

# 模块

# 铸 造

铸造是将液态合金在自重或压力作用下浇注到与零件的形状、尺寸相适应的铸型空腔中,待其冷却凝固,以获得零件和毛坯的生产方法。铸造获得的零件和毛坯称为铸件。铸件在机械制造业中应用极其广泛,一般需经机械加工后才能使用。铸造成型的方法很多,主要分为砂型铸造和特种铸造。

砂型铸造是利用砂型生产铸件的方法,是应用最广泛的一种方法,其所铸铸件约占铸件总产量的 80% 以上。砂型铸造主要分为砂箱造型和金属的熔炼与浇注两个过程,砂型铸造的工艺流程如图 1-1 所示。齿轮毛坯的砂型铸造工艺如图 1-2 所示。

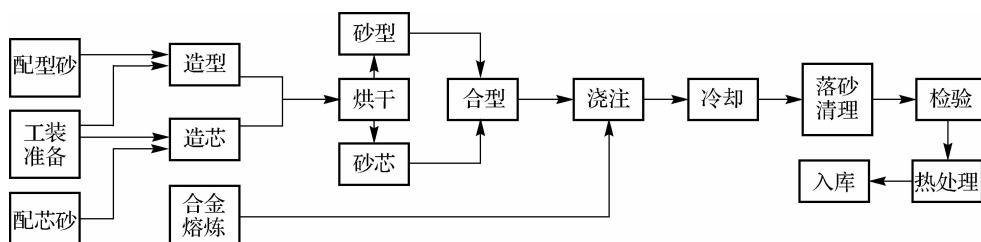


图 1-1 砂型铸造的工艺流程

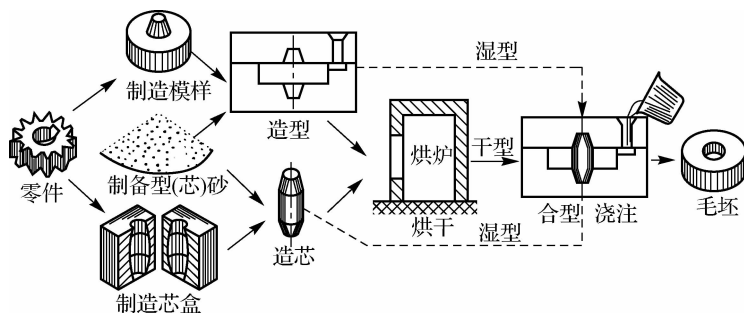


图 1-2 齿轮毛坯的砂型铸造工艺





## 实训一 砂箱造型



### 知识目标

- 了解铸造造型材料与工艺装备;
- 掌握常用的手工造型方法。



### 技能目标

- 能独立完成造型、造芯等操作。

## 一、实训内容

轴承盖砂型铸造操作训练。

## 二、工艺知识

### 1. 砂箱造型的种类

砂箱造型是铸件生产过程中最复杂、最主要的工序,对铸件的质量影响极大。合型后的砂型,其各部分名称如图 1-3 所示。实际生产中,由于铸件的大小、形状、材料、批量和生产条件的不同,需采用不同的造型方法。造型方法可分为手工造型和机器造型两大类,其中手工造型按起模特点可分为整模造型、分模造型、活块造型、挖砂造型和假箱造型等。

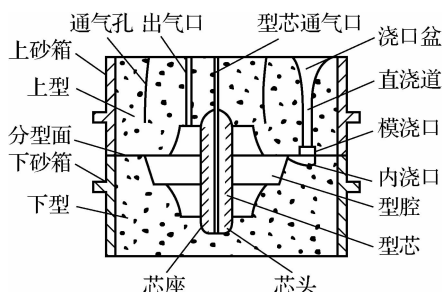


图 1-3 砂型各部分名称

#### 1) 整模造型

模样是整体的,铸型的型腔一般只在下砂箱。整模造型适用于制造形状简单的铸件,铸件上通常

有一个较大的平面,造型时整个模样能从分型面上方便地取出。

#### 2) 分模造型

铸件的最大截面不在端部而在中部,故而木模沿最大截面分成两半。分模造型操作较简单,适用于形状较复杂的铸件,特别是广泛用于有孔的铸件,即带有型芯的铸件,如套筒、水管、阀体、箱体、曲轴以及立柱等。

#### 3) 活块造型

将模样上阻碍起模的部分做成可与主体脱离的活块,活块一般用销子或燕尾榫与模样主体连接,取模时,先取出模样主体,再取出活块。活块造型生产率低,对操作者的技术要求高,只适合于单件生产。

#### 4) 挖砂造型

当铸件的分型面为曲面且模样又不易分开制造时,可将模样整体置于一个砂箱内造型,通常为下砂箱。挖砂造型时一定要挖到模样最大截面处,将下型中阻碍起模的砂型全部挖掉。挖砂造型生产率低,对操作者的技术要求高,只适用



动画

整体模造型



动画

活块造型



动画

挖砂造型



于单件生产。

#### 5) 假箱造型

当生产批量大时,可用模板代替平面底板,将模样放置在模板上造型,从而省去挖砂操作。如生产批量不大,可用黏土含量较多的型砂制作一个高紧实的砂质模板作为底板,称为假箱。

### 2. 型(芯)砂

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(芯)砂质量对铸件质量的影响很大,其质量不好会使铸件产生气孔、砂眼、粘砂等缺陷,因此必须严格控制型(芯)砂的性能。

#### 1) 型(芯)砂应具备的性能

(1) 强度。型(芯)砂抵抗外力破坏的能力称为强度。如果型(芯)砂的强度不够,那么在生产过程中铸型易损坏,会使铸件产生砂眼、冲砂、夹砂等缺陷;如果型(芯)砂的强度高,那么会使其透气性和退让性降低。型砂中黏土的含量越高,型砂的紧实度越高;砂粒越细,强度就越高。此外,含水量对型(芯)砂的强度也有很大影响,含水量过多或过少均可使其强度降低。

(2) 透气性。型(芯)砂应具备让气体通过和使气体顺利逸出的能力,这个能力称为透气性。型(芯)砂透气性不好,则易在铸件内形成气孔,甚至产生浇不足现象。砂粒越粗大、均匀,且为圆形,砂粒间孔隙就越大,透气性就越好。随着黏土含量的增加,型砂的透气性通常会降低;但黏土含量对透气性的影响与水分的含量密切相关,只有含适量的水分,型砂的透气性才能达到最大值。型砂紧实度增大,砂粒间孔隙就减少,则其透气性降低。

(3) 耐火性。型(芯)砂在高温作用下不熔化、不烧结、不软化、保持原有性能的能力称为耐火性。耐火性差的型(芯)砂易被高温熔化而产生粘砂等缺陷。原砂中的  $\text{SiO}_2$  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。在铸件冷却收缩时,型(芯)砂能相应地被压缩变形而不阻碍铸件收缩的性能称为型(芯)砂的退让性。型(芯)砂的退让性差,易使铸件产生内应力、变形或裂纹等缺陷。含有无机黏结剂的型(芯)砂高温时发生烧结,退让性差;含有有机黏结剂的型(芯)砂退让性较好。为了提高型(芯)砂的退让性,可加入少量木屑等附加物。

此外,芯砂在浇注后处于金属液的包围中,工作条件差,除应具有上述性能外,还必须具有较低的吸湿性、较小的发气性、良好的溃散性(也称为落砂性)等。

#### 2) 型(芯)砂的组成

型(芯)砂的性能与其组成原料有关。一般型(芯)砂由原砂、黏结剂、附加物、水及涂料等按一定配比混制而成。

(1) 原砂。只有符合一定技术要求的天然矿砂才能作为铸造用砂,这种天然矿砂称为原砂。天然硅砂因资源丰富,价格便宜,是铸造生产中应用最广的原砂,它含有质量分数占 85% 以上的  $\text{SiO}_2$  和少量其他成分等。

(2) 黏结剂。砂粒之间是松散的,且没有黏结力,显然不能形成具有一定形状的整体。在铸造生产过程中,须用黏结剂把砂粒黏结在一起,制成砂型或型芯。铸造用黏结剂种类较多,按照黏结剂的不同,型(芯)砂可分为黏土砂、水玻璃砂、树脂砂、植物油砂和合脂砂等。在砂型铸造中,所用黏结剂大多为黏土。黏土分普通黏土和膨润土。

(3) 附加物。为了改善型(芯)砂的某些性能而加入的材料称为附加物。型砂中常加入的附加物有煤粉、锯屑等。在一些中小型铸铁件的湿砂型中常加入煤粉,煤粉的作用是在高





温液态金属作用下燃烧形成气膜,以隔绝液态金属与铸型内腔的直接作用,防止铸件粘砂,使铸件表面光洁。加入锯屑能改善型砂的退让性和透气性。

(4)水。黏土砂中的水分对型砂性能和铸件质量影响极大。黏土只有被水湿润后,其黏性才会发生作用。在原砂和黏土中加入一定量的水混合后,砂粒表面会包上一层黏土膜,经紧实后会使得型砂具有一定的强度和透气性。水分过多,容易形成黏土浆,使砂型强度和透气性下降;水分太少,则砂型干而脆,使塑性下降。

(5)涂料。为提高铸件表面质量,可在砂型或型芯表面涂上涂料。如在铸件的湿砂型上,可用石墨粉喷洒在砂型或型芯表面上;在干砂型上,用石墨粉加少量黏土的水涂料涂刷在型腔表面上即可。

### 3)型(芯)砂的处理和制备

铸造合金不同、铸件大小不同,对型(芯)砂的性能要求也不同。为了保证型(芯)砂的性能要求,型(芯)砂应选用不同材料,按不同的比例配置。配置好的型(芯)砂的性能可用专门的仪器来测定,也可以凭经验手测。合格的型(芯)砂用手感法检验的结果如图 1-4 所示,用手捏一把型(芯)砂,感到柔软、容易变形、不黏手,掰断时不粉碎,说明型(芯)砂性能合格。型(芯)砂湿度适当时,可用手捏成砂团,如图 1-4(a)所示;手放开时可看出清晰的手纹,如图 1-4(b)所示;折断时断面没有碎裂状,有足够的强度,如图 1-4(c)所示。

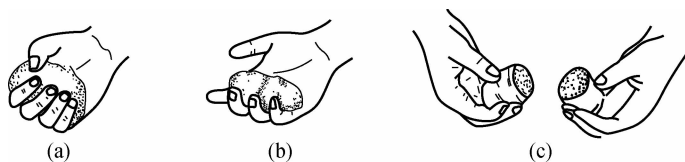


图 1-4 手感法检验型(芯)砂

## 3. 砂型制造的工模具

### 1) 模样和芯盒

模样是由木材、金属或其他材料制成,用来形成铸型型腔的工艺装备。图 1-5 所示为常见模样的种类。其中,模板一般多用于机器造型。



图 1-5 常见模样的种类

芯盒是制造型芯或其他种类耐火材料芯的装备,一般为木制。图 1-6 所示为常见芯盒的种类,整体式芯盒用于制作形状简单的型芯,分开式芯盒用于制作圆柱、圆锥等回转体及形状对称的型芯,可拆式芯盒用于制作形状复杂的型芯。

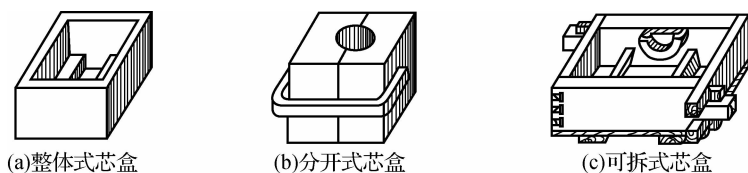


图 1-6 常见芯盒的种类



## 2) 砂箱和常用的手工造型工具

砂箱和常用的手工造型工具如图 1-7 所示。

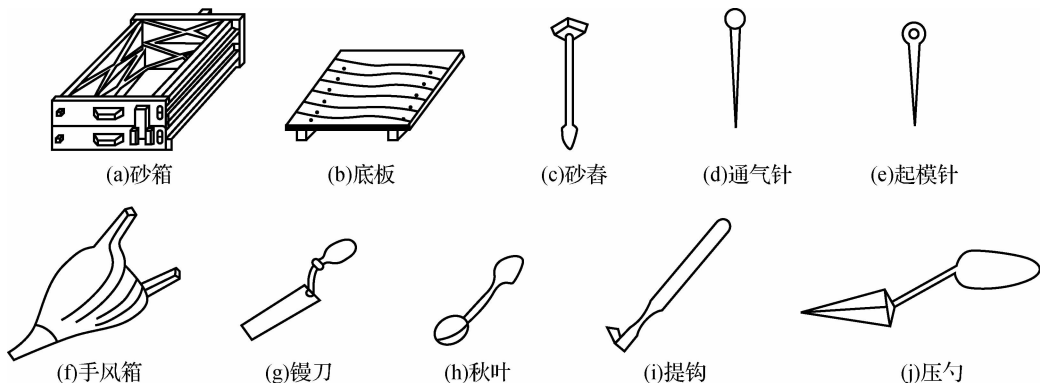


图 1-7 砂箱和常用的手工造型工具

(1) 砂箱。造型时,砂箱是容纳和支承砂型的刚性框,如图 1-7(a)所示,其作用是在造型、运转和浇注时支承砂型,防止砂型变形和被破坏,材料一般为灰铸铁或铝合金。

(2) 常用的手工造型工具。

① 底板。底板用于放置模样,如图 1-7(b)所示。

② 砂春。造型时砂春用来春实型砂,先用扁头春实后再用平头春,如图 1-7(c)所示。

③ 通气针。通气针用来在砂型中扎出通气的孔眼,有直、弯两种,如图 1-7(d)所示。

④ 起模针。起模针用于起出模样,其工作端为尖锥形,如图 1-7(e)所示,用锤子将其钉进模样适当位置,并左右轻轻敲击,然后提起模样,完成起模。

⑤ 手风箱。手风箱又称皮老虎,用来吹去散落在型腔内的型砂,如图 1-7(f)所示。

⑥ 镘刀。镘刀用钢材制造,有平头形、圆头形、尖头形等,如图 1-7(g)所示,用来修理砂型或型芯的较大平面,还可以用来挖浇冒口,切割沟槽和铸肋,修整砂坯及软硬砂床,把砂型表面的加强钉打入砂型等。

⑦ 秋叶。秋叶两头均为匙形,如图 1-7(h)所示,用来修整砂型型腔的曲面或窄小凹面。

⑧ 提钩。提钩用来修理砂型或型芯中深而窄的底面和侧壁,提取散落在型腔深窄处的型砂等,如图 1-7(i)所示。

⑨ 压勺。压勺用于修整砂型型腔的较小平面,开设浇注系统等,如图 1-7(j)所示。

## 4. 浇注系统

### 1) 浇注系统的组成

浇注系统包括浇口盆、直浇道、横浇道、内浇道等。浇注系统的任务是让液态金属连续、平稳、均匀地填充铸型型腔,能调节铸件各部分温度并起到挡渣的作用。若浇注系统设计不合理,铸件容易产生冲砂、砂眼、夹渣、浇不足、气孔和缩孔等缺陷。

(1) 浇口盆。浇口盆单独制作或直接在铸型中形成,用于接纳浇包流下的液态金属,减少液态金属的冲击,使液态金属平稳地流入浇道,并起挡渣和防止气体卷入的作用。图 1-8 所示为铸件的浇注系统。为了便于浇注,浇口盆多做成漏斗形或盆形,前者用于浇注中小型铸件,后者用于浇注大型铸件。



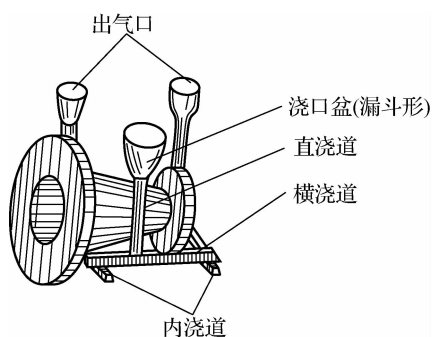


图 1-8 铸件的浇注系统

(2)直浇道。直浇道是连接浇口盆和横浇道的垂直通道,有一定的锥度,以便造型时取出浇口棒。液态金属依靠直浇道内高度产生的静压力,连续均匀地填满型腔。通常小型铸件直浇道高出型腔最高处 100~200 mm。

(3)横浇道。横浇道是连接直浇道和内浇口的水平通道,其截面形状多为梯形,一般开在上型的分型面以上的位置。横浇道将液体金属分配给各个内浇道并起挡渣作用。

(4)内浇道。内浇道是连接横浇道和型腔的通道,其作用是控制液态金属流入型腔的速度和方向,并调节铸件各部分的温度。内浇道的设置如图 1-9 所示。内浇道的形状、位置和数目以及导入液流的方向是决定铸件质量的关键要素。内浇道的截面形状一般为梯形、半圆形或三角形,其位置低于横浇道。内浇口不应开在铸件的重要部位上,而应开在能使液态金属顺着型壁流动,避免直接冲击型芯或砂型的凸出部分。同时,内浇口的布置应能满足铸件凝固顺序的要求。为使清除浇道时不损坏铸件,在内浇口与铸件的连接处还应带有缩颈,如图 1-10 所示。

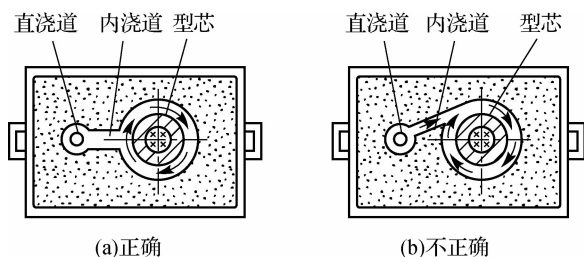


图 1-9 内浇道的设置

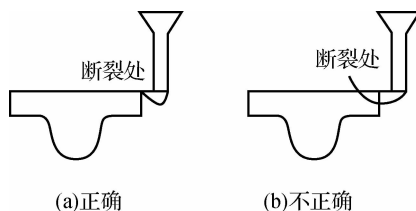


图 1-10 内浇道的缩颈

对于壁厚均匀、面积较大的铸件,应增加内浇口的数目和尺寸,使液态金属均匀、分散地进入型腔,避免冷隔和变形;对于壁厚相差较大、收缩量大的铸件,内浇口应开在厚壁处,以保证金属液体对铸件的补缩,有利于防止缩孔。

## 2) 浇注系统的类型

常用的浇注系统如图 1-11 所示,按内浇口的注入位置不同可分为以下几种。

(1)顶注式。顶注式浇注系统浇口开设在铸件顶部,其金属消耗少,补缩作用好,但容易冲坏砂型和产生飞溅,挡渣作用也差。顶注式浇注系统主要用于高度较小且形状简单、壁薄的铸件。

(2)底注式。底注式浇注系统浇口开设在铸件底部,浇注时液态金属流动平稳,不易冲坏砂型和产生飞溅,但补缩作用较差,不易浇满薄壁铸件。底注式浇注系统主要用于形状较复杂、壁厚、高度较大的大中型铸件。

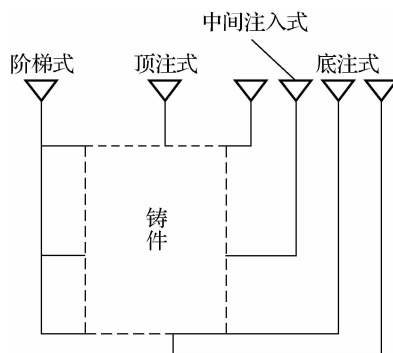


图 1-11 常用的浇注系统



(3)中间注入式。中间注入式浇注系统浇口介于顶注式浇口和底注式浇口之间,浇口开设方便,应用广泛。中间注入式浇注系统主要用于一些中型、高度较小,但水平尺寸较大的铸件。

(4)阶梯式。阶梯式浇注系统的内浇口从铸件底部、中部、顶部分层开设,因而兼有顶注式和底注式浇口的优点,主要用于高大铸件的浇注。

### 5. 冒口和冷铁

冒口的主要功能是补给铸件液态收缩和凝固收缩时所需的金属液,以避免产生缩孔,并具有排气和集渣的作用。冒口安置在铸件的最厚、最高处,一般在顶部。冒口多在浇注收缩性较大的金属(如钢、球墨铸铁、铝硅合金等)铸件时使用。

冷铁是为增大铸件厚大部位冷却速度而安放在铸型内的金属块。它的主要作用是实现顺序凝固,防止缩孔和缩松。另外,冷铁还具有减小铸件应力和提高铸件表面硬度和耐磨性的作用。冷铁通常由钢或铸铁制成。

铸件的冒口与冷铁的设置如图 1-12 所示。

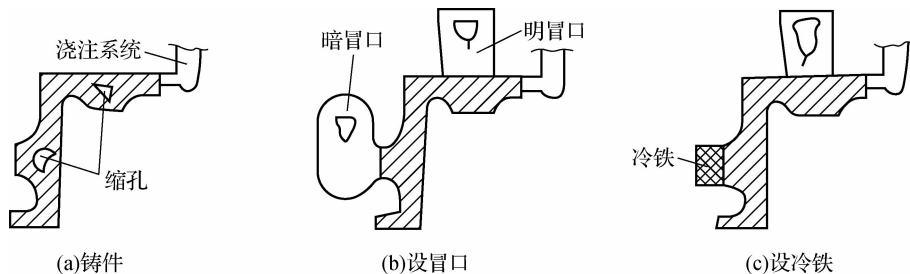


图 1-12 铸件的冒口与冷铁的设置

### 6. 合型

将上型、下型、型芯、浇口盆等组合成一个完整铸型的操作过程称为合型,又称为合箱。合型是制造铸型的最后一道工序,直接关系到铸件的质量。即使铸型和型芯的质量良好,若合型操作不当,也会产生气孔、砂眼、错箱、偏芯、飞翅和跑火等缺陷。合型操作的具体过程如下。

#### 1) 铸型的检验和装配

下芯前,应先清除型腔、浇注系统和型芯表面的浮砂,并检查其形状、尺寸和排气道是否通畅。下芯应平稳、准确,然后导通型芯和砂型的排气道,检查型腔主要尺寸,固定型芯,在芯头与芯座的间隙处填满泥条或干砂,防止浇注时金属液钻入芯头间隙而堵死排气道,最后平稳、准确地合上上型。

#### 2) 铸型的紧固

金属液浇入型腔后会产生较大的抬型力,因此,砂型合型后必须进行紧固后才能浇注。紧固的方法应根据砂型的大小、砂箱结构和造型方法来决定。

(1)小型砂型的紧固。小型铸件浇注时的抬型力不大,因此,可用压铁紧固。用压铁紧固砂型时应注意以下几点。

- ①压铁重力应大于抬型力。
- ②安放压铁时要小心轻放,且要压放在箱带或箱边上,位置要对称均衡。
- ③安放压铁时不能堵住出气孔,也不能妨碍浇注操作。

(2)中型砂型的紧固。中型砂型的抬型力较大,因此,需用卡子或螺栓紧固。紧固时应注意以下几点。





- ① 紧固前要在箱角处垫上垫铁,以免紧固时将砂型压崩。
- ② 紧固螺栓时最好在对称方向上同时进行,以免上型倾斜。紧固时用力要均匀。
- (3) 大型砂型的紧固。大型铸件的抬型力大,因此,常用大型螺杆与压梁来紧固。大型铸件的浇注高度较高,为了安全可在地坑中浇注。

### 三、轴承盖整模砂箱造型实训操作

图 1-13 所示为轴承盖零件的示意图。

#### 1. 造型前准备

按照铸造工艺要求准备模样、芯盒以及操作工具。

#### 2. 操作过程

##### 1) 安放平板模样及砂箱

按铸造的工艺方案将模样安放在造型平板的适当位置,如图 1-14 所示。套上下砂箱使模样与砂箱内壁之间有足够吃砂量。若模样容易粘砂,可撒一层防粘模材料,如石英粉等。

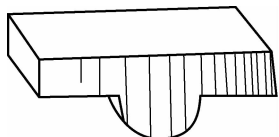


图 1-13 轴承盖零件的示意图



图 1-14 模样放置

##### 2) 填砂和紧实

在已安放好的模样表面筛上或铲上一层面砂,将模样盖住,如图 1-15 所示;在面砂上面铲加一层背砂,如图 1-16 所示;用砂春的扁头将分批填入的背砂分阶段分层春实,如图 1-17 所示;当填到最后一层背砂后,要用砂春的平头春实,如图 1-18 所示。

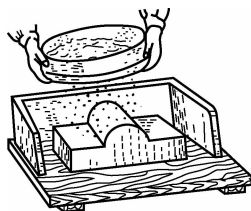


图 1-15 筛上面砂

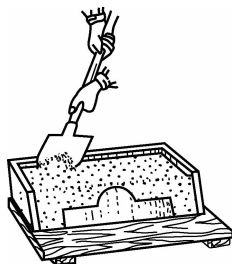


图 1-16 填背砂

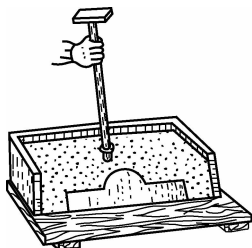


图 1-17 春背砂

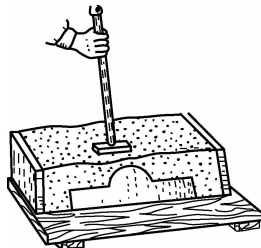


图 1-18 用砂春平头春实



动画  
三箱造型





### 3) 修整和翻型

刮去砂型上面多余的背砂后使其表面与砂箱四边平齐,如图 1-19 所示,再用通气针扎出分布均匀、深度适当的出气孔,将已造好的下型翻转 180°,如图 1-20 所示。



图 1-19 刮去多余的背砂

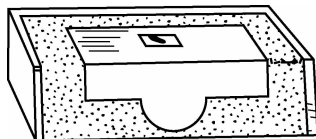


图 1-20 翻转后的下型



动画  
刮板造型

### 4) 修整分型面

用钹刀将分型面模样周围的砂型表面压光修平,撒上一层分型砂,再用手风箱吹去落在模样上的分型砂,如图 1-21 所示。

### 5) 放置上砂箱及撒防止粘模的材料

将与下砂箱配套的上砂箱安放在下砂箱上,再均匀地撒上防止粘模的材料,如图 1-22 所示。

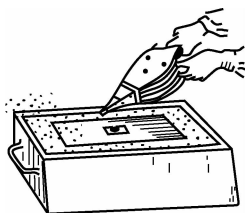


图 1-21 吹去模样上的分型砂

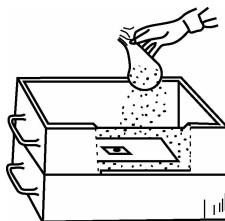


图 1-22 撒防止粘模的材料

### 6) 再次填砂和紧实

先放置浇冒口,浇冒口的位置要合理可靠,并先用面砂固定它们的位置。其填砂和舂砂方法与下砂箱操作相同。

### 7) 修整上型表面及开型

先用刮板刮去多余的背砂,使砂型表面与砂箱四边平齐,再用钹刀刮平浇冒口处的型砂,用通气针扎出气孔,取出浇冒口模样,在浇口处开设浇口盆。若砂箱没有定位装置,则还需要在砂箱外壁上、下型相接处做出定位记号(如泥号、粉号)。再移去上型,将上型翻转 180°后放平,如图 1-23 所示。

### 8) 再次修整分型面

清除分型面上的分型砂,用掸笔刷水润湿模样周围的型砂,准备起模,如图 1-24 所示。

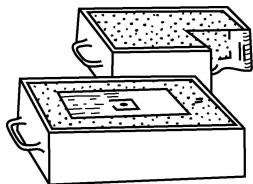


图 1-23 移去上型翻转平放

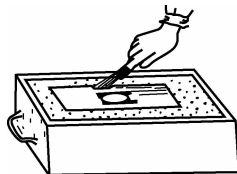


图 1-24 刷水





### 9) 敲模和起模

使模样向四周轻轻松动,再用起模针或起模钉将模样从砂型中起出,如图 1-25 所示。

### 10) 修型

先开挖浇注系统的横浇道和内浇道,如图 1-26 所示,并修光浇冒口系统表面。将砂型型腔损坏处修好,最后修整、刮平全部型腔表面。

### 11) 合型

按定位标记将上型合在下型上,放置适当重量的压铁,抹好箱缝,准备浇注。合型后的轴承盖砂型制作完成,如图 1-27 所示。



视频  
翻砂铸造

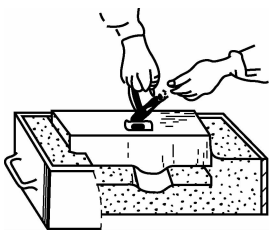


图 1-25 起模

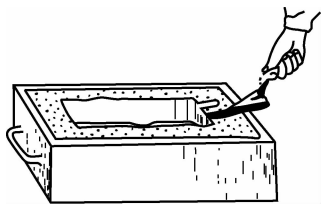


图 1-26 开挖横浇道和内浇道

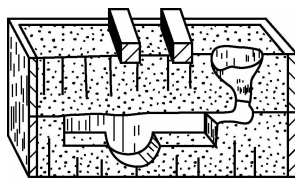


图 1-27 合型后的砂型

## 3. 操作要点

### 1) 模样放置

在造型平板上安放模样时应注意以下几个方面。

- (1) 注意模样的起模斜度方向,以保证模样容易从砂型中起出。
- (2) 应留出浇注系统冒口的安放位置。
- (3) 应使铸件的重要加工面处在浇注位置的底面或侧面。
- (4) 模样与砂箱内壁和顶面间必须留有 30~100 mm 的距离(即吃砂量)。

### 2) 填砂和舂砂

填入砂型中的型砂有面砂和背砂两种,贴近模样的为面砂,其余为背砂。面砂厚度由铸件的壁厚决定,一般舂实后为 20~60 mm,其余部分可用背砂分层填入和舂实。舂砂是造型过程中最基本的操作之一,其目的是使砂型紧实。合理的紧实度为:靠近砂箱内壁的型砂应比靠近模样的型砂紧;砂型下部要比上部紧,下型要比上型紧;砂型型腔表面的紧实度要大,以抵挡金属液的压力。舂砂时,对于小型模样,可用重物或手压住模样;对于较大模样,操作者可站在模样上舂砂,或用舂砂扁头在模样周围舂几下,将模样固定,然后从砂箱内壁处或砂箱内角处开始舂实,逐渐向中间模样靠近,使紧实度均匀。

### 3) 撒分型砂

上型的舂砂工作是放在下型上进行的,因而为了不使上、下型黏在一起,生产中常在分型面上均匀地撒一层很薄的隔离材料,即细粒度的干砂,通常称其为分型砂。注意模样表面的分型砂,特别是模样凹角处所撒落的分型砂一定要清理干净,否则将影响铸件表面质量。

### 4) 砂型的排气

在浇注时,砂型中会产生大量的气体,为了尽量排出气体,在造型时可采用以下工艺措施。

- (1) 扎出气孔。砂型舂实刮平后,用通气针扎出出气孔,并注意通气针的粗细应根据砂





型的大小来选用,出气孔的数目应保证每平方分米的面积上不少于5个;在不扎通砂型型腔表面的前提下,出气孔的深度越深越好,一般扎入的针尖距模样表面以5~10 mm为宜。

(2)设置出气冒口。出气冒口位置应设置在砂型型腔的最高部分。

#### 5)砂型定位

在合型时,上型必须准确地合在下型上,生产中常采用以下两种定位方法。

(1)定位销定位。在舂制上型前,先将上、下型通过定位销定好位,舂制好上型起模后在合型时,仍通过这个定位销来定位,如图1-28所示。

(2)泥号定位。当砂型上没有专用定位装置时,常用泥号作为砂型的定位标记,如图1-29所示。

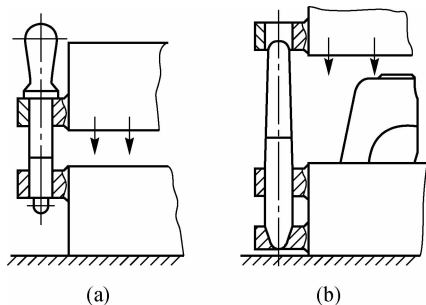


图 1-28 用定位销定位

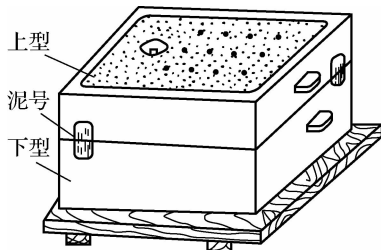


图 1-29 用泥号定位

#### 6)开型方法

将模样从砂型中取出的过程称为开型。开型的方法很多,有直接开型法、活动开型法、转动开型法、带模开型法、翻转开型法、异向开型法等。应注意,采用直接开型法时必须是垂直向上,否则砂型会损坏;采用转动开型法时,在转动轴附近,上、下型之间的箱把处要垫枕木等物,以防砂型滑移或摆动损坏砂型;当上、下型一起翻转时,要在预先准备好的松砂地上翻转,防止砂型损坏。

#### 7)起模

在起模前应做好准备工作,即刷水和敲模。对于小型铸件的起模,将起模针扎在模样重心上,用一只手垂直向上提起模针,另一只手拿木槌轻击模样,边敲边向上提;对于大中型铸件的起模,则应采用起重机起模,注意吊钩要对准模样的重心位置,边敲边起模,当模样起高30 mm左右时,应停止敲击和起模,用造型工具将模样四周的分型面修平,再继续起模,直到模样脱离型腔。

#### 8)修型

对砂型有损坏的地方应进行修整,称为修型。修型所用的造型材料为面砂。为了保证修型质量,在砂型需要修补的地方可先用水湿润。修型操作应该自上而下地进行,以防止修理好的砂型又被落下的散砂弄脏或损坏。在修补型腔平面时,要注意镋刀的拿法,不能在型腔表面用镋刀来回多次地刮平,以免使型腔的表面层和里层分离。修平面时,镋刀的拿法和运动方向如图1-30所示。图1-31~图1-35所示为常见的修型操作方法。



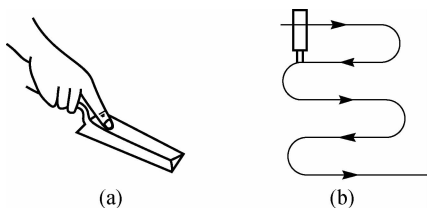


图 1-30 锉刀的拿法和运动方向

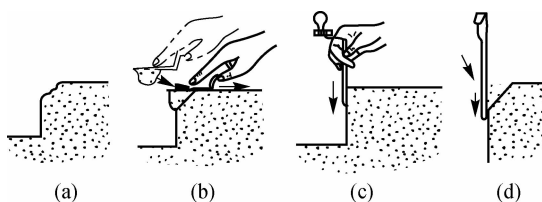


图 1-31 型腔两壁相交处的修补

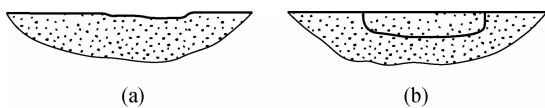


图 1-32 砂型薄层损坏处的修补

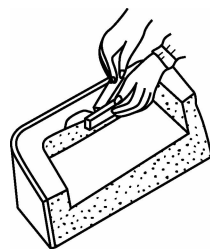


图 1-33 借助挡板修整型腔

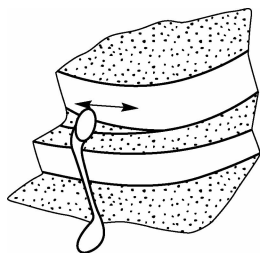


图 1-34 用秋叶修整型腔

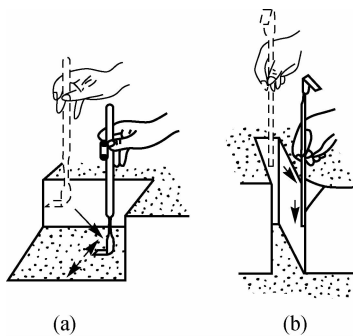


图 1-35 用提钩修补型腔

### 9) 开设浇冒口系统

在开设浇冒口系统时要注意以下几点。

(1) 内浇道的开设不能正对型芯和型腔内的薄弱部分,防止浇注时冲坏型芯或砂型。

(2) 内浇道不能开设在横浇道的两个端部和上面,以及直浇道的下面,这是为了让金属液中的杂质能存留在横浇道中,防止流入型腔。

(3) 内浇道开设的数目是根据铸件的大小、形状、材质及壁厚情况来确定的。对于结构简单的小型铸件,可不设横浇道,只开设一条内浇道,并直接与直浇道相连。根据浇冒口的作用,应将其开设在铸件浇注位置的最高处。

### 10) 刷涂料或敷料

在砂型型腔表面刷涂料或敷料的目的是防止铸件表面粘砂。涂料在使用之前,必须搅拌均匀,因为涂料是一种悬浊液,容易产生沉淀。若型腔表面需经多次涂刷,第一层涂料的浓度应稍大,刷后用锉刀修光型腔表面,最后一层使用较稀的涂料涂刷。除了在型腔表面应刷涂料外,在分型面、型腔交接处、浇冒口系统、芯头和芯座等处,也应刷适当的涂料层。



## 四、注意事项

- (1) 进入车间要穿好工作服、工作鞋,戴好工作帽。
- (2) 行走时要注意地面的工件和空中行车。
- (3) 砂箱码放要稳固,防止倒塌伤人。
- (4) 工作场地要经常保持干净,砂箱和型(芯)砂要堆放在规定的区域内,留出浇注道路及人行通道。
- (5) 造型时,不要用嘴吹砂,以免砂粒飞入眼内。搬动或翻转砂箱时,要用力均匀,小心轻放,不要压伤手脚。

## 五、评分标准

班 级		姓 名		学 号	
实 训	砂箱造型				
序 号	检测内容	配分	扣分标准	学生自评	教师评分
1	砂型、型芯紧实度均匀、适当	15	酌情扣分		
2	型腔各部分形状和尺寸符合要求	15	酌情扣分		
3	砂型定位号准确可靠	5	酌情扣分		
4	浇冒口的开设位置、形状符合要求	10	酌情扣分		
5	型腔内无散砂,合型准确,压型安全可靠	10	酌情扣分		
6	砂型分型面平整	5	酌情扣分		
7	表面光滑,轮廓清晰,圆角均匀	10	酌情扣分		
8	出气孔的数量和分布合理	10	酌情扣分		
9	浇冒口表面光滑,各浇道连接部分圆角均匀	10	酌情扣分		
10	遵守纪律和行为规范	10	酌情扣分		
综合得分		100			



## 复习思考题

1. 型砂主要由哪些原料组成? 它应具备哪些性能?
2. 什么是分型面? 选择分型面时必须注意什么问题?
3. 造型的基本方法有哪几种? 各种造型方法的特点及其应用范围如何?
4. 浇注系统由哪几部分组成? 开设内浇道时要注意哪些问题?





## 实训二 金属的熔炼与浇注



### 知识目标

- 了解铸造加热设备的使用性能;
- 掌握熔炼加工的工艺参数。



### 技能目标

- 能独立完成熔炼、浇注、落砂等操作。

### 一、实训内容

轴承盖砂型熔炼和浇注操作训练。

### 二、工艺知识

#### 1. 熔炼

金属熔炼的质量对能否获得优质铸件有着重要的影响。金属液的化学成分不合格,会降低铸件的力学性能和物理性能。金属液的温度过低,会使铸件产生冷隔、浇不足、气孔和夹渣等缺陷。

熔炼是通过加热使金属由固态转变为液态,并通过冶金反应去除金属液中的杂质,使其温度和成分达到规定要求的过程和操作。熔炼是铸造生产中的重要环节,直接影响到铸件质量和生产率等。熔炼金属常用冲天炉、电炉和感应炉等。

##### 1) 金属的熔炼工艺流程

(1) 根据铸件技术要求所规定的合金牌号,可查出合金的化学成分范围,从中选定化学成分。

(2) 根据元素的烧损率和成分要求,进行配料计算,得出各种炉料的加入量,并选择炉料。若炉料受到污染,则需要进行处理,保证所有的炉料清洁、无锈,并在投料前进行预热。

(3) 检查和准备熔炼用具,涂刷涂料并预热,防止气体、夹杂物和有害元素的污染。

(4) 加料。一般加料顺序为:回炉料、中间合金和新金属料。低熔点、易氧化的金属料如镁在其他金属熔化之后加入。

(5) 为了减少合金液的吸气和氧化的污染,应尽快熔化,防止过热,根据需要,有的合金液须加覆盖剂保护。

(6) 金属熔化后,进行精炼处理,以净化合金液,并进行精炼效果的检验。

(7) 根据需要进行变质处理和细分组织处理,以提高性能,并检验处理效果。

(8) 调整温度进行浇注。有的合金在浇注前要进行搅拌,以防发生比重偏析。

##### 2) 铸造铝合金的熔炼

(1) 炉料准备。炉料由新金属、中间合金、回炉料等组成。

① 新金属。新金属是炉料的主要组成,纯度高,可用来稀释回炉料中带入的杂质含量。国标中可查到新金属的牌号、等级、纯度及用途。



视频  
熔模铸造过程





②中间合金。为便于加入某些难熔合金元素,如铜、锰、硅等,或成分严格控制的元素如铈、锆、稀土等,需预先将其与纯铝制成中间合金。对中间合金的要求是:熔点和铝液温度接近,合金元素比例尽可能高,化学成分均匀,冶金质量好,易于破碎配料称重等。熔制中间合金的方法有直接熔化法和铝热法。

③回炉料。回炉料可分成三类:第一类包括成分合格的报废铸件、浇冒口等,可直接使用;第二类包括小毛边、浇口中剩余的金属、冲压车间的边角料等,需重熔成再生合金锭方能使用;第三类包括熔渣、切屑、炉底残渣及化学成分不合格又无法调整的废金属,如铁含量较高,需经专业化的冶金厂重熔成再生合金锭。

回炉料具有遗传性。遗传的内容包括纯度遗传和组织遗传两种。纯度高、晶粒细的回炉料遗传质量高,熔制的合金质量也会高,有时比等级较低的新金属熔制的合金质量更好。

(2)配料计算。配料计算的任务是按照指定的合金牌号,计算出每一炉次的炉料组成及各种熔剂的用量。计算的依据是:新金属料、回炉料、中间合金的化学成分和杂质含量,各元素的烧损率,每一炉次的投料量等。

(3)炉料处理。炉料的合理保存及管理对于保证合金的质量有很重要的意义。一般设有专门的炉料仓库,由专人负责管理。各种不同的炉料按种类、成分、品级分别存放,每批炉料均必须附有成分化验单,只有这样才能保证配料时化学成分的准确性。对于浇冒口、废铸件等回炉料,如系直接回炉使用,应按炉次分别堆放,浇冒口中的铁质过滤网在回炉前应予除掉。各种炉料安放处应保证干燥,如炉料受潮而腐蚀,应在装炉前进行吹砂以除去表面腐蚀层。

(4)安排炉料的加入次序。安排炉料的加入次序所应遵循的基本原则是加速熔化过程,并尽可能地减少损耗(特别是容易氧化、易挥发的合金元素的烧损)。例如,在熔制铝合金时应先加入中等尺寸的回炉料及铝硅中间合金,因为它们熔点较低,并且是中等块料,故能在坩埚底部形成熔池,有利于加速熔化过程并减少氧化。若先加入大块难熔的炉料,势必大大延长熔化过程,延缓熔池的形成,增加氧化和吸气。若在中等块炉料上加上较大块的回炉料及纯铝锭,由于它们渐渐浸没在不断增大的熔池中,故能很快地一同熔化。当炉料中主要组成部分均已完全熔化后,再加入数量较少、熔点较高的中间合金(如铝锰、铝钛等中间合金),并适当升高熔池温度,进行搅拌以加速其熔化。最后再加入易氧化、挥发的合金元素(如镁),加入时应迅速压入熔池,以减少损耗。

综上所述,在考虑加入合金元素的方式和规范时,所应遵循的原则是:保证合金液高质量的同时,注意降低成本,减少加入元素的损耗和保证操作时的安全生产。

(5)熔炼工具处理。使用前应仔细地除去黏附在表面的铁锈、氧化渣、旧涂料层等脏物,然后涂上新涂料,预热烘干后方可使用。熔化浇注工具或转运铝液的坩埚在使用前应充分预热。

## 2. 浇注

把液体金属浇入铸型的过程称为浇注。浇注工艺是否合理、规范不但影响铸件的质量,而且关系到人身安全。在浇注的过程中应严格按照规范操作,控制好浇注速度和浇注温度。

### 1) 浇包

浇包是浇注常使用的工具,如图 1-36 所示。浇包在使用前应烘干,以免降低铁液温度





或引起铁液飞溅。浇包按容量可分为吊包、手提浇包、抬包。



图 1-36 浇包

(1)吊包。吊包的容量在 200 kg 以上,用吊车装运进行浇注,适用于浇注大型铸件。吊包有一个操纵装置,浇注时,能倾斜一定的角度,使金属液流出。这种浇包可减轻工人的劳动强度,改善生产条件,提高劳动生产率。

(2)手提浇包。手提浇包的容量在 20 kg 左右,用于浇注小铸件。特点是适合一人操作,使用方便、灵活,不容易伤害操作者。

(3)抬包。抬包的容量在 50~100 kg 左右,适用于浇注中小型铸件。至少要有两人操作,使用也比较方便,但劳动强度大。

## 2) 浇注工艺

(1)浇注温度。金属液浇注温度的高低应根据合金的种类、生产条件、铸造工艺、铸件的技术要求而定。如果浇注温度选择不当,就会降低铸件的质量,影响其力学性能。一般而言,浇注温度过低,金属液的流动性就差,杂质不易清除,容易产生浇不足、冷隔和夹渣等缺陷;但金属液温度过高,会使铸件晶粒变粗,容易产生缩孔、缩松和粘砂等缺陷,甚至会使铸件的化学成分发生变化。确定浇注温度应从以下几方面综合考虑:一般情况下,熔点高的合金,其浇注温度就高;浇注薄壁零件时,要求金属液有较好的流动性,浇注温度应适当提高;对于铝合金等非铁合金,由于它们的晶粒大小对铸件力学性能的影响较大,并容易形成裂纹和气孔等缺陷,故宜采用较低的浇注温度,但也不宜过低。

(2)浇注速度。浇注速度的快慢对铸件质量的影响也较大。若浇注速度较快,金属液能顺利地进入型腔,减少了金属液的氧化时间,使铸件各部分温度均匀、温差缩小,从而减少铸件的裂纹和变形,同时也提高了劳动生产率,但缺点是高速冲下来的金属液容易溅出伤人或冲坏砂型;若浇注速度较慢,铸件各部分的温差增大,容易使铸件产生裂纹和变形,也容易产生浇不足、冷隔、夹渣、砂眼等缺陷,并降低了劳动生产率。因此,应根据铸件的具体情况合理选择浇注速度。通常,浇注开始时,浇注速度应慢些,以减少金属液对型腔的冲击,有利于型腔中的气体排出;然后加快浇注速度,以防止产生冷隔和浇不足等缺陷;浇注要结束时,减慢浇注速度,以防止发生抬箱现象。

## 3. 铸件的落砂和清理

铸件浇注完毕并冷却凝固后,还必须进行落砂和清理等工作。

### 1) 落砂

将铸件从砂型中取出来的操作称为落砂。落砂时应注意铸件的温度。落砂过早,铸件





温度太高,在空气中急冷而在表面产生硬皮,难以加工,而且还会增加铸件内应力,引起变形和裂纹;落砂过晚,铸件的冷却收缩会受到铸型和砂芯的阻碍,形成收缩应力,同样会引起铸件变形和裂纹,还会使铸件晶粒粗大。落砂的方式有手工落砂和机械落砂两种,在大量生产中,一般用落砂机进行落砂。

## 2) 铸件清理

落砂后的铸件必须经过清理工序,才能使其表面满足要求。清理工作主要包括以下内容。

(1)除芯。除芯是从铸件中去除芯砂和芯骨,可用手工、震动出芯机或水力清砂装置将其从铸件内腔中清除。

(2)清除浇冒口。中小型铸铁件的浇冒口一般采用敲击法去除,铸钢件采用气割去除,有色金属铸件采用锯削去除。

(3)表面清理。表面清理指从落砂后的铸件表面去除粘砂、毛刺和浇冒口残留痕迹等,使铸件外表面达到要求。表面清理多用手动、风动工具,也可使用滚筒、喷砂、弹丸等新技术。

(4)时效处理。铸件壁厚不均、冷却速度不同,造成各部分收缩不一致而产生内应力,从而使铸件产生变形,甚至出现裂纹。时效处理又分为自然时效和人工时效,其主要目的就是消除内应力。自然时效是把铸件露天堆放一年以上,使内应力自然消除。人工时效一般把铸件加热到 $550\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 $2\sim 4\text{ h}$ ,然后随炉缓冷;必要时还需高温退火,把铸件加热到 $900\sim 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 $2\sim 5\text{ h}$ 后随炉缓冷,可使白口铸铁中的渗碳体分解成石墨,以消除白口组织,便于加工。

## 三、轴承盖砂型熔炼和浇注实训操作

### 1. 金属的熔炼

用金属熔炼设备熔炼金属。

### 2. 金属液的浇注

用浇包浇注时,金属液流应对准浇口盆,浇包高度要适宜。要一次浇满铸型,不能断断续续地浇注,以防铸件产生冷隔现象。浇注时,应保持浇口盆充满金属液,否则熔渣会进入型腔。若型腔内金属液沸腾,应立即停止浇注,用干砂盖住浇口。型腔充满金属液后,应稍等一些时间,再在浇口盆内补浇一些金属液,在上面盖上干砂以保温,防止产生缩孔和缩松。

### 3. 铸件的落砂与清理

铸件冷却到合适温度后进行落砂,落砂后的铸件如图 1-37 所示。最后清除铸件浇冒口,去除毛刺和清理铸件表面粘砂,浇注操作完成。

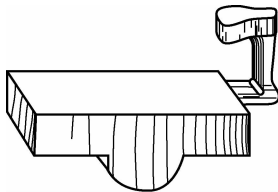


图 1-37 落砂后的铸件



动画  
金属型铸造





## 四、注意事项

- (1) 浇注前应清理生产现场,了解铸型情况,估计好铁液的重量,铁液不够时不应浇注。
- (2) 尽量事先除去浇包内浮在铁液表面的熔渣,以利浇注时扒渣或挡渣。
- (3) 开始时应细流浇注,防止飞溅;结束时也应细流浇注,防止铁液溢出,并可减少抬箱力。
- (4) 应注意及时引燃从铸型的冒口和出气孔中排出的气体,防止 CO 等有害气体污染空气。
- (5) 浇注过程中不能出现断流,应使浇口盆始终保持充满液态金属,以利于熔渣上浮。
- (6) 铸件凝固后应及时卸去压铁和砂箱紧固装置,以防铸件受到过大的铸造应力而产生裂纹。

## 五、评分标准

班 级		姓 名		学 号	
实 训	金属的熔炼与浇注				
序 号	检测内容	配分	扣分标准	学生自评	教师评分
1	熔炼	20	酌情扣分		
2	浇注	20	酌情扣分		
3	落砂和清理	20	酌情扣分		
4	铸件质量	20	酌情扣分		
5	工艺过程	10	酌情扣分		
6	遵守纪律和行为规范	10	酌情扣分		
综合得分		100			



### 复 习 思 考 题

1. 铸造铝合金有哪些炉料? 各起什么作用?
2. 液态金属浇注时,型腔中的气体从哪里来? 应采取哪些措施防止铸件产生气孔?
3. 浇注温度过高或过低会产生什么后果?
4. 浇注速度的快慢对铸件有何影响? 浇注时断流会产生什么缺陷?