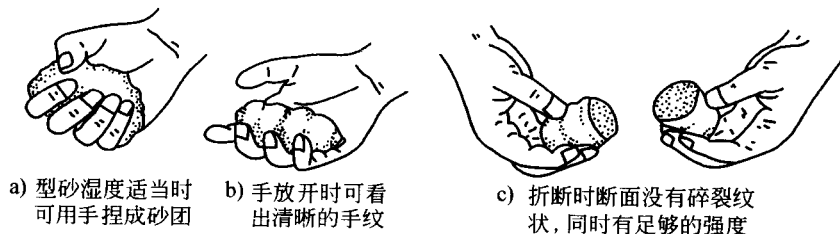


图 1-2 手攥法检验型砂性能示意图

1.2.1.3 型(芯)砂的制备

型(芯)砂按使用粘结剂不同,可分为:黏土砂、油砂、树脂砂、水玻璃砂等,其中应用最广泛的是黏土砂。黏土砂的混制过程是先将新砂或旧砂(经过筛去除杂物和团块)、黏土、附加物(煤粉等)按一定比例和顺序加入到混砂机内,经 2~3 min 碾压、揉搓混合后,再加入适量水混碾 5~7 min。在混碾中黏土和水形成黏土胶体,以薄膜形式覆盖在砂粒表面,使砂粒粘结起来,使型砂具有一定的强度和可塑性以及良好的透气性。如图 1-3 所示为黏土砂结构示意图。混好的黏土砂应堆放 4~5 h,使黏土水分均匀(也称调匀),使用前要进行过筛或用松砂机松散后再用。碾轮式混砂机如图 1-4 所示。

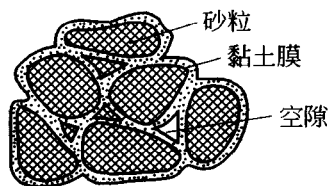


图 1-3 黏土砂结构示意图

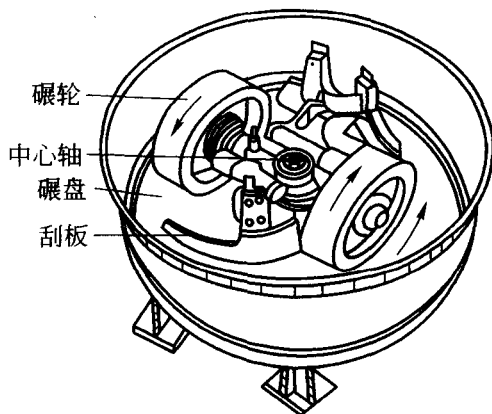


图 1-4 碾轮式混砂机

1.2.2 砂型铸造的工模具

1.2.2.1 模样和芯盒

模样用来形成铸型型腔，其形状应与铸件外形相似。

芯盒用来制造砂芯，砂芯形成铸件内腔，其形状应与铸件内腔相似。

模样与芯盒的材质，主要是木材，故常称木模；批量大时，也可以用金属模型。

制造模样和芯盒时，应合理地选择浇注位置和分型面，以便模样能够从铸型中取出。浇注位置是指铸件在铸型中按放的位置，分型面是指上砂型与下砂型的分界面。确定浇注位置和分型面的原则如下：

1. 确定浇注位置的原则

(1) 铸件上重要的工作面和加工面，浇注时应该朝下或置于侧面。因为铸件顶面的缺陷比下表面多，而且组织也不如下表面致密。图 1-5 为车床床身铸件的浇注位置，一般情况下，将导轨面朝下。

(2) 有大平面的铸件，浇注时应将大平面朝下，以避免大平面上产生夹砂缺陷。图 1-6 是平板铸件浇注位置。

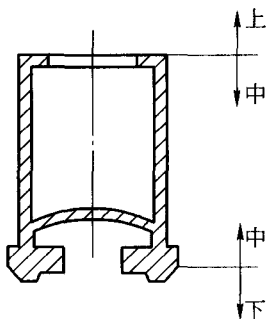


图 1-5 车床床身的浇注位置

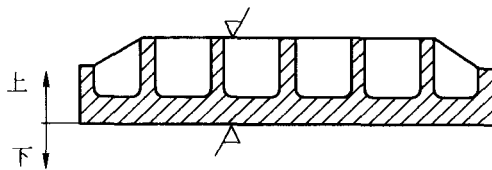


图 1-6 平板的浇注位置

(3) 尽量减少芯子的数量。图 1-7 为车床床腿两种浇注位置方案。b) 方案的中间空腔用砂胎来形成, 可减少造芯和下芯工作量。

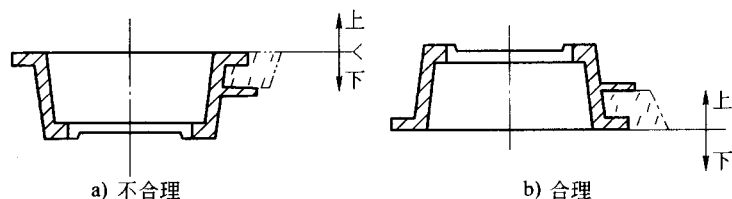


图 1-7 车床床腿两种浇注位置

2. 确定分型面的原则

- (1) 尽量把铸件放在一个砂箱内, 而且尽可能放在下箱, 以减少错箱和提高铸件精度。
- (2) 机器造型时不允许用 3 个砂箱造型(有 2 个分型面)和带活块的造型。
- (3) 分型面应尽量选取在铸件最大截面处, 以便造型。

图 1-8 所示为双联齿轮手工造型的 3 种分型方案, 双联齿轮的形状为两端截面大, 中间截面小, 显然, 采用 a) 方案的分型面处在铸件最小截面, 不能起模; 而采用 b) 及 c) 方案的部位均与铸件的两个最大截面重合, 均可起模; 但采用 b) 方案使铸件形体位于上、中两箱中, 易产生错箱, 而 c) 方案使铸件形体全部位于中箱中, 不会因上箱、中箱错箱影响铸件形状位置精度。

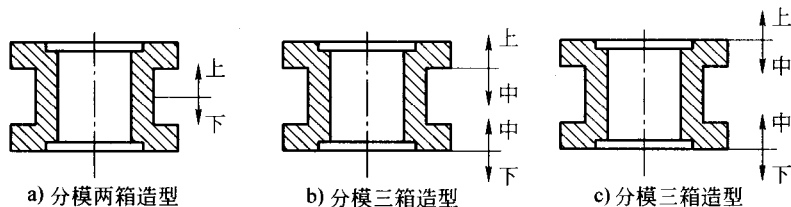


图 1-8 双联齿轮坯铸件的分型面选择

1.2.2.2 造型工具及辅具

造型工具及辅具见图 1-9。

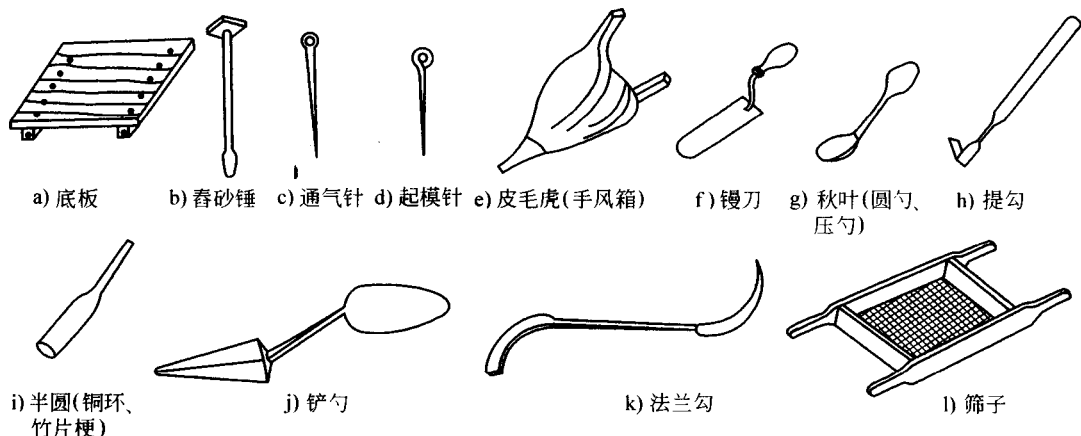


图 1-9 手工造型工具

1.2.3 造型方法

造型是砂型铸造中重要的工艺过程。造型方法主要有手工造型和机器造型两大类。

1.2.3.1 手工造型法

全部用手工或手动工具完成的造型工序称为手工造型。手工造型工艺简单,操作方便但劳动强度大,生产率低,适用于单件、小批量生产。常用的手工造型方法按模样的特征分有:整模造型、分模造型、挖砂造型、活块造型等;按砂箱的特征分有:两箱造型、三箱造型、刮板造型、脱箱造型、地坑造型等。常用的手工造型方法介绍如下:

1. 整模造型 当零件外形的最大截面在顶端,而其余截面沿起模方向递减时,可选端面作分型面,将模样做成整体并进行造型,称为整模造型,其造型工艺如图 1-10 所示。

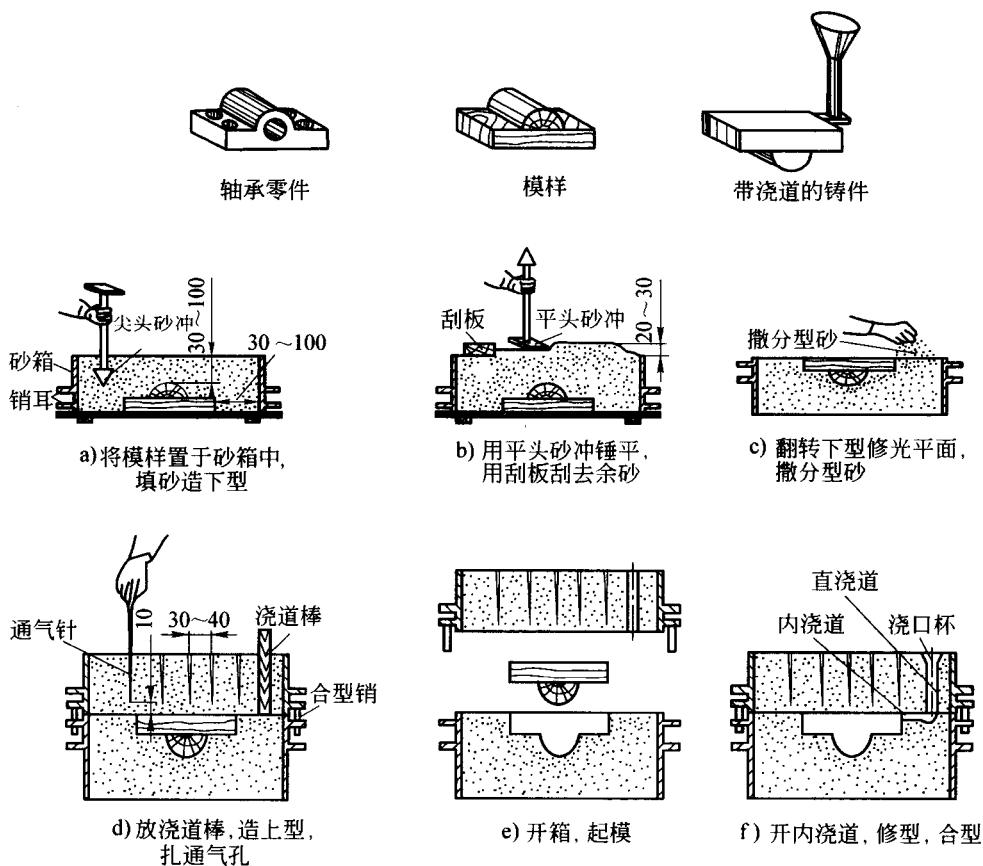


图 1-10 轴承铸件的整模造型过程

整模造型时,模样轮廓全部位于一个砂型中,分型面为平面,操作简便,可避免错箱等缺陷,利于保证铸件的形状和相互位置精度。适用于外形轮廓顶端为最大截面的铸件,如床脚、轴承盖、罩壳等。

2. 分模造型 当铸件外形的最大截面居中,而其余截面分别往两端递减时,可由最大截面分型,同时将模样也沿此面分成两半(不一定是对称的两半),用分开的模样进行造型,称为分模造型,其造型过程如图 1-11 所示。

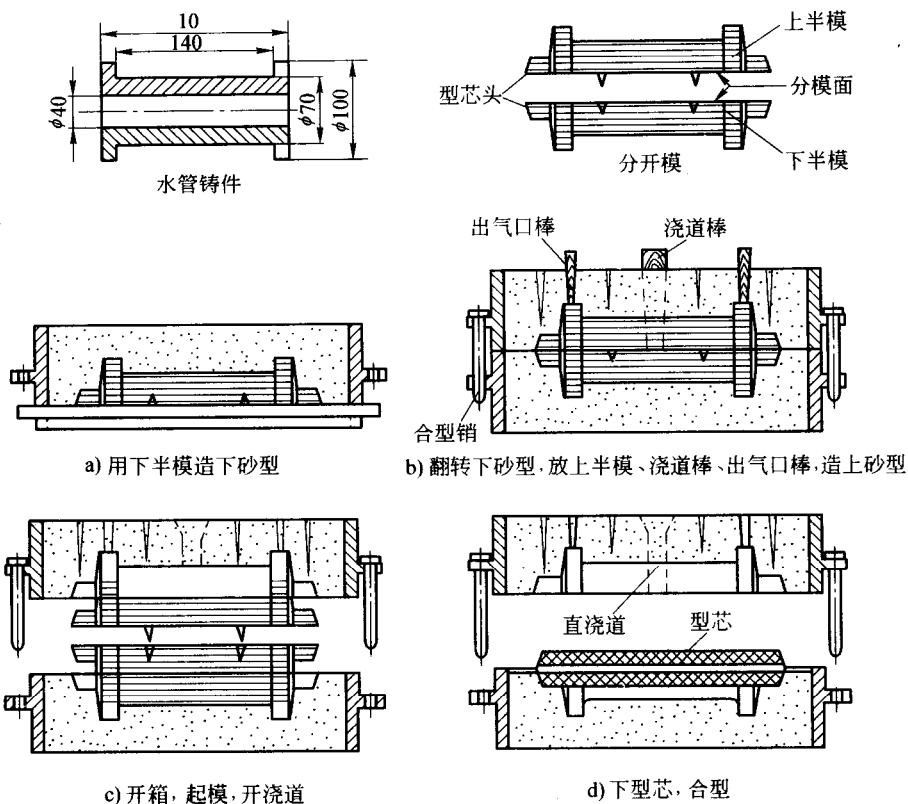


图 1-11 分模造型过程

分模造型的分模面与分型面重合,起模操作方便,便于设置浇注系统,广泛用于形状较复杂、带孔腔的铸件,如水管、箱体、曲轴、缸体等。分模造型时铸件形状在两半个砂型中形成,为了防止错箱,要求上、下砂型合型准确。

3. 挖砂造型 当铸件的最大截面不在一端,而模样又不便分模时(如分模的模样太薄,或分模面是曲面等),则只能将模样做成整模,造型时挖掉妨碍起模的型砂,形成曲面的分型面,称为挖砂造型。其造型过程如图 1-12 所示。

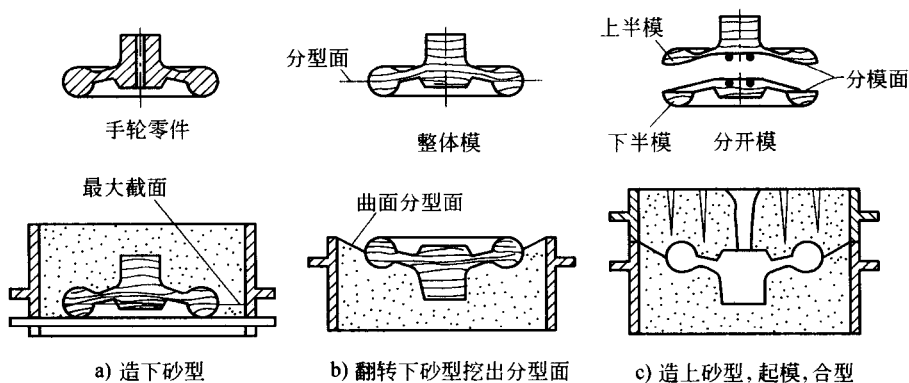


图 1-12 手轮的挖砂造型

挖砂造型时,若不能准确挖到模样的最大截面,会使铸件在分型面处产生毛刺,影响外形美观和尺寸精度。由于挖砂造型时,每造一型需挖砂一次,因此生产率低,且要求操作者技术水平高,故这种方法仅适用于单件、小批量生产。

对于批量较大的这类铸件,为克服挖砂造型的缺点,可利用预先准备好的半个铸型,以简化造型操作,即假箱造型。预先准备好的半个铸型称为假箱,其上承托模样,可供造另半型,但不用来组成铸型。如图 1-13 所示。假箱造型提高了造型效率,适用于大批量生产需要挖砂造型的形状复杂的铸件。当批量更大时,可用金属或木材制成模底板代替假箱,见图 1-14。

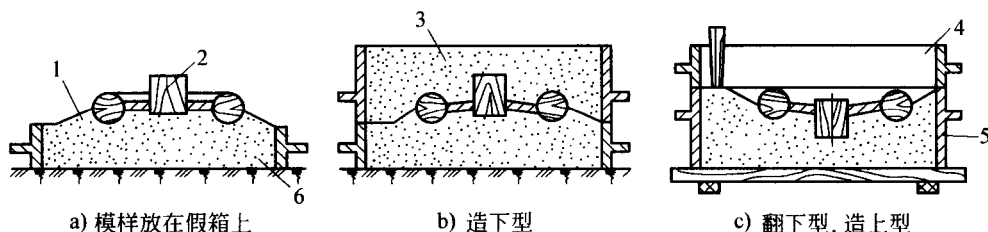


图 1-13 手轮的假箱造型

1. 分型面(曲面) 2. 模样 3、5. 下型 4. 上型 6. 假箱

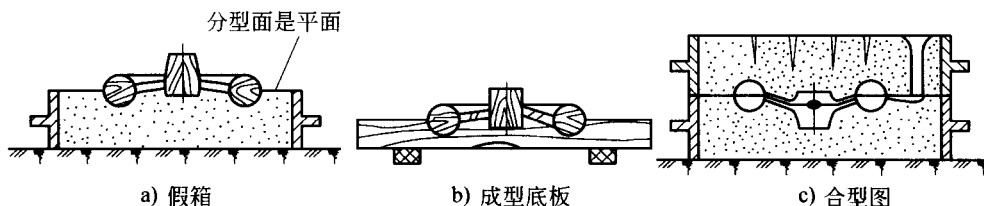


图 1-14 假箱和成型底板

4. 活块造型 铸件上妨碍起模的凸台、肋、耳等,常称为活块。活块用销子或燕尾与主体模样连接,造型时先取出模样主体,然后再从侧面将活块取出。采用带有活块的模样进行造型的方法,称为活块造型。活块造型过程如图 1-15 所示。

由图 1-15d) 可看出,活块的厚度 A 应小于模样的厚度 B 。如果 $A=B$ 或 $A>B$,便不能取出活块。这时必须用型芯代替活块,如图 1-16 所示。活块造型操作麻烦,生产率低;还由于活块位置容易移动,影响铸件精度;同时活块造型对工人的技术水平要求较高,因此,此法只适用于单件、小批量生产。

5. 三箱造型 当铸件两端的截面大而中间截面小时,采用一个大端作分型面时,模样无法取出。此时可以将两端大截面作为 2 个分型面,模样在中间的小截面处分开,用 3 个砂箱造型。这种 2 个分型面,3 个砂箱制造铸型的过程称为三箱造型,见图 1-17。

三箱造型时,中箱的高度应与模样的高度基本一致,中箱的上、下面都是分型面:要求光滑平整,能顺利起模。与两箱造型相比,三箱造型分型面数量增加,砂箱易相互错移而影响铸件精度,且操作较复杂,生产效率低,一般用于单件、小批量生产。当成批大量生产或用机器造型时,可用增加型芯将三箱造型改成两箱造型,如图 1-18 所示。

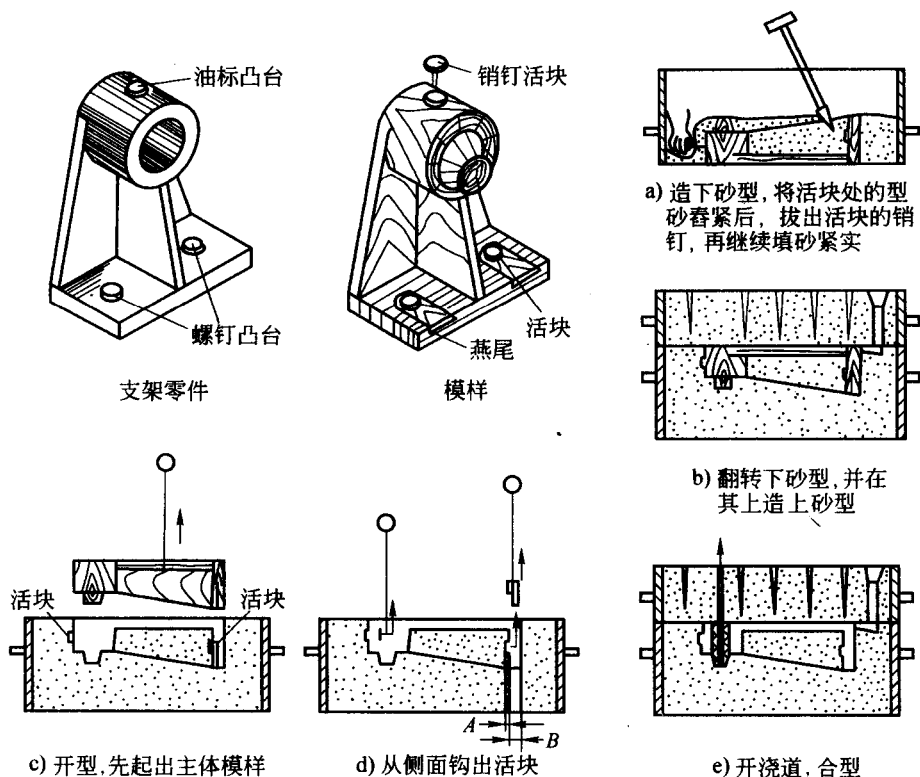


图 1-15 活块造型过程

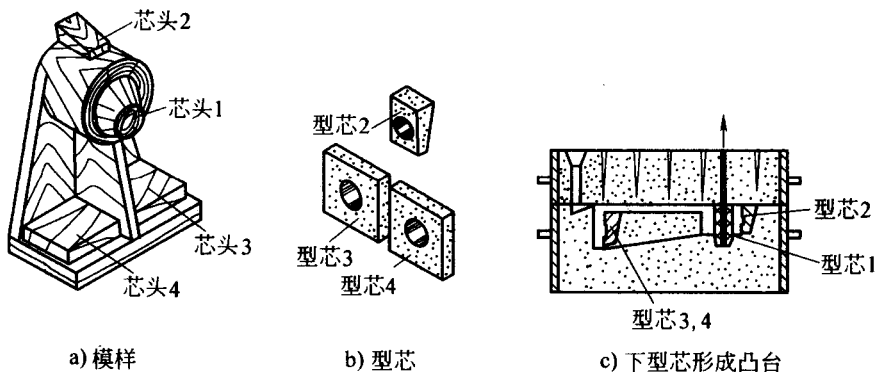


图 1-16 用型芯取代活块

6. 刮板造型 指不用模样而用刮板操作的造型和造芯方法。刮板造型分为绕轴线(称为车板)和沿导轨往复移动两种,其刮板形状及造型过程如图 1-19 及图 1-20 所示。

刮板造型能节省模样材料和模样加工工时,但操作费时,生产率低,要求操作技术水平高,由于全靠手工修出型腔轮廓,所得到的铸件形状、尺寸精度较低。多用于单件、小批量生产,尤其是旋转体铸件的生产。