



金属工艺学(2) 热加工工艺基础

●张亮峰/王厚生 主编

●罗胜余 主审

湖南科学技术出版社

前 言

本书是根据国家教委对机械类专业《金属工艺学课程教学基本要求》和1994年长沙“9·18”会议精神编写的。与本书配套使用出版的教材有《机械工程材料》(高为国、肖智清主编)、《机械加工工艺基础》(许良琼、何鹤林主编)。

本书共有四章,包括铸造、锻压、焊接和机械零件毛坯的选择。编写特点如下:

- 1、本书内容少而精,对传统的教学内容进行了必要的调整和增删。
- 2、侧重应用理论和应用技术,强调知识的应用性和理论联系实际。书中始终以贯彻毛坯或零件生产的质量、效率和成本为主线,结合生产实际举例,并在各章末尾附有习题。
- 3、认真贯彻和使用法定计量单位。书中的技术用语、技术条件、工艺参数及图表、材料的牌号、型号及规格等均采用最新国家标准。

本书为大、中专学校机械类和近机械类专业教材;亦可作为开设本课程的其它专业选用教材;还可供电大、职大、函大、电视中专、职业中专等同专业用书。此外,也可作为有关工程技术人员的参考书籍。

参加本书编写工作的有(按姓氏笔划):王厚生、任丕顺、刘金武、张亮峰、周世生。其中第一章铸造由王厚生、周世生、任丕顺编写;绪论和第二章锻压由张亮峰编写;第三章焊接由刘金武编写;第四章典型零件的毛坯选择由王厚生和任丕顺编写。本书由张亮峰、王厚生主编。

本书承长沙工业高等专科学校罗胜余副教授担任主审工作。全书由张亮峰、王厚生、罗胜余总纂与定稿。

湘潭机电高等专科学校朱正心副校长、丁树模教授,湖南大学衡阳分校郭义荣副教授,湖南机械工业学校郭奕捷老师、陈定乾老师,湖南农业机械化学学校邓爱德老师等,对本书的编写提出了许多指导性的意见并给予了大力支持,在此,表示衷心感谢。

在整个编写过程中,我们参阅了以前各种版本的同类教材及有关资料、技术标准,在此恕不一一列举,谨致以衷心的感谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,疏漏谬误之处,敬望读者批评指正。

编 者

1995年6月

内 容 简 介

此次出版的《金属工艺学》全套教程是根据国家教委对机械类专业《金属工艺学》课程应达到的教学基本要求而编写的。内容包括《机械工程材料》、《热加工工艺基础》和《机械加工工艺基础》三大部分,作为三个分册出版,以适应各类学校用书内容选择的灵活性和方便性。

本书作为金属工艺学的第二分册,内容主要介绍:铸造、锻压、焊接和机械零件毛坯的选择四个部分。

本书编写文字简练、流畅;重点突出、层次分明;注重加强应用技术,强调知识的应用性、针对性和理论联系实际;选图清晰,具有代表性和直观性;贯彻最新国家标准。

本书为大、中专学校机械类和近机械类专业教材;也可供电大、职大、函大、电视中专和职业中专等同专业选用;还可作为有关工程技术人员参考书籍。

目 录

绪论	(1)	一、金属的塑性变形	(50)
第一章 铸 造		二、塑性变形对金属组织和性能的影响	(51)
§ 1-1 砂型铸造	(3)	三、金属的锻造性能	(53)
一、造型材料	(3)	§ 2-2 自由锻	(56)
二、造型方法	(5)	一、自由锻设备	(56)
§ 1-2 合金的铸造性能	(9)	二、自由锻的工序	(58)
一、合金的流动性	(9)	三、自由锻工艺规程的制定	(58)
二、合金的收缩	(10)	四、自由锻零件结构工艺性	(65)
三、合金的偏析和吸气性	(14)	五、锻件的缺陷及检验	(65)
§ 1-3 铸造工艺图	(15)	§ 2-3 模锻	(67)
一、浇注位置的选择	(15)	一、锤上模锻	(67)
二、铸型分型面选择原则	(16)	二、胎模锻	(72)
三、工艺参数的确定	(17)	三、压力机上模锻	(73)
四、铸造工艺图的绘制	(19)	§ 2-4 板料冲压	(77)
§ 1-4 常用合金铸件的生产	(21)	一、冲压设备	(77)
一、铸铁件生产	(21)	二、冲裁	(77)
二、铸钢件生产	(25)	三、弯曲	(80)
三、铜、铝铸造合金件生产	(27)	四、拉深	(81)
四、铸件的质量及检验	(29)	五、其它成形工艺	(82)
§ 1-5 铸件的结构设计	(31)	六、冲压件生产举例	(82)
一、铸造工艺对铸件结构的要求	(31)	七、冲压件的结构工艺性	(83)
二、合金铸造性能对铸件结构的要求	(35)	§ 2-5 其它压力加工方法简介	(85)
三、组合铸件的应用	(39)	一、精密模锻	(85)
§ 1-6 其它铸造方法	(40)	二、高速锤锻造	(85)
一、金属型铸造	(40)	三、零件的轧制	(86)
二、压力铸造	(42)	四、零件的挤压	(86)
三、离心铸造	(44)	习题	(88)
四、熔模铸造	(45)		
习题	(46)	第三章 焊 接	
第二章 锻 压		§ 3-1 手工电弧焊	(92)
§ 2-1 锻压成形的基本原理	(50)	一、焊接电弧	(92)
		二、手弧焊冶金过程特点	(93)

三、焊条	(94)	三、焊接接头的选择	(119)
四、焊接接头的组织与性能	(98)	四、焊缝布置原则	(121)
五、焊接应力与变形	(99)	五、焊接结构设计举例	(123)
六、焊接质量检验	(103)	习题	(126)
§ 3-2 其它焊接方法	(104)		
一、埋弧焊	(104)	第四章 典型零件的毛坯选择	
二、气体保护电弧焊	(105)	§ 4-1 毛坯的类型及其制造方法的比较	(130)
三、电渣焊	(107)		
四、气焊与气割	(108)	§ 4-2 毛坯的生产成本分析	(130)
五、等离子弧焊与切割	(110)	一、铸件的生产成本	(130)
六、激光焊	(111)	二、锻件的生产成本	(133)
七、压焊	(111)	三、冲压件的生产成本	(134)
八、钎焊	(113)	§ 4-3 毛坯选择的原则	(136)
§ 3-3 常用金属材料的焊接	(114)	一、毛坯选择的原则	(136)
一、金属材料的焊接性	(114)	二、毛坯选择的依据	(137)
二、碳钢及合金钢的焊接	(114)	§ 4-4 典型零件的毛坯选择	(138)
三、铸铁的焊补	(116)	一、轴类零件的毛坯选择	(138)
四、有色金属的焊接	(116)	二、盘类零件的毛坯选择	(140)
§ 3-4 焊接结构设计	(117)	三、箱体类零件的毛坯选择	(143)
一、焊接结构材料的选择	(118)	习题	(144)
二、焊接方法的选择	(118)		

绪 论

在机械制造工业中,从金属材料到制造成机械产品,要经过许多加工过程。如原材料的准备、毛坯制造、零件的机械加工、装配调试和油漆包装等。其中毛坯制造包括铸造、锻压、焊接等,统称为热加工工艺。铸造、锻压和焊接等不仅可以为制造机械零件提供毛坯,而且可以直接提供装配用的零件。但是,目前大多数机械零件还是先制造毛坯,再经过切削加工而获得的。可以说,铸造、锻压和焊接等热加工工艺是现代机械制造工业中不可缺少的重要生产环节。

翻开世界机械制造发展史,铸造、锻压和焊接等热加工工艺技术的应用已有几千年的历史。

我国是世界上应用铸造技术最早的国家。早在三千多年前的商代(公元前 1562—1066 年)就有了高度发达的铸造青铜技术。在河南安阳出土的青铜司母戊大方鼎,是 3000 多年前的商朝冶铸的。这个大方鼎重达 876Kg,鼎四周铸有精美细致的花纹,真可谓巧夺天工。在陕西临潼秦始皇陵出土的大型彩绘铜车马,工艺精致、形态逼真,反映了 2000 多年前秦朝精湛的冶铸技术。

我国也是世界上应用锻造技术较早的国家。在 3000 多年前商朝我国就掌握了锻造和锻接技术。如河北藁城出土的商朝铁刃铜钺,就是一证。到了 2500 年前的春秋时期,锻造和热处理技术已普遍应用于制剑中。

我国还是世界上应用焊接技术最早的国家之一。在河南辉县战国墓中出土的铜器上,其本体、耳、足等都是用锡焊和银焊连接的。到了唐朝(约公元 7 世纪)锡焊技术已普遍应用,而欧洲直到 17 世纪才出现这种焊接方法。

在我国明朝科学家宋应星所著的《天工开物》一书中,就载有冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、焊接、淬火等多种金属成形和加工方法。它是世界上最早的有关金属加工工艺的科学著作之一。这充分反映了我国劳动人民在金属加工工艺方面所作的巨大贡献。

只是到了近代,由于封建制度的日益腐败,特别是解放前百余年间外国的侵略和清朝统治阶级的愚昧反动,才使我国科学技术的发展曾处于停滞不前和极端落后的状态。

中华人民共和国成立后,我国的机械制造业得到了迅速的发展,全国各地相继建立了大规模的工业生产基地,如汽车、拖拉机、机床、仪表、飞机、船舶、重型机械等工业基地,为农业、工业、国际、交通和科学研究提供了大量必需的机械和设备,有力地促进了国民经济的发展。

铸造、锻压和焊接等热加工技术作为机械制造中毛坯生产的重要手段,也得以飞速发展,并取得了辉煌的成就。除继承了我国祖先传统的工艺技术外,还掌握并发展了许多先进的加工工艺,如精密铸造、壳型铸造、压力铸造、精密模锻、高速锤锻造、电子束焊和激光焊等。总之,随着现代科学技术的进步,我国这一古老而又成熟的热加工工艺将更加发展,跨入世界先进行列。

“热加工工艺基础”是机械类专业必修的一门为工艺为主的综合性技术基础课。通过本课程的学习使学生基本掌握常用热加工工艺和冷冲压工艺的基础知识,为学习其它有关课程和

将来从事生产技术工作准备必要的基础。

学习本课程的基本要求是：

- 1) 初步掌握各种加工方法的实质,工艺特点和应用范围。了解影响产品质量的因素。
- 2) 熟悉毛坯或零件的结构工艺性,并具有初步设计毛坯或零件结构的能力。
- 3) 具有选择简单毛坯或零件的加工方法和制订工艺规程的能力。
- 4) 了解各种常用加工方法所用主要设备、工具的基本工作原理和使用范围。

本课程内容涉及的知识面较广,实践性较强,学生在学习时,应理论联系实际,以巩固所学的知识。

第一章 铸 造

将熔炼的熔融金属浇入制造好的铸型中,凝固后,获得一定形状和性能铸件的成形方法称为铸造。

铸造是历史最为悠久的金属成形方法,直至今天,仍然是毛坯生产的基本方法。铸件之所以被广泛应用,是因为铸造与其它金属成形方法相比,具有以下一些特点:

1. 可以铸造出形状十分复杂,特别是具有复杂内腔的铸件。如发动机机体、机床箱体和床身、燃气轮机的涡轮片以及工艺品等。

2. 适应性广。工业中常用的各种合金,各种尺寸、形状、重量和批量的铸件均可生产。如铸件的材料可用铸铁、碳钢、合金钢,也可用铝合金和铜合金等。铸件重量可由几克到几百吨,壁厚可由 0.5mm 到 1m 以上。

3. 成本低。铸造用原材料来源广泛,价格低廉,并可回收利用报废的铸件、废钢、切屑等废旧金属材料重新熔炼。此外,铸造生产不需要复杂、精密的设备,故投资少,见效快。

4. 铸件的尺寸和形状与零件非常接近,机械加工余量较小,因而节约金属材料,减少了切削加工的工作量。

但铸造生产目前还存在若干较难解决的问题:铸件在浇注、凝固及固态冷却过程中,常常会产一些缺陷,如晶粒粗大、气孔、缩孔、缩松和夹渣等,因而影响了铸件的力学性能,尤其是承受冲击载荷的能力差。此外,铸造生产工序繁多,工艺过程难以准确控制,导致铸件质量不够稳定,废品率较高;工人劳动条件差,劳动强度大;环境污染较严重等。但随着现代铸造技术的不断发展,这些缺点正在逐步地得到改善。

由于铸造生产有着许多优点,在工业生产中应用十分广泛,在各类机器产品中,铸件所占的比重很大,如机床、发动机中,铸件占总重量的 70~90%;风机、压缩机中铸件占总重量的 60~80%;农业机械中占 40~70%。

铸造生产的方法很多,有砂型铸造、金属型铸造、压力铸造、离心铸造、熔模铸造、壳型铸造、低压铸造和陶瓷型铸造等。其中砂型铸造是最基本的铸造方法,应用最为广泛。

§ 1-1 砂型铸造

砂型铸造的基本工艺过程如图 1-1 所示。其中,造型和造芯是砂型铸造中重要的生产环节之一,它直接影响到铸件的质量和成本。

一、造型材料

凡是用来制造铸型或型芯的材料统称为造型材料。砂型铸造的造型材料包括型砂、芯砂和涂料等。合理的选用和配制造型材料,对提高铸件的质量,降低生产成本,减少材料浪费及提高

生产效率等具有十分重要的意义。

型砂是由砂、粘结剂、附加物和水等组成。型(芯)砂中主要成分是砂,一般采用石英砂(SiO_2),也有使用铬矿砂、镁砂及锆砂等性能优良的特种砂。粘结剂一般用粘土和膨润土,也使

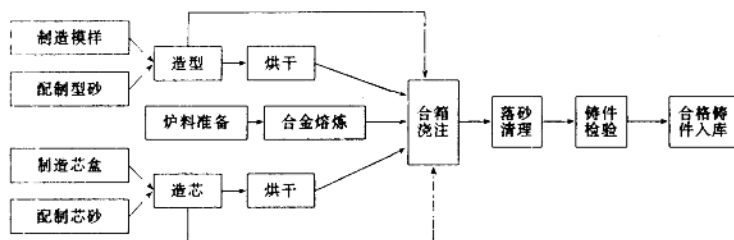


图 1-1 砂型铸造基本工艺过程

用水玻璃、植物油、合脂及树脂等。为了改善型(芯)砂的某些性能,如提高型砂的耐火性和透气性,防止粘砂和粘模,需在型砂中加入适量的附加物(如木屑、煤粉等),此外,还需加入适量的水。根据铸造工艺要求,将上述材料按一定比例,配制符合造型和造芯要求的型(芯)砂。

型(芯)砂应具备的主要性能要求有:

1. 可塑性 型(芯)砂的可塑性是指在外力作用下,容易获得清晰的模样轮廓,外力去除后,仍能保持其形状的性能。

可塑性与含水量、粘结剂的化学成分及含量有关,在一定的范围内,随着水和粘结剂含量的增加,其可塑性也增加。

2. 型砂强度 型砂强度是指型(芯)砂抵抗外力破坏的能力。它包括湿强度、干强度、热强度等。砂型和型芯在制造、搬运和浇注时,应能承受一定重力、震动和金属液的冲击等而不损坏。型砂的强度不足时,会造成塌箱、冲砂和砂眼等缺陷。

型砂的强度随粘土含量和铸型紧实度的增加而增加,砂子的粒度愈细,型砂强度愈高。型砂的含水量对强度也有较大的影响,过多过少都会使强度变低。

3. 透气性 型(芯)砂具有空隙能使气体通过的性能称为透气性。浇注时铸型和型芯在高温液态金属作用下会产生大量气体(如型砂中的水分蒸发,有机物的燃烧等),而液体金属内部也会析出一些气体。若型砂的透气性差,部分气体将滞留在金属内部不能排出,铸件凝固后就会形成气孔。严重时还会使金属液飞溅或引起爆炸(打炮)。

型砂的颗粒愈粗、均匀、呈圆形,粘土和煤粉加入量少,铸型紧实度低,则透气性提高。反之,透气性降低。型砂含水量过少时,粘土不能充分被润湿,使一部分粘土粘附在砂粒表面,一部分堵塞在砂粒孔隙之中,阻碍了通气;但当水分过量时又直接堵塞了孔隙,而使透气性降低。

4. 耐火性 型(芯)砂在高温金属液的作用下不软化,不熔化的性能称之为耐火性。型砂的耐火性不足时,砂粒将被烧融而粘在铸件表面上,形成一层难以清除的粘砂层,使切削加工时刀具很快磨损,粘砂严重时会使铸件报废。

影响耐火性的因素有:原砂的化学成分、形状、颗粒大小及粘结剂的种类等。原砂中二氧化硅含量高、杂质少,则耐火性好,圆形粗颗粒砂的耐火性好。为弥补型砂耐火性不足,可采用防粘砂材料,如在湿型砂中混入少量煤粉,或在铸型表面上涂刷一层石墨涂料,这些碳质材料所

产生的还原性气体可有效地防止铸件表面粘砂。

5. 退让性 型(芯)砂具有随着铸件的冷却收缩而被压缩其体积的性能称为退让性。型砂退让性差时铸件收缩受阻,易产生应力、变形、甚至裂纹。

浇注后,型砂的高温强度越低,其退让性越好,铸件收缩时受到的机械阻力越小。型砂的高温强度与粘结剂的种类和含量、附加物、紧实度等因素有关。用粘土作粘结剂时,由于粘土在高温时发生烧结,强度进一步提高,故其退让性差。为提高型(芯)砂的退让性,除改用其它粘结剂(如植物油、树脂等)外,还可在干型砂中加入少量的木屑等附加物,以增加砂粒间的孔隙,提高其退让性。

此外,还须考虑型(芯)砂的溃散性、发气性和落砂性等。溃散性良好的型砂,便于重新使用,型砂耗费量低;发气性低的型(芯)砂,浇注时自身产生的气体少,铸件不易产生气孔;落砂性好的型砂,浇注冷却后残留强度低,铸件易于清理。

二、造型方法

造型通常分为手工造型和机器造型两大类。手工造型主要用于单件小批生产。特别是大型和形状复杂的铸件生产;机器造型则主要适用于大批量生产中。

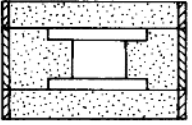
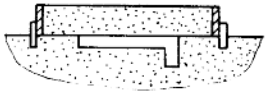
(一) 手工造型

手工造型是指全部用手工或手动工具完成的造型工序。手工造型操作灵活,适应性强,成本低,生产准备时间短。但铸件质量不稳定,生产效率低,劳动强度大,工人的技术水平要求较高。

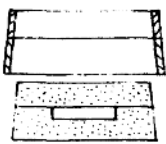
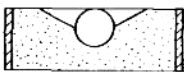
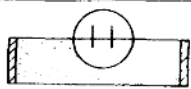
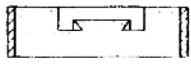
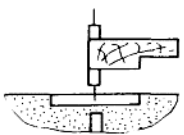
实际生产中,根据铸件的尺寸、形状、生产批量、使用要求及生产条件的不同,可选用不同的手工造型方法。合理地选择造型方法,是获得合格铸件,减少制模和造型工作量,降低生产成本和缩短生产周期的关键。

表 1-1 所示为各种手工造型方法的特点及其适用范围。

表 1-1 各种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
按 砂 箱 特 征 分	两箱造型		铸型由成对的上箱和下箱组成。操作方便	为最基本的造型方法。适用于各种批量,大小铸件
	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的铸件的单件、小批生产
	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,减少了砂箱的投资。但造型费工,且要求工人技术较高	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

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		它是采用可拆或带有斜度的砂箱来造型,在铸型合箱后将砂箱脱出,重新用于造型。所以一个砂箱可制出许多铸型。为防止浇注时铸型错箱,须用型砂将铸型周围填紧,或在铸型上加一箱套	常用于生产小铸件。因砂箱无箱带,所以砂箱小于 $400 \times 400\text{mm}$
	整模造型		其模型为一整体,分型面为平面,铸型型腔全部在半个铸型内。其造型简单,铸件不会产生错箱缺陷	适用于铸件量大截面靠一端,且为平面的铸件
	挖砂造型		模型虽然是整体的 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。其造型费工、生产率低	用于单件、小批生产,其分型面不是平面的铸件
	假箱造型		为克服挖砂造型的缺点,在造型前预先作出底胎代替底板(即假箱)。尔后,再在底胎上作下箱。由于底胎并未参加浇注,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
	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。其造型简便,节省工时	常用于最大截面在中部或圆形的铸件
	活块造型		铸件上有妨碍起模的小凸台、筋条等,制模时将这些做成活动部分。起模时先起出主体模型,再从侧面取出活块。其造型费时,要求工人技术水平高,且铸件精度差	主要用于单件、小批生产带有凸出部分、难以起模的铸件
按模型特征分	刮板造型		用刮板代替木模造型。它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,要求工人技术水平高	用于有等截面或回转体的大、中型铸件,适于单件、小批生产

(二) 机器造型

机器造型是指用机器全部地完成或至少完成紧砂操作的造型工序。机器造型时,由于型砂的紧实和起模等操作过程均由造型机的机械动作完成,因此不但改善了工人的劳动条件,而且具有生产率高、铸件尺寸精度高、表面质量好、加工余量小、生产总成本低和铸件质量稳定等特点。

1. 型砂的紧实方法

机器造型常用的紧实方法有压实紧实、震击紧实、震压紧实、抛砂和射砂紧实等几种型式,

其中以震压紧实应用最广。

常用的震压式造型机工作原理如图 1-2 所示。首先将型砂装满砂箱,然后使压缩空气经工作台(连同震击活塞 4)的通道进入震击活塞 4 内,再通过压实活塞 5 中的通道到达震击气缸内(图 1-2a)。由于压缩空气的压力使震击活塞上升,待升到出气孔位置,震击气缸与大气相通(图 1-2b),因而压力突然降低,带着砂箱的工作台下落,完成了一次振动。如此反复多次振动,便将型砂紧实。为提高砂箱上层型砂的紧实度,在震实后,还要进行辅助压实,如图 1-2c)所示。先将压头 1 转到砂箱上方,然后使压缩空气进入压实气缸 6 的下部,使压实活塞 5 带动工作台上升,当型砂触及上面的压头 1 后,型砂便被压实。压实終了,压实活塞退回原位,压

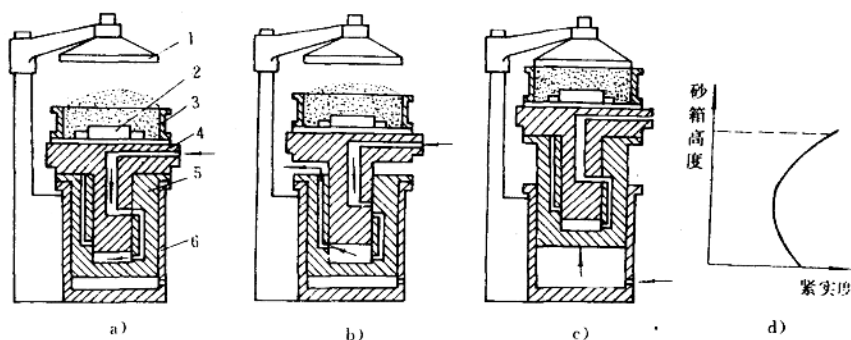


图 1-2 震压式造型机紧砂过程示意图

头也被转到一边。震压后砂型的紧实度分布如图 1-2d)所示。

震压紧实可使型砂的紧实度分布较为均匀,且生产率较高,它是生产中、小型铸件的基本方法。

抛砂紧实是利用抛砂机中高速旋转的叶片,将输送带输入的型砂在机头内初步紧实,然后在离心力作用下,使型砂呈团絮状并被高速抛进砂箱内,从而形成填砂和紧实的造型方法,如图 1-3 所示。抛砂紧实能同时完成填砂与紧实两个工序,生产率高,型砂紧实均匀,再且机头可沿水平面运动,故能紧实大铸型。抛砂机适应性强,既可用于单件小批生产,也可用于大批量生产。但主要适用于大、中型铸件的造型和造芯。

射砂紧实是利用压缩空气将型(芯)砂高速射入砂箱(芯盒)而进行紧实的,如图 1-4 所示。射砂紧实也是同时完成填砂、紧实两个工序,故生产率很高。但对造型而言,其紧实度还不够高,尚需进行辅助压实。目前,射砂紧实主要用于造芯。

2. 起模方法

机器造型常用的起模机构有顶箱、漏模和翻转三种,如图 1-5 所示。

图 1-5a)为顶箱起模。型砂紧实后,开动顶箱机构使分布在砂箱四角的顶杆 3 穿过模板 1 上的孔将砂箱 2 顶起,模板仍然留在工作台上。顶箱起模结构简单,但起模时较易掉砂。只适用于模样形状简单,高度不大的铸型,常用于制造上箱。

图 1-5b)为漏模起模。模样 4 上难以起模的部分,单独制成可漏下的模样 6,起模时,漏板

5 托住 A 处的型砂, 避免掉砂。这种起模方式与顶箱起模不同之处, 在于砂箱不动, 模样由砂箱下部抽出。漏模起模适用于模样形状复杂, 高度较大和难于起模的铸型, 在半机械化生产中应用较多。

图 1-5c) 为翻转起模。型砂紧实后, 在翻转气缸的推动下, 砂箱 10、底板 8、模样 9 和翻转台 7 一起翻转 180° 。然后再使砂箱随工作台 11 下降, 拔出模板。

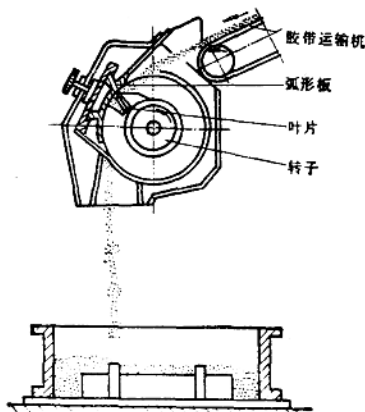


图 1-3 抛砂机的工作原理

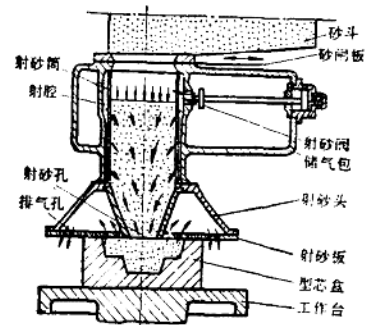


图 1-4 射砂紧实

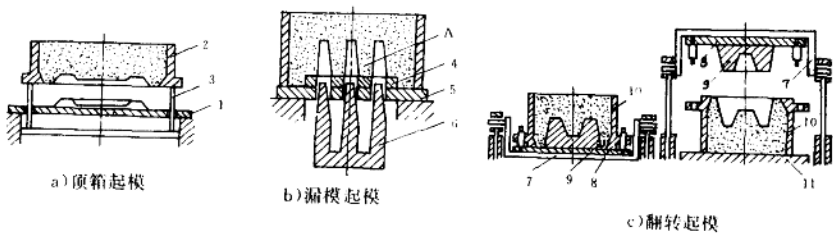


图 1-5 起模机构示意图

翻转起模不易掉砂, 一般适用于型腔较深, 模样形状复杂的铸型。由于下箱型腔通常较深, 且本身为了合箱的需要, 也须翻转 180° , 因此多用来制造下箱。

在现代化大批量生产的铸造车间, 机械化程度高, 通常把造型、浇注、落砂等主要工序组成流水线, 进行有节奏的高效率生产。

§ 1-2 合金的铸造性能

铸造性能是指合金铸造成形获得优质铸件的能力。铸造性能的好坏直接影响铸件的质量。了解合金的铸造性能,是合理设计铸件结构和正确进行铸造工艺设计的重要条件。合金的铸造性能包括流动性、收缩性、氧化性、偏析和吸气性等。本节主要介绍与铸件质量关系较大的流动性、收缩性、偏析和吸气性。

一、合金的流动性

(一) 流动性概念

合金的流动性是指熔融合金的流动能力。流动性不仅与合金本身的性质有关,而且与浇注条件、铸型材料和铸型条件等有关。例如,用同样的铁水浇注铸型,砂型比金属型可以浇注出更薄的铸件。所以流动性是综合体现出来的一种性能。

液态合金的流动性通常以“螺旋形试样”(如图 1-6)长度来测定。显然,在相同的浇注条件下,合金的流动性愈好,所浇出的试样愈长。试验得知,在常用的铸造合金中,灰铸铁,硅黄铜的流动性最好,铸钢的流动性较差。

(二) 流动性对铸件质量的影响

流动性是合金重要铸造性能之一。它对铸件质量的影响表现在以下三个方面:

①流动性好,容易获得尺寸准确,轮廓清晰的铸件。对于薄壁和形状复杂的铸件,合金流动性的好坏,往往是能否获得合格铸件的决定性因素。流动性差的合金容易使铸件产生浇不足、冷隔等缺陷。

②实际液态合金中,往往含有一定量的气体和非金属夹杂物。流动性好的合金,有利于液态金属中的非金属夹杂物和气体的上浮和排除,从而使铸件的内在质量得到保证。流动性差的液态合金,则容易在铸件中产生夹渣,气孔等缺陷。

③铸件在凝固过程中,会出现体积收缩现象。流动性好的合金,可使铸件的凝固收缩部分及时得到液态合金的补充,从而可防止铸件中产生缩孔、缩松等缺陷。

(三) 影响流动性的因素

1. 合金成分的影响 化学成分不同的铸造合金具有不同的结晶特点。纯金属和共晶成分的合金是在恒温下结晶的,此时液态合金从表层逐层向中心凝固,由于已凝固的固体层内表面比较光滑,对金属液的阻力较小。同时,共晶成分合金的凝固温度最低,相对说来,合金的过热

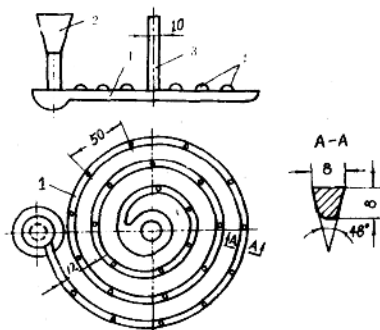


图 1-6 螺旋形试样

1—螺旋槽;2—浇口;

3—出气口;4—凸点

度大,推迟了合金的凝固,使合金保持液态的时间变长,故纯金属和共晶成分合金的流动性最好。其它成分合金是在一定温度范围内结晶的,即有一个液态和固态并存的双相区域,在这个区域内初生的固态呈树枝状晶体,使凝固层内表面参差不齐,阻碍液态金属的流动,故使合金的流动性变差。合金的结晶间隔愈宽,其流动性愈差。

铸铁中的硅和磷能提高流动性,而硫和锰多以 MnS 的形式悬浮在铁水中,阻碍着铁水的流动,使它的流动性变差。

2. 浇注条件的影响 浇注温度越高,液态合金的粘度越低,合金越易于流动,且因过热度大,凝固的时间长,合金在铸型中保持流动的时间也长,故充型能力强。鉴于合金的流动性随浇注温度呈直线上升,因此对薄壁铸件或流动性较差的合金可适当提高浇注温度,以防止产生浇不足和冷隔等缺陷。但浇注温度过高,使金属的总收缩量增加,吸气增多,铸件易产生缩孔、疏松、粘砂及气孔等缺陷。因此,在保证流动性足够的条件下,应当尽可能的使浇注温度低些。

浇注时,液态合金在流动方向上所受的压力愈大,流速愈高,充型能力就愈好。故增大液态合金的压力和提高浇注速度可增加合金的流动性。

3. 铸型条件对流动性的影响 铸型条件对流动性的影响主要表现在铸型对液态合金流动时的阻力和导热性方面。铸型的结构形状复杂,壁厚小,会增加合金流动的阻力和冷却速度,使流动性降低。因此,铸件设计时必须保证其壁厚大于规定的“最小壁厚”。此外,型砂含水过多或透气性不足,铸型排气不畅,铸型材料导热性过大等,均能降低液态合金的流动性。

二、合金的收缩

(一) 收缩的概念

金属由液态向固态的冷却过程中,其体积和尺寸减小的现象称为收缩。收缩是铸造合金的物理性质。金属从浇注温度冷却到室温要经过下列三个收缩阶段:

1. 液态收缩 即从浇注温度冷却到凝固开始温度(液相线温度)的收缩。

2. 凝固收缩 即从凝固开始温度冷却到凝固终止温度(固相线温度)的收缩。

上述两个阶段的收缩表现为合金的体积缩小,一般用体积收缩率表示。

3. 固态收缩 即从凝固终止温度冷却到室温的收缩。这种收缩虽然也是体积变化,但只能引起铸件外部尺寸的变化,因此通常用线收缩率来表示。

不同的合金的收缩率不同。在常用的合金中,铸钢的收缩最大,灰铸铁的最小。灰铸铁收缩很小的原因主要是其中大部分碳是以石墨状态存在的,石墨的比容大,在结晶过程中,析出石墨所产生的体积膨胀,抵消了部分收缩。

(二) 影响收缩的因素

影响收缩的主要因素有:化学成分、浇注温度、铸件结构和铸型条件等。

1. 化学成分 碳素钢随含碳量增加,凝固收缩增加,而固态收缩稍减。灰铸铁中,碳是形成石墨化的元素,硅是促进石墨化的元素,所以碳硅含量越多,收缩越小。硫能阻碍石墨的析出,使铸铁的收缩率增大,而适当的含锰量,可与硫结合成 MnS ,抵消了硫的影响,使收缩率减小。但含锰量过高,铸铁的收缩率又有所增加。一般情况下,碳素钢的线收缩率为 $1.6 \sim 2.0\%$;灰铸铁的为 $0.7 \sim 1.0\%$ 。

2. 浇注温度 浇注温度越高,过热度越大,合金的液态收缩也越大。

3. 铸件结构与铸型条件 合金在铸型中并不是自由收缩,而是受阻收缩。其阻力来自两

个方面：一是铸件各个部分冷却速度不同，因互相制约而对收缩产生的阻力；二是铸型和型芯收缩的机械阻力。显然，铸件的实际线收缩率比合金的自由线收缩率小，因此，在设计模样时，应根据合金的种类，铸件的结构形状及尺寸等因素，选取合适的收缩率。

(三) 收缩对铸件质量的影响

合金的收缩对铸件质量有着不利影响。一般来说，合金的体积收缩可能导致铸件产生缩孔和缩松，而线收缩可能导致铸件产生铸造内应力、变形和裂纹等缺陷。

1. 缩孔和缩松

液态合金充满铸型型腔后，由于液态收缩和凝固收缩而在铸件最后凝固部位出现的集中孔洞，称为缩孔。缩孔通常隐藏在铸件的内层，但在某些情况下，可暴露在铸件的表面上，呈明显的凹坑。缩孔的特征是：形状不规则，内表面粗糙，常呈倒锥形。缩孔的形成过程如图 1-7 所示。液态合金充满铸型型腔(图 a)后，由于铸型的吸热，靠近型腔表面的金属很快就降低到凝固温度，凝固成一层外壳(图 b)。温度继续下降，凝固层加厚，内部的剩余液体，由于液态收缩和补充凝固层的凝固收缩，体积缩小，液面下降，铸件内部出现了空隙(图 c)。直到内部完全凝固，在铸件上部就形成了缩孔(图 d)。已经产生缩孔的铸件继续冷却到室温后，因固态收缩使铸件的外廓尺寸略有缩小(图 e)。

缩松是铸件断面上出现分散而细小的缩孔，分为宏观缩松和显微缩松两种。宏观缩松是用肉眼或放大镜可以看出的小孔洞，多分布在铸件中心轴线处，厚大部位或缩孔下方。图 1-8 是铸件截面中心轴线缩松形成过程的示意图。图 a)为浇注后的某一时刻，铸件截面上三个区域的分布情况。图 b)表示铸件中心部分液态区已不存在，成为液态和固态共存的凝固区。这时凝固区内金属液由于补缩通道很窄，金属的流动性较差，收缩时便得不到补充。同时，由于铸型的冷却作用变弱，凝固区

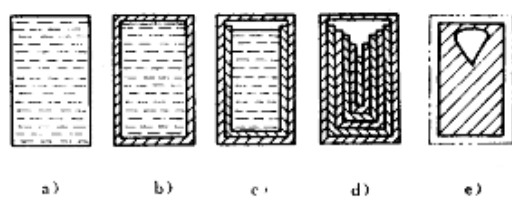


图 1-7 缩孔形成过程示意图

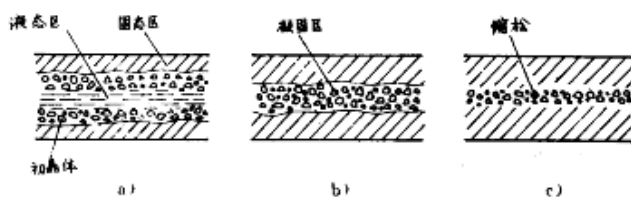


图 1-8 缩松形成过程示意图

a)凝固初期 b)完全液相区消失 c)缩松形成

金属液的温度趋于均匀一致，从而使剩余尚未凝固的金属液同时凝固，形成图 c)所示的轴线缩松。当合金的结晶间隔很大时，除宏观缩松增多外，还将在更大的面积上产生显微缩松。这种缩松是分布在晶粒之间的微小孔洞，要在显微镜下才能观察出来。显微缩松难以完全避免，对于一般铸件通常不作为缺陷对待，但对气密性、力学性能、物理性能或化学性能要求很高的铸件，则必须设法防止或减少。

从缩孔和缩松的形成可以看出：

①合金的液态收缩和凝固收缩愈大(如铸钢、白口铸铁及铝青铜等)，则收缩的容积愈大，

铸件愈容易形成缩孔。

②合金的浇注温度愈高,液态收缩愈大,愈容易形成缩孔。

③结晶间隔大的合金,易形成缩松。纯金属或共晶成分的合金,缩松的倾向性很小,易形成集中缩孔。

任何形态的缩孔都会使铸件的力学性能显著下降,缩松还能影响铸件的气密性,物理性能和化学性能。因此,缩孔和缩松是铸件的重要缺陷,必须根据铸件的技术要求,采取适当的工艺措施,予以防止。生产中通常采用的工艺措施是边浇注、边凝固;边凝固、边补缩;而铸件最后凝固的部分,由冒口或浇口中的液态合金补缩,如图1-9所示。这种以补缩为目的的凝固方式称为顺序凝固法。顺序凝固法主要应用于凝固收缩较大的合金,如铸钢、高强度灰铸铁、球墨铸铁和黄铜等。

2. 铸造内应力、变形和裂纹

铸件在凝固后的继续冷却过程中,还会产生线收缩。如果这种收缩受到阻碍,就会在铸件内部产生内应力,称为铸造内应力。当铸造内应力达到一定数值时,会使铸件产生变形或裂纹。

(1) 内应力的形成 铸造内应力按其产生的原因,主要分为热应力和机械应力两种。

1) 热应力 它是由于铸件的壁厚不均匀、各部分冷却速度不同,以致在同一时期内铸件各部分收缩不一致而引起的。

为了分析热应力的形成,首先必须了解金属自高温冷却到室温时应力状态的改变。金属从凝固终止温度到再结晶温度(钢和铸铁为 $620\sim 650^{\circ}\text{C}$),处于塑性状态。此时,在较小的应力下就可发生塑性变形,变形后应力可自行消除。在再结晶温度以下,金属处于弹性状态,此时,在应力作用下将发生弹性变形,变形后应力将继续存在。

下面用图1-10a)所示的框形铸件来分析热应力的形成。该铸件由杆Ⅰ和杆Ⅱ两部分组成,杆Ⅰ较粗,杆Ⅱ较细。当铸件处于高温阶段(再结晶温度以上),两种杆均处于塑性状态,尽管两种杆的冷却速度不同,收缩不一致,但瞬时的应力均可通过塑性变形而自行消除。继续冷却后,冷速较快的杆Ⅱ已进入弹性状态,而粗杆Ⅰ仍处于塑性状态。由于细杆Ⅱ冷速快,收缩大于粗杆Ⅰ,所以细杆Ⅱ受拉伸,粗杆Ⅰ受压缩(图b),形成了暂时内应力,但这个内应力随之便随粗杆Ⅰ的微量塑性变形(压短)而消失(图c)。当进一步冷却到更低温度时,粗杆Ⅰ也处于弹性状态,此时,尽管两种杆长度相同,但所处的温度不同。粗杆Ⅰ的温度较高,还会有较大的收缩;细杆Ⅱ的温度较低,收缩已趋停止。因此,粗杆Ⅰ的收缩必然受到细杆Ⅱ的强烈阻碍,于是,

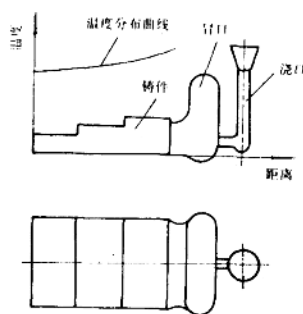


图1-9 顺序凝固示意图