

铸 造

3.1 概 述

将液态合金注入预先制备好的铸型中使之冷却、凝固,从而获得毛坯或零件,这种制造过程称为铸造生产,简称铸造,所铸出的产品称为铸件。大多数铸件作为毛坯,需要经过机械加工后才能成为各种机器零件;有的铸件当达到使用的尺寸精度和表面粗糙度要求时,可作为成品或零件直接应用。

铸造生产具有以下特点:

- (1) 可以生产出结构十分复杂的铸件,尤其是可以形成具有复杂形状内腔的铸件。
- (2) 铸件的尺寸、形状与零件相近,节省了大量的材料和加工费用;铸造可以利用回收的废旧材料和产品,从而节约成本和资源。
- (3) 铸造生产工艺复杂,生产周期长,劳动条件差,且常常伴随对环境的污染;铸件易产生各种缺陷且不易发现。

铸造生产方法很多,常分为以下两类。

(1) 砂型铸造。用型砂紧实成型的铸造方法。在铸造生产中,砂型铸造不受铸件的材料、形状、尺寸、质(重)量和批量的限制,砂和黏土来源丰富、价格低廉,性能可满足铸造要求,所以砂型铸造在生产中被广泛应用。砂型铸造的一般生产过程如图 3.1 所示。

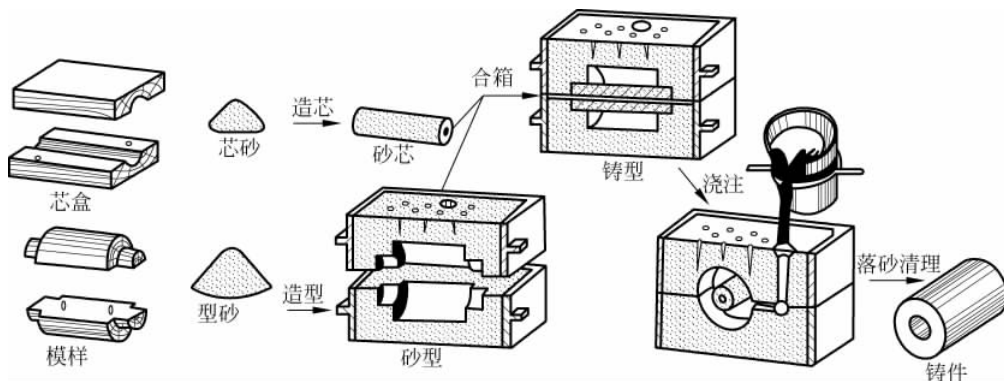


图 3.1 套筒铸件的砂型铸造过程

(2) 特种铸造。与砂型铸造有一定区别的铸造方法,如金属型铸造、熔模铸造等。

3.2 砂型铸造

铸造生产的一般工艺过程如图 3.2 所示。

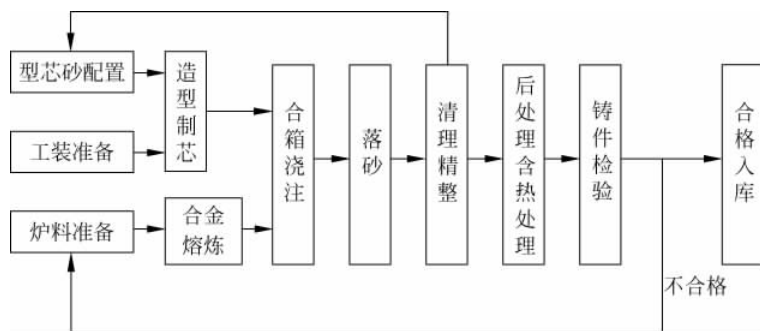


图 3.2 砂型铸造的工艺过程

砂型铸造的造型材料由原砂、粘结剂、附加物、水等按一定比例和制备工艺混合而成,它具有一定的物理性能,能满足造型的需要。制造铸型的造型材料称为型砂,制造型芯的造型材料称为芯砂。型砂和芯砂性能的优劣直接关系到铸件质量的好坏和成本的高低。

1. 型砂和芯砂的组成

(1) 原砂,即新砂。普通黏土砂中的原砂是石英砂。铸造用砂要求原砂中的 SiO_2 含量在 85% 以上,大小均匀,形状呈圆形。

(2) 粘结剂,使砂粒能相互粘结的物质。常用的有普通黏土和膨润土两类。用黏土作为粘结剂的型(芯)砂称为黏土砂,用其他粘结剂的型(芯)砂则分别称为水玻璃砂、油砂、合脂砂和树脂砂等。

(3) 附加物。煤粉、焦炭末、锯末等适当配入,可提高型砂的透气性、退让性,防止粘砂,减少铸件缺陷的产生。

(4) 水。水能使原砂与黏土混成一体,并保持一定的强度和透气性。但水分含量要适当,过多或过少都会对铸件质量带来不利的影响。

2. 型砂和芯砂的性能要求

(1) 强度。即型(芯)砂抵抗外力破坏的能力。铸型强度应适中,强度过低易导致塌箱、掉砂和型腔扩大等;强度过高,易使透气性、退让性变差,产生气孔及铸造应力倾向增大。

(2) 透气性。型(芯)砂透过气体的能力称为透气性。透气性不好,浇注时型腔内空气、型砂中汽化的水分及金属液中析出的气体不易排出,会出现气孔及浇不足等问题。随黏土含量和砂型紧实度的增加,铸型强度增加,透气性变差;适宜的含水量有利于铸型获得合适的强度和um提高透气性。

(3) 耐火度。型砂在高温作用下不熔化、不烧结、不软化而保持原有性能的能力称为耐火度。耐火性差的型砂易被高温熔化而破坏,产生粘砂等缺陷。原砂中 SiO_2 含量越高,杂质越少,则耐火性越好。砂粒越粗,其耐火性越好,圆形砂粒的耐火性比较好。

(4) 退让性。铸件在冷却收缩时,型(芯)砂易于被压缩的能力即为退让性。型砂的退让性差,易使铸件产生内应力、变形或裂纹等缺陷。型砂中加入锯末、焦炭粒、木屑等附加物可改善其退让性;砂型紧实度越高,退让性越差。

(5) 可塑性。型(芯)砂在外力的作用下变形后,当去除外力时,保持变形的能力称为可塑性。可塑性好即型砂柔软容易变形,起模性能好。

此外,型砂还应具有较好的流动性、耐用性、溃散性等。

3.3 铸造工艺设计

生产铸件是根据铸件的结构特点、技术要求、生产批量、生产条件等进行铸造工艺设计,绘制铸造工艺图、铸件图等,是生产、管理、铸件验收和经济核算的依据。

铸造工艺设计主要包括选择浇注位置、选择分型面和工艺参数。

3.3.1 选择铸件浇注位置

浇注时,铸件在铸型中所处的位置,称为浇注位置。

(1) 铸件的重要加工面、主要加工面在铸型中应朝下或侧立放置,如图 3.3 所示。

(2) 铸件上面积较大的薄壁部分应置于型腔下部或使其处于垂直或倾斜位置,以利于合金液填充铸型,如图 3.4 所示。

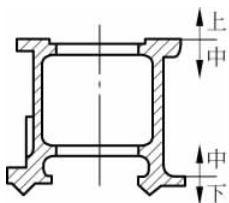


图 3.3 车床床身的浇注位置

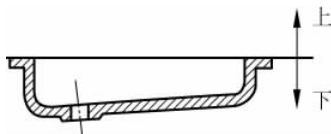


图 3.4 薄壁件的浇注位置

(3) 铸件上宽大的平面应朝下,以避免产生夹砂等缺陷。

(4) 对于容易产生缩孔的铸件,应使厚的部分放在铸型上部或侧面,以便在铸件厚壁处直接安装冒口,使之实现自下而上的定向凝固。

(5) 尽量减少型芯数量,并考虑下芯、合型方便。

3.3.2 选择分型面

分型面是指上、下砂型相互接触的表面。分型面的优劣在很大程度上影响铸件的尺寸精度、生产成本和生产率。因此,分型面的选择应能在保证铸件质量的前提下,尽量简化工艺,节省人力和物力。分型面的选择原则如下。

(1) 分型面一般应设在铸件的最大截面处,并尽可能使铸件位于下箱,以方便下芯和检验。图 3.5 中,方案(c)最合理。

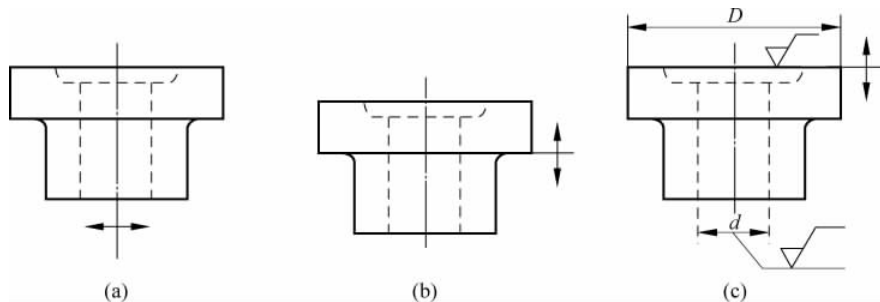


图 3.5 联轴节的分型方案

(a) 分型面在轴对称面; (b) 分型面在大小柱体交接面; (c) 分型面在大端面

(2) 应尽可能减少分型面的数量,避免造型过于复杂。图 3.6 中,方案(c)最合理。

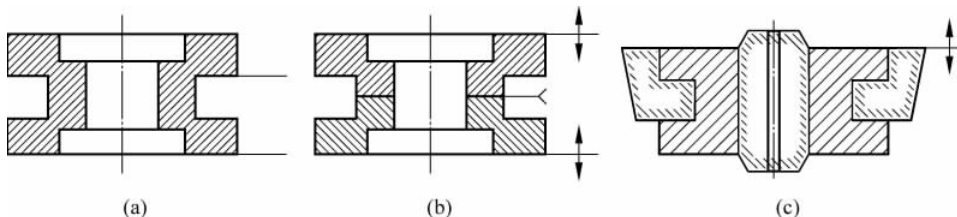


图 3.6 槽轮的分型方案

(a) 分模三箱造型; (b) 分模三箱分型; (c) 两箱造型

(3) 应选平直的分型面。

(4) 应尽可能使全部或大部分铸件,或者加工基准面与重要加工面处于同一个半型内,以防止错型,减少铸件尺寸偏差。

3.3.3 确定浇注系统

浇注系统是指液体金属流入铸造型腔的通道。

浇注系统的作用:保证熔融金属平稳、均匀、连续地充满型腔;阻止熔渣、气体和沙粒随熔融金属进入型腔;控制铸件的凝固顺序;供给铸件冷凝收缩时所需补充的金属液(补缩)。

浇注系统一般包括外浇口、直浇道、横浇道、内浇道等,如图 3.7 所示。有些铸件还设置冒口,以补充铸件中液体金属凝固时收缩所需的金属液。同时,冒口还兼有排气、浮渣及观察金属液体的流动情况等作用。

(1) 外浇口。缓冲液体金属浇入时的冲击力,并可分离熔渣。

(2) 直浇道。连接外浇口与横浇道的垂直通道,利用

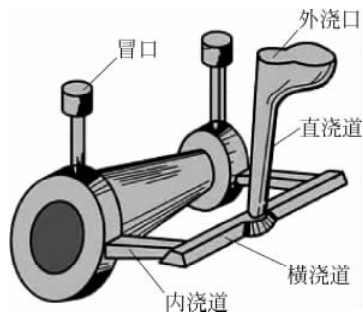


图 3.7 浇注系统的组成

其高度使金属液产生一定的静压力而迅速地充满型腔。

(3) 横浇道。连接直浇道与内浇道,位于内浇道之上,起挡渣作用。

(4) 内浇道。直接与型腔相连的通道,可控制金属液流入型腔的位置、速度和方向。

3.3.4 工艺参数

铸造工艺参数是指铸造工艺设计时需要确定的工艺参数,工艺参数的选择是铸造工艺设计的重要内容,对指导铸造工艺设计与铸造生产具有重要作用。一般包括铸造收缩率、机械加工余量、拔模斜度、型芯头、铸件孔和槽、铸造圆角等。

1. 铸造收缩率

铸件由于凝固、冷却后的体积收缩,其各部分尺寸均小于模样尺寸。为保证铸件尺寸要求,需在模样(芯盒)上加大一个收缩尺寸。加大的这部分尺寸称收缩量,一般根据铸造收缩率来定。铸造收缩率主要取决于合金的种类,同时与铸件的结构、大小、壁厚及收缩时受阻碍情况有关。对于一些要求较高的铸件,如果收缩率选择不当,将影响铸件尺寸精度,使某些部位偏移,影响切削加工和装配。

2. 机械加工余量

在铸件上为切削加工而加大的尺寸称为机械加工余量。加工余量必须认真选取,余量过大,切削加工费工,且浪费金属材料;余量过小,制品因残留黑皮而报废,或因铸件表层过硬而加速刀具磨损。

机械加工余量的具体数值取决于铸件的生产批量、合金的种类、铸件的大小、加工面与基准面的距离及加工面在浇注时的位置等。大量生产时,因采用机器造型,铸件精度高,故余量可减小;反之,手工造型误差大,余量应加大。铸钢件因表面粗糙,余量应加大;非铁合金铸件价格昂贵,且表面光洁,所以余量应比铸铁小。铸件的尺寸越大或加工面与基准面的距离越大,铸件的尺寸误差也越大,故余量也应随之加大。此外,浇注时朝上的表面因产生缺陷的几率较大,其加工余量应比底面和侧面大。

3. 拔模斜度

为了使模样(或型芯)便于从砂型(或芯盒)中取出,凡垂直于分型面的立壁在制造模样时,必须留出一定的倾斜度,如图 3.8 所示,此倾斜度称为拔模斜度。

拔模斜度的大小取决于立壁的高度、造型方法、模样材料等因素,通常为 $15' \sim 3^\circ$ 。立壁越高,斜度越小;机器造型应比手工造型小,而木模应比金属模斜度大。为使型砂便于从模样内腔中脱出,以形成自带型芯,内壁的拔模斜度应比外壁大,通常为 $30' \sim 5^\circ$ 。

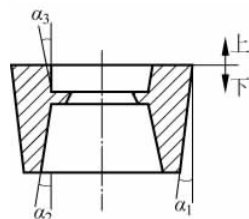


图 3.8 拔模斜度

4. 型芯头

型芯头的形状和尺寸,对型芯装配的工艺性和稳定性有很大影响。垂直型芯一般都有

上、下芯头,但短而粗的型芯也可省去上芯头。芯头必须留有一定的斜度 α 。水平芯头的长度取决于型芯头直径及型芯的长度。悬臂型芯头必须加长,以防合箱时型芯下垂或被金属液抬起。

型芯头与铸型型芯座之间应有1~4mm的间隙,以便于铸型的装配。

5. 铸件孔、槽

铸件孔、槽是否铸出,不仅取决于工艺上的可能性,还必须考虑其必要性。一般来说,较大的孔、槽应当铸出,以减少切削加工工时,节省金属材料,同时也可减小铸件上的热节。但较小的孔、槽则不必铸出,留待加工反而更经济。灰铸铁件的最小铸出孔(毛坯孔径)推荐如下:单件生产30~50mm,成批生产15~20mm,大量生产12~15mm。对于零件图上不要求加工的孔、槽,无论大小均应铸出。

6. 铸造圆角

铸件上两壁之间为圆角连接,以防止冲砂及在尖角处产生缩孔、应力、裂纹及粘砂等缺陷。圆角半径一般为转角处两壁平均厚度的 $\frac{1}{4}$ 左右。

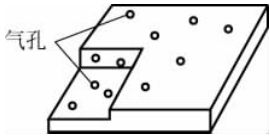
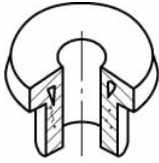
根据上述原则选定工艺参数,就可以在零件图上绘制铸造工艺图,制作模样及芯盒。

3.4 铸件质量分析及控制

由于铸造工序繁多,影响铸件质量的因素复杂,难以综合控制,因此,铸件缺陷几乎难以完全避免,废品率较其他金属加工方法高。同时,许多铸造缺陷隐藏在铸件内部,难以发现和修补,有些则是在机械加工时才暴露出来,这不仅浪费了机械加工的工时,增加了制造成本,有时还延误整个生产任务的完成。因此,进行铸件质量控制、降低废品率是非常重要的。

铸件缺陷名称及分类,参考表3.1。

表 3.1 铸造缺陷

缺陷名称	特 征	产生的主要原因
气孔 	在铸件内部或表面有大小不等的光滑孔洞	①炉料不干或含氧化物、杂质多;②浇注工具或炉前添加剂未烘干;③型砂含水过多或起模和修型时刷水过多;④型芯烘干不充分或型芯通气孔被堵塞;⑤春砂过紧,型砂透气性差;⑥浇注温度过低或浇注速度太快等
缩孔与缩松 	缩孔多分布在铸件厚断面处,形状不规则,孔内粗糙	①铸件结构设计不合理,如壁厚相差过大,厚壁处未放冒口或冷铁;②浇注系统和冒口的位置不对;③浇注温度太高;④合金化学成分不合格,收缩率过大,冒口太小或太少

续表

缺陷名称	特征	产生的主要原因
砂眼 	在铸件内部或表面有型砂充塞的孔眼	①型砂强度太低或砂型和型芯的紧实度不够,故型砂被金属液冲入型腔;②合箱时砂型局部损坏;③浇注系统不合理,内浇口方向不对,金属液冲坏了砂型;④合箱时型腔或浇口内的散砂未清理干净
粘砂 	铸件表面粗糙,粘有一层砂粒	①原砂耐火度低或颗粒度太大;②型砂含泥量过高,耐火度下降;③浇注温度太高;④湿型铸造时型砂中煤粉含量太少;⑤干型铸造时铸型未刷涂料或涂料太薄
夹砂 	铸件表面产生的金属片状突起物,在金属片状突起物与铸件之间夹有一层型砂	①型砂热湿抗拉强度低,型腔表面受热烘烤而膨胀开裂;②砂型局部紧实度过高,水分过多,水分烘干后型腔表面开裂;③浇注位置选择不当,型腔表面长时间受高温铁水烘烤而膨胀开裂;④浇注温度过高,浇注速度太慢
错型 	铸件沿分型面有相对位置错移	①模样的上半模和下半模未对准;②合箱时,上下砂箱错位;③上下砂箱未夹紧或上箱未加足够压铁,浇注时产生错箱
冷隔 	铸件上有未完全融合的缝隙或注坑,其交接处是圆滑的	①浇注温度太低,合金流动性差;②浇注速度太慢或浇注中有断流;③浇注系统位置开设不当或内浇道横截面积太小;④铸件壁太薄;⑤直浇道(含浇口杯)高度不够;⑥浇注时金属量不够,型腔未充满
浇不足 	铸件未被浇满	
裂纹 	铸件开裂,开裂处金属表面有氧化膜	①铸件结构设计不合理,壁厚相差太大,冷却不均匀;②砂型和型芯的退让性差,或舂砂过紧;③落砂过早;④浇口位置不当,致使铸件各部分收缩不均匀

铸件缺陷的产生不仅来源于不合理的铸造工艺,还与造型材料、模具、合金的熔炼和浇注等各个环节密切相关。此外,铸造合金的选择、铸件结构的工艺性、技术要求的制定等设

计因素是否合理,对于是否易于获得健全铸件也具有重要影响。一般而言,应从如下几方面来控制铸件质量。

(1) 合理选定铸造合金和铸件结构。在进行设计选材时,在能保证铸件使用要求的前提下,应尽量选用铸造性能好的合金。同时,还应结合合金铸造性能要求,合理设计铸件结构。

(2) 合理制订铸件的技术要求。具有缺陷的铸件并不都是废品,若其缺陷不影响铸件的使用要求,则为合格铸件。

在合格铸件中,允许存在哪些缺陷及其存在的程度,一般应在零件图或有关技术文件中作出具体规定,作为铸件质量检验的依据。对铸件的质量要求必须合理。若要求过低,将导致产品质量低劣;若要求过高,又可导致铸件废品率的大幅增加和铸件成本的提高。

(3) 模样质量检验。如模样、型芯盒不合格,可造成铸件形状或尺寸不合格、错型等缺陷。因此,必须对模样、型芯盒及其有关标记进行认真的检验。

(4) 铸件质量检验。它是控制铸件质量的重要措施。铸件车间检验铸件的目的是依据铸件缺陷的存在程度,确定和分辨合格铸件、待修补铸件及废品。同时,通过“缺陷分析”寻找缺陷产生的原因,以便对症下药解决生产问题。

(5) 铸件热处理。为了保证工件质量要求,有些铸件铸后必须进行热处理。如为消除内应力而进行时效处理;为改善切削加工性、降低硬度,对铸铁件进行软化处理;为保证力学性能,对铸钢件、球墨铸铁件进行退火或正火处理等。

3.5 特种铸造

特种铸造与普通砂型铸造有一定的区别,砂型铸造存在着尺寸精度不高,工艺过程复杂,铸件质量不稳定,劳动强度大等缺点。特种铸造的特点是铸件的表面粗糙度好,尺寸精度高,机械加工余量小或可以不加工,能进一步提高铸件的机械性能,提高金属的利用率,可以不用砂或少用砂,减少粉尘,改善劳动条件,便于实现机械化和自动化生产,生产效率高。凡与传统普通砂型铸造有一定区别的铸造方法统称为特种铸造。

特种铸造方法根据其形成铸件的条件不同,可分为金属型铸造、压力铸造、熔模铸造、离心铸造、壳型铸造、低压铸造、陶瓷型铸造、实型铸造等。

目前应用较为普遍的几种铸造方法如下。

(1) 金属型铸造。它是将液态合金浇入金属铸型以获得铸件的一种铸造方法。由于金属铸型可反复使用多次,故有永久型铸造之称。金属型的结构由铸件的形状、尺寸,合金的种类及生产批量决定。

(2) 压力铸造。简称压铸,它是在高压下将液态或半液态合金快速地压入金属铸型中,并在压力下凝固,以获得铸件的方法。

(3) 熔模铸造。在我国有着悠久的历史。它是用易熔材料制成模样,然后在模样上涂挂耐火材料,经硬化之后,再将模样熔化以排外型外,从而获得无分型面的铸型。由于模样广泛采用蜡质材料制造,故常将熔模铸造称为失蜡铸造。

(4) 离心铸造。它是将液态合金浇入高速旋转的铸型,使金属液在离心力作用下充填铸型并结晶。

(5) 低压铸造。它是介于重力铸造和压力铸造之间的一种铸造方法。它是使液态合金在压力下,自下而上地充填型腔,并在压力下结晶,以形成铸件的工艺过程。

3.6 铸造实习

3.6.1 铸造安全技术规程

(1) 学生必须掌握基本的铸造工艺和方法,在教师指导下进行操作。砂箱等应横放在地,不能直立放置。

(2) 舂砂时手不能放在砂箱上,不准用嘴吹型砂。做上、下箱定位时,应对准金属棒用力,避免砸在手上。

(3) 开炉前,应仔细检查电源插头、温度仪表、石墨坩埚等设施,使其处于良好的使用状态。

(4) 坩埚每次装料不得太满,再次加料必须将料充分预热后才能加入。

(5) 浇注时,必须穿戴好必要的防护用品,切断电炉电源。

(6) 与高温金属液体接触的工具、浇包等必须充分预热后才能使用。严禁一切冷料、带水渍的工具、材料等直接插入高温金属液内,以避免引起爆炸。

(7) 浇注后的铸件,必须在充分冷却、凝固后才能搬移。清理落砂时动作要轻,防止铸件变形或断裂。

(8) 实习结束后,按规定将各种造型用工具整理好放在工具箱内,同时清扫周围场地,保持实习环境整洁。

3.6.2 造型工具

造型工具如图 3.9 所示。

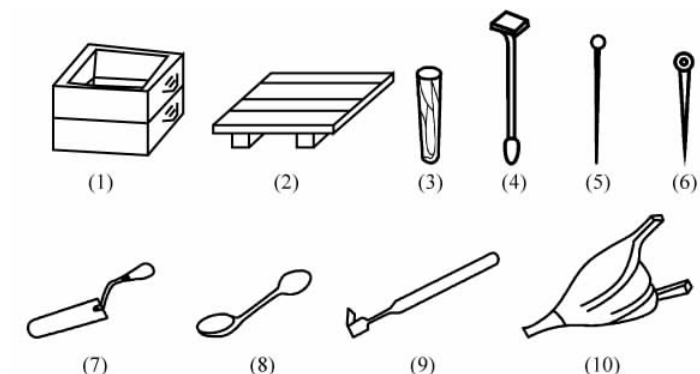


图 3.9 造型工具

(1) 砂箱。砂箱分上砂箱和下砂箱,用于造上、下型腔。

(2) 底板。底板平面要平直,用于放置模样。

- (3) 浇口棒。浇口棒用来形成直浇道。
- (4) 春砂锤。春砂锤用尖头锤春砂,用平头锤打紧砂箱顶部的砂。
- (5) 通气针。用通气针扎出砂型通气孔。
- (6) 起模针。起模针比通气针粗,用于起模。
- (7) 漫刀。漫刀用于修平面、挖沟槽及开设内浇道。
- (8) 秋叶。秋叶用于修凹的曲面。
- (9) 砂勾。砂勾用于修深而窄的底平面或侧面及勾出砂型中的散砂。
- (10) 皮老虎。用来吹去模样上的分型砂或散砂和在型腔中的散砂。

3.6.3 造型操作要点

1) 造型准备工作

(1) 准备造型工具,选择平直的底板和大小合适的砂箱。模样与砂箱内壁及顶部之间应留有 30~100mm 距离,称为吃砂量,其值视模样大小而定。

(2) 安放模样。擦净模样,确定浇注位置和起模方向,下砂箱翻转后放在底板上。

2) 填砂与春砂

(1) 春砂时必须将型砂分次加入,每次填砂厚度应适当(小砂箱每次加砂厚度为 50~70mm),确保紧实均匀。第一次加砂时须用手将模样按住,并用手将模样周围的砂塞紧,以免春砂时模样移动。

(2) 春砂时力度适当,使砂型有足够的透气性和强度,避免气孔和塌箱。

(3) 春砂路线应按照图 3.10 所示进行,以保证紧实度均匀。

3) 撒分型砂

下砂型造好翻转 180°后,在造上砂型之前,应在分型面上撒上一层极薄的分型砂,以防止上、下箱粘在一起。最后将模样上的分型砂用皮老虎吹掉,以免产生砂眼、粘砂等缺陷。

4) 扎通气孔

上砂型春紧刮平后,要在模样投影面上方,用直径 2~3mm 的通气针扎出通气孔,以利于浇注时气体逸出。通气孔要均匀分布,深度适当,如图 3.11 所示。

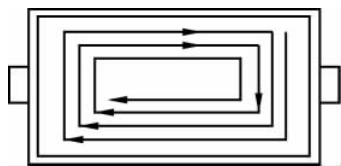


图 3.10 春砂路线

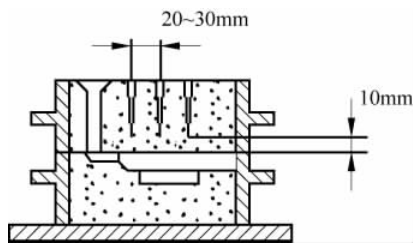


图 3.11 通气孔

5) 开外浇口

挖成约 60°的锥形,大端直径为 60~80mm,浇口面修光,与直浇道连接处修成圆滑过渡,使浇注时引导液体金属平稳地流入砂型,如图 3.12 所示。