

中等专业学校试用教材

# 金属工艺学

(工科机械制造类专业用)

下 册

许德珠 司乃钧 主编

高等教育出版社

中等专业学校试用教材

# 金属工艺学

(工科机械制造类专业用)

下 册

许德珠 司乃钧 主编

1576024

高等教育出版社



B 186160

## 内 容 提 要

本书是根据1982年1月教育部审定的中等专业学校机械类专业通用《金属工艺学教学大纲》(试行草案)编写的试用教材。

全书分上、下两册出版。下册内容包括:铸造生产、金属压力加工、金属的焊接。

本书可作为中等专业学校工科机械制造类专业“金属工艺学”课程的教材,也可供有关工程技术人员和技术工人参考。

中等专业学校试用教材  
**金 属 工 艺 学**  
(工科机械制造类专业用)

下 册

许德珠 司乃钧 主编

\*

高等教育出版社出版  
新华书店上海发行所发行  
上海市印刷三厂印装

\*

开本 787×1092 1/16 印张8.75 插页1 字数200,000

1984年4月第1版 1984年10月第1次印刷

印数 00,001—18,500

书号 15010·0592 定价 0.96 元



# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第十四章 铸造生产</b> .....       | 1   |
| § 14-1 砂型铸造.....             | 1   |
| § 14-2 铸造合金及其熔炼.....         | 10  |
| § 14-3 浇注、落砂、清理和铸件常见的缺陷..... | 16  |
| § 14-4 铸件结构设计.....           | 19  |
| * § 14-5 特种铸造.....           | 33  |
| 复习题.....                     | 40  |
| <b>第十五章 金属压力加工</b> .....     | 42  |
| § 15-1 压力加工的基本原理.....        | 42  |
| § 15-2 坯料的加热和锻件的冷却.....      | 50  |
| § 15-3 自由锻造.....             | 52  |
| § 15-4 模型锻造.....             | 60  |
| * § 15-5 板料冲压.....           | 71  |
| § 15-6 轧制、挤压和拉丝.....         | 81  |
| * § 15-7 其它压力加工方法.....       | 87  |
| 复习题.....                     | 92  |
| <b>第十六章 金属的焊接</b> .....      | 93  |
| § 16-1 手工电弧焊.....            | 94  |
| § 16-2 气焊与气割.....            | 105 |
| * § 16-3 其它焊接方法.....         | 109 |
| § 16-4 焊接应力与变形.....          | 117 |
| § 16-5 常用金属材料的焊接.....        | 120 |
| § 16-6 常见的焊接缺陷及其产生的原因.....   | 123 |
| § 16-7 焊接质量检验.....           | 123 |
| § 16-8 焊接结构的工艺性.....         | 126 |
| 复习题.....                     | 130 |
| 附表 手工电弧焊焊接接头的基本型式与标注方法.....  | 131 |
| 参考资料.....                    | 135 |
| 钢的加热温度与火色对照图(插页)             |     |

## 第十四章 铸造生产

将熔化的金属浇注到具有与毛坯形状相同的铸型型腔中,冷却凝固后即获得毛坯的方法,称为铸造生产。用铸造方法制造的毛坯件称为铸件。对于尺寸精度和表面光洁度要求不高的零件,铸出后可以不经过加工直接使用。但大多数铸件的装配部分还需要进一步加工才能使用。

在一般机械设备中,铸件约占整个机械设备重量的45~90%,汽车铸件重量约占40~60%,拖拉机的铸件重量约占70%,金属切削机床的铸件重量约占70~80%,矿山机械、重型机械、水力发电设备的铸件重量约占85%以上。在国民经济其它各个部门中,也广泛采用各种各样的铸件。

铸件之所以被广泛应用,是因为铸造与其它金属加工方法相比,具有以下一些特点:

1. 能够制造各种尺寸和形状复杂(尤其是具有复杂内腔)的铸件。铸件的轮廓尺寸可小至几毫米,大至十几米;重量可小至几克,大至数百吨。
2. 铸件的形状和尺寸与零件很接近,因而节省了金属材料 and 加工的工时。精密铸件可省去切削加工,直接用于装配。
3. 各种金属合金都可以用铸造方法制成铸件,对于一些塑性差不宜锻压或材料特性不宜焊接的合金件(如铸铁件、青铜件等),铸造是一种较好的加工方法。
4. 铸造所用的原材料来源方便,价格低廉,而且可以回收使用。一般情况下,铸造生产不需要大型、精密的设备,生产周期较短,生产率高。因此,铸件的成本较低。

近年来,由于铸造合金及铸造工艺技术的发展,尤其是精密铸造的发展,使铸件的表面质量、机械性能都有了很大的提高,所以铸件的应用范围日益扩大。但是,铸造生产目前也存在着一些问题,例如铸件组织粗大,内部常出现缩孔、缩松、气孔、砂眼等缺陷,所以性能不如锻件;铸造生产工序较多,有些工艺过程难以控制,质量不够稳定,废品率较高等。因此,对于承受动载荷的重要零件一般不采用铸件作毛坯。

铸造的种类很多,最基本的方法是砂型铸造。此外,还有许多特种铸造的方法,如金属型铸造、压力铸造、离心铸造和熔模铸造等。

### § 14-1 砂型铸造

用型砂和型芯砂制造铸型的铸造方法称为砂型铸造,其工艺过程如图14-1所示。

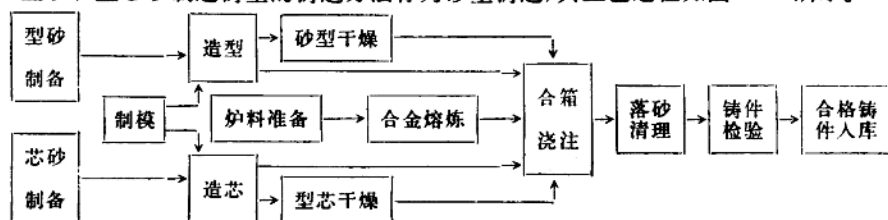


图 14-1 砂型铸造生产过程

## 一、模型和型芯盒

模型的外形应当和铸件的外形相适应，型芯盒的内腔形状也应与铸件的內腔形状相适应。

按组合的形式，模型可分为整体模和分离模，按照制模的材料，可分为木模和金属模。木模应用较多，它具有质轻、价廉和易于加工等优点。但强度和硬度较低，容易变形和损坏，一般只用于单件和小批量生产。金属模具有强度高，尺寸精确，表面光洁，使用寿命长等优点，但制造较困难，生产周期长，成本高，常用于机器造型和大批量生产。

型芯盒也可用木材或金属制成，一般都做成分离的，以便于制造和取出型芯。

模型和型芯盒的形状和尺寸不能完全按照零件图来制造，还必须考虑：在铸件需要切削加工的表面上留出加工余量；铸件在冷却凝固过程中产生的收缩量；模型和型芯盒的垂直部分要有拔模斜度等。

## 二、造型材料

用于制造砂型和型芯的材料，称为造型材料。包括型砂、芯砂和涂料等。合理的选用和配制造型材料，对提高铸件质量，降低成本具有重要的意义。

### （一）型砂和型芯砂应具有的主要性能

1. 可塑性 型砂在外力的作用下，容易形成与模型相同的轮廓，当外力去除后，仍能保持其形状的能力称为可塑性。这种性能对于能否制出轮廓完整、清晰而准确的砂型是很重要的。

2. 强度 型砂在成形后受到外力的作用，不易变形和不易破坏的能力称为强度。使用有足够强度的型砂造型，可以保证铸型在制造、搬运以及浇注液态金属时，不致变形或毁坏。

3. 透气性 型砂允许气体通过的能力称为透气性。当液态金属浇入铸型后，砂型和型芯在高温作用下，会产生大量气体，液态金属内部也会分离出气体。如果型砂的透气性不好，部分气体就会留在液态金属内不能排出，铸件中便会出现气孔。

4. 耐火性 在高温液态金属的作用下，型砂不软化、不熔融的性能称为耐火性。耐火性不好时，砂粒会粘在铸件表面上形成一层硬皮（粘砂），使切削加工困难。粘砂严重的铸件，难以清理和加工，可能成为废品。

5. 容让性 铸件冷却收缩时，成形的型砂和芯砂可以被压缩的性能称为容让性，如果型砂或芯砂的容让性不好，就会阻碍金属收缩，使铸件产生内应力，甚至发生变形或裂纹等缺陷。

由于浇注后，型芯被高温液态金属所包围，因此，芯砂对上述性能的要求比型砂更高。此外，还要求芯砂的吸湿性要小，发气量要少以及出砂性要好等特殊性能。

### （二）型砂和芯砂的组成

1. 型砂的组成 型砂是由原砂、粘结剂、附加物、旧砂和水按一定的比例搅拌混合制备而成。

原砂的主要成分是石英( $\text{SiO}_2$ )，石英的颗粒坚硬，耐火性高达 $1710^\circ\text{C}$ ，砂中 $\text{SiO}_2$ 含量愈高，其耐火性愈好。砂粒以球形，大小均匀为佳。

粘结剂一般使用粘土和膨润土，有时也用水玻璃、植物油（如桐油、亚麻仁油等）、合脂（制皂工业的副产品）及合成树脂作粘结剂。在型砂中加入适量的粘结剂可使型砂具备塑性，便于造型

以及具有一定的强度,但仍保持着良好的透气性。

常用的附加物是煤粉和木屑。加入煤粉可以防止铸铁件表面粘砂。因为当浇入高温液态金属时,煤粉燃烧后产生气体,使铸件与型砂不直接接触。加入木屑可改善型砂的容让性和透气性。

为了节约新砂,对于已用过的旧砂,经过适当处理后,还可以掺在型砂中使用。

2. 芯砂的组成 一般的芯砂是用原砂和粘土拌合而成的,由于透气性差等缺点,只适用于制造不重要的型芯。对于尺寸小、形状复杂和较重要的型芯,需要用植物油作粘结剂来制造,这种芯砂的强度、透气性、容让性和出砂性都较好。但植物油是重要的工业原料,应尽量少用,近年来多用合脂作为植物油的代用品。

### (三) 辅助材料

为了进一步防止铸件表面粘砂,并使铸件表面光滑,还应在铸型与型芯的表面覆盖一层耐火材料。通常在铸铁件的湿铸型表面,撒上石墨粉或滑石粉,在铸钢件的湿铸型表面,撒上石英粉。

对于干铸型和型芯表面,则可以刷上一层涂料。铸铁件用石墨粉、耐火粘土和水拌合作涂料;铸钢件用石英粉、耐火粘土和水拌合作涂料。

## 三、造型方法

用型砂制造铸型的过程称为造型。造型过程对于保证铸件尺寸精度和提高铸件质量有着重要的影响。造型方法可分为手工造型和机器造型两大类。

### (一) 手工造型

实际生产中,由于铸件的大小、形状、铸造合金、生产批量、铸件的技术要求、生产周期以及生产条件等的不同,手工造型的方法也不同。手工造型法主要用于单件、小批量生产。常用的造型方法有以下几种。

1. 整模造型(图 14-2) 整模造型的模型是一个整体,造型时模型全部放在一个砂箱内,铸型型腔多在下砂箱,上砂箱一般是一个平面。这种造型方法操作简便,适用于生产各种批量而形状简单的铸件。

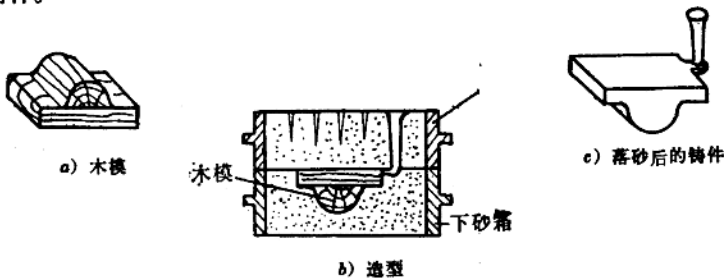


图 14-2 整模造型

2. 分模造型(图 14-3) 分模造型的模型一般是沿最大截面分成两半并用销钉定位,所以造型时模型是分别在上、下砂箱内的。这种造型方法操作简便,应用广泛,适用于生产形状较复杂的铸件,以及带孔的铸件,如套筒、阀体、管子、箱体等。

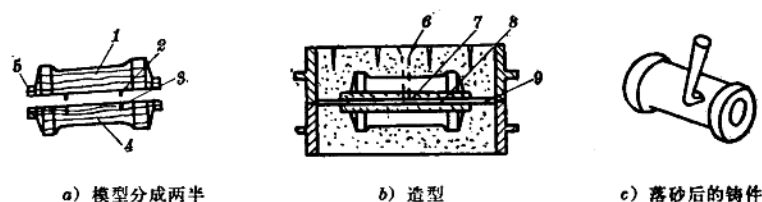


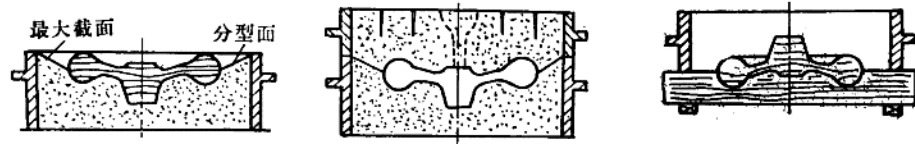
图 14-3 分模造型

1—上半模；2—销钉；3—销钉孔；4—下半模；5—型芯头；6—浇口；7—型芯；8—型芯通气孔；9—排气道

3. 挖砂造型和假箱造型 如果铸件的外形轮廓为曲面或阶梯面，其最大的截面亦为曲面，而模型又不允许作成两半(模型太薄或制造分模困难)，也可以将模型做成整体。为了能起出模型，造型时可以用手工挖去阻碍起模的型砂，这种方法称为挖砂造型。图 14-4 为手轮铸件的挖砂造型过程。



a) 手轮坯木模，分型面不平，不能分成两半 b) 放置木模，开始造下砂型



c) 翻转，挖出分型面 d) 造上砂型，起模，合箱

图 14-4 挖砂造型

图 14-5 假箱造型

挖砂造型费工，生产率低，要求操作水平较高，只适用于单件、小批量生产。

为了克服挖砂造型的缺点，保证铸件的质量，提高生产率，在造型时可用成型底板代替平面底板安放模型，或用强度较高的型砂舂紧制成砂质成型底板，以代替平面底板进行造型(这种砂质成型底板只在造型时使用，不用于合型浇注，要求能够多次使用，故称假箱)。这种造型方法称为假箱造型或胎模造型(图 14-5)。

假箱造型比挖砂造型简便，分型面整齐，适用于小批或成批生产。

4. 活块造型(图 14-6) 制作模型时，将零件上妨碍起模的部分(如小凸台、筋条等)做成活动的，称为活块。造型起模时，先取出模型主体，然后再从侧面单独取出活块。采用带有活块的模型进行造型的方法，称为活块造型。

活块造型要求工人技术水平较高，而且生产率低，只适用于单件小批生产。



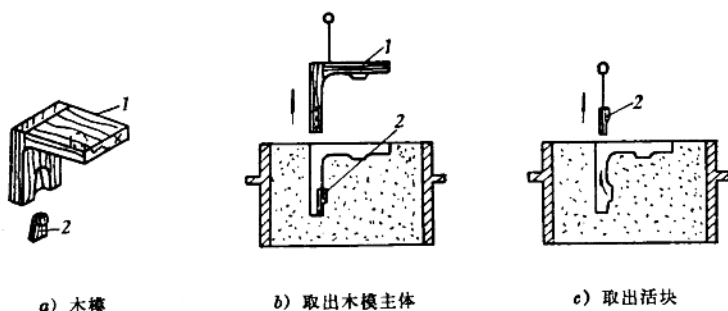


图 14-6 活块造型

1—模型主体； 2—活块

5. 三箱造型 当铸件外形具有两端截面大而中间截面小时，用一个分型面取不出模型。需要从小截面处分开模型，并用两个分型面，三个砂箱进行造型，这种方法称为三箱造型。

图 14-7 为三箱造型的铸型装配图，造型的过程是先做下（上）箱，再做中箱，最后做上（下）箱。

三箱造型操作复杂、费工、生产率低，不能用机器造型（不能造中箱），只适用于单件小批生产。

6. 刮板造型 造型时用一个与铸件截面形状相应的木板（称为刮板）代替模型，来刮出所需铸型的型腔，这种方法称为刮板造型。刮板造型分为绕轴线旋转的（称为车板）及沿导轨往复移动的两类。

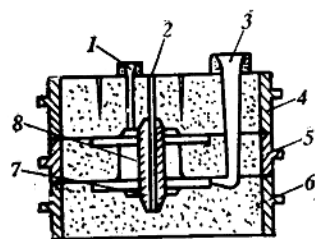
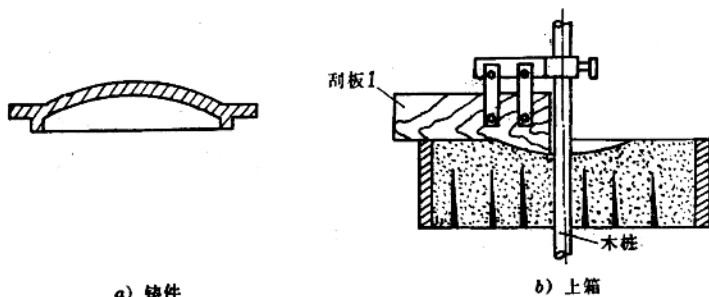


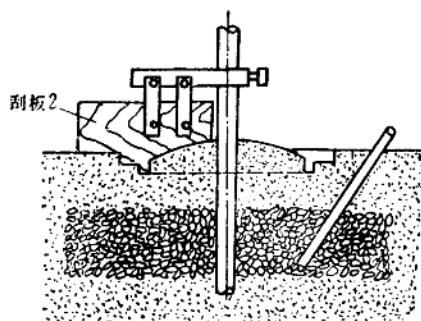
图 14-7 三箱造型

1—出口；2—排气道；3—浇口；4—上箱；5—中箱；6—下箱；7—型芯；8—型腔

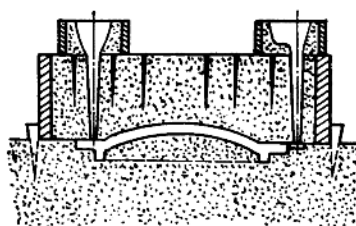
图 14-8 为圆盖铸件的刮板造型过程。刮板造型具有节约材料、降低模型成本、缩短生产周期等优点。但是生产率低、要求工人技术水平较高。只适用于有等截面的大、中型回转体铸件的单件小批生产，如带轮、大齿轮、飞轮、弯管等。

刮板造型可在砂箱内进行，下箱也可以利用地面进行刮制。这样可以节省下箱并降低了铸





c) 下箱



d) 合箱、浇注

图 14-8 圆盖铸件的刮板造型

型的高度, 便于浇注。

## (二) 机器造型

机器造型是用模板(模型与底板牢固地组成一体, 称为模板)和双砂箱在专用的造型机上进行的。它主要是使紧砂和起模两个基本操作实现机械化。较完善的造型机能使整个造型过程(包括填砂、搬动和翻转砂箱等)自动进行。

机器造型改善了劳动条件, 提高了生产率, 而且铸件尺寸精确、表面光洁、加工余量小、适用于大批量生产。随着我国铸造生产向着集中和专业化方向发展, 机器造型的比重将会日益增加。

1. 紧砂方法 常用的紧砂方法主要有压实、震实、震压、抛砂和射砂等几种型式, 其中震压方法应用最广。

常用的震压式造型机工作原理如图 14-9 所示。工作台 1 上固定着模板 2, 上面放着填满型砂的砂箱 3。压缩空气沿着震实进气口 8 进入震实活塞 5 的下面, 带动工作台及砂箱上升, 当打开排气口 9 后, 活塞下面的压力下降, 带着砂箱的工作台下落, 产生了一次撞击作用。如此反复多次震击就可以紧实型砂。型砂震实后, 再使压缩空气进入压实气缸 10 的下面, 推动压实活塞 6, 带动工作台再次上升。当型砂触及上面的压头 7 后, 型砂便被压实。然后使压实气缸排气, 砂箱下降, 完成了紧砂过程。

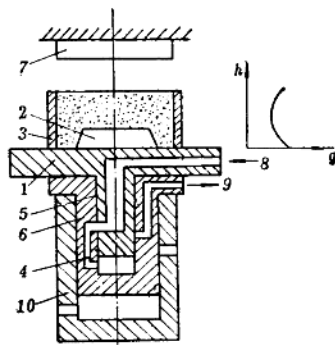


图 14-9 震压式造型机

1—工作台; 2—模板; 3—砂箱; 4—震实气路; 5—震实活塞; 6—压实活塞; 7—压头; 8—震实进气口; 9—震实排气口; 10—压实气缸; h—砂箱高度; g—型砂紧实度

震压紧砂法可使型砂的紧实度分布较为均匀, 并且生产率高, 它是生产中, 小型铸件的基本方法。

抛砂紧实法是利用抛砂机机头中高速旋转的叶片,将传送带运来的型砂在机头内初步紧实,并呈团状被高速抛入砂箱中,使型砂紧实。由于机头可沿水平面运动,故可紧实大尺寸的铸件。抛砂紧实法可同时完成填砂与紧实两个工序,生产率高,适于生产任何批量的大、中型铸件或大型芯。

射砂紧实法是利用压缩空气将型(芯)砂高速射入砂箱(或芯盒)而进行紧实的。射砂紧实法也可同时完成填砂、紧实两个工序,故其生产率较高,适用于制芯和造型。但用于造型时,紧实度还不够高,需进行辅助压实。

## 2. 起模方法 常用的起模机构有顶箱、漏模和翻转三种。

图 14-10, a) 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。只适用于模型形状简单, 高度不大的铸型, 常用于制造上箱。

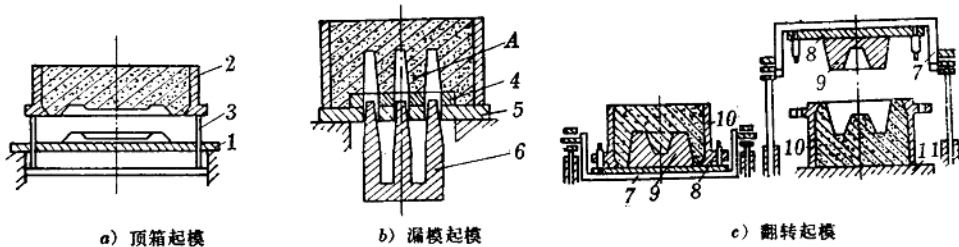


图 14-10 起模机构

图 14-10, b) 为漏模起模。模型 4 上难以起模的部分, 单独制成可漏下的模型 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, 模型由砂箱下部抽出。漏模起模适用于模型形状复杂, 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 14-10, c) 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、模型 9 和翻转台 7 一起翻转  $180^\circ$ 。然后再使砂箱随承受台 11 下降, 拔出模板。翻转起模不易掉砂, 一般适用于下箱型腔较深, 模型形状复杂, 当需要翻转  $180^\circ$  后进行合箱时, 常用此法制造下箱。

## 四、浇注系统

为了浇注时将液态金属引进铸型而开设的通道, 称为浇注系统。浇注系统对铸件质量影响很大, 设计时应保证: 使液态金属均匀、平稳的流入并充满型腔, 以避免冲坏型腔; 防止熔渣、砂粒或其它杂质进入型腔; 能调节铸件冷却凝固的顺序或局部的补给冷凝固收缩时所需的液态金属。

### (一) 浇注系统各部分的作用

典型浇注系统是由外浇口(浇口杯)、直浇口、横浇口、内浇口、横浇口和内浇口四部分组成(图 14-11)。

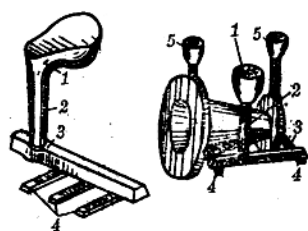


图 14-11 浇注系统

1—外浇口; 2—直浇口; 3—横浇口; 4—内浇口;  
5—出气口(或冒口)

外浇口的作用是承受从铁水包倒出的液态金属,减轻液态金属浇入的冲力和分离熔渣,因此它应随时保持充满的状态,不得断流,以免将空气和熔渣带入直浇口。漏斗形外浇口用于中、小型铸件,盆形外浇口用于大型铸件。

直浇口是外浇口下面的一段圆锥形的垂直通道,它的高度使液态金属产生一定的静压力,以便迅速的充满型腔。

横浇口的截面形状多为梯形,一般设在内浇口的上面,以便使渣聚集在它的顶部和端部,起到挡渣和分配金属液流进内浇口的作用。设计时,它的末端应超出内浇口。

内浇口的截面形状一般是扁梯形、月牙形和三角形,它与型腔直接相连,可以控制液态金属流入型腔的速度和方向。

此外,有的铸件还有出气口和冒口。出气口常放在铸件的顶部,一般是一个带有锥度的直立通道,主要用于排气,并能观察铸型是否浇满,小铸件一般不用出气口。

对于收缩量大的合金(如钢和有色金属),不用出气口而用冒口。冒口主要作用是补给铸件凝固收缩时所需的金属,避免铸件产生缩孔。为了起到补缩作用,应保证冒口最后凝固,所以它的位置一般设在铸件的最高处或最厚处。

## (二) 浇注系统的类型

### 1. 按内浇口的位置不同可分为:

(1) 顶注式浇口 这类浇口是从铸型上部引入液态金属的,容易使液态金属充满薄壁铸件,而且补缩作用好,金属消耗少,但容易将铸型冲坏、产生飞溅和形成砂眼、铁豆等缺陷。这类浇口适用于形状简单,高度不大,以及薄壁和中等壁厚的铸件。

(2) 底注式浇口 这类浇口是从铸件底部引入液态金属的,所以液态金属流动平稳,对型腔冲力很小,型腔中的气体和杂质也容易从出气口或冒口中排出。但是,铸件上部的温度较低,补缩作用较差,所以一般都要加大冒口;对薄壁件还容易产生浇不足的缺陷。这类浇口适用于大、中型壁部较厚、高度较大、形状较复杂的铸件和一些易氧化的合金铸件(如铝合金、镁合金及铝青铜等)。

(3) 中注式浇口 这类浇口是介于顶注式和底注式之间的一种浇口。内浇口常设在分型面上,开设很方便,应用也很普遍,适用于一些中型、不很高、水平尺寸较大的铸件。

(4) 多层式(阶梯式)浇口 这类浇口可使液态金属按照自下而上的次序引入和充满型腔,所以具有顶注式和底注式的优点。它多用于高大和形状较为复杂的薄壁铸件。

### 2. 按各浇口截面大小的比例不同可分为:

(1) 封闭式浇注系统 即直浇口的截面积大于横浇口,横浇口的截面积大于内浇口,以保证液态金属充满各通道,并使熔渣浮集在横浇口上部,起到挡渣的作用。这类浇注系统应用较多。缺点是液态金属流入型腔的冲击力较大。

(2) 开放式浇注系统 即直浇口的截面积小于横浇口,横浇口的截面积小于内浇口。这类浇注系统能使液态金属较快地充满腔型,并减低了型腔的冲击力,但是挡渣的效果较差,一般适用于薄壁、尺寸较大的铸件。

### (三) 内浇口位置的选择

内浇口的形状、截面大小、位置和数目对铸件的质量影响很大,选择时应注意以下几点:

1. 由于内浇口附近的金属冷却缓慢,晶粒较粗大,机械性能较差,并容易发生缩松和热裂。所以,内浇口一般不应开设在铸件的重要部位(如重要的加工面、定位基准面等)。
2. 为了避免液态金属直接冲击型芯或型腔,内浇口的位置应能使液态金属顺着型壁注入型腔。
3. 内浇口的位置和形状应使打箱和清理工作方便。内浇口和型腔的接合处应当有缩颈,以防止清除浇口时打坏铸件或残留的内浇口过大。
4. 对于壁厚相差不大、合金收缩量不大的铸件,内浇口应开在薄壁处,以使铸件各部分冷却均匀,减少铸造内应力;对于壁厚差别大,合金收缩量大的铸件,内浇口可以开在厚壁处,以便能起一些补缩作用。
5. 为了使液态金属能够快速充满薄壁大平面的型腔,应当多开设几个内浇口。

### 五、制造型芯

型芯一般是在型芯盒中制成的。形状复杂的型芯可分块制成,然后粘合成形。

型芯中应放入起加强作用的骨架(芯骨),小型芯的芯骨一般用铁丝制成;大、中型芯的芯骨一般是用铸铁铸成的,为了吊运型芯方便,一般在芯骨上做出吊环。

为了增加透气性,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,形成通气孔。为增加大型芯的透气性,有时在芯内填充焦炭或煤渣。

为提高型芯的耐火性,防止铸件粘砂,需在型芯表面上刷一层涂料。例如,铸铁件常用石墨粉作涂料。

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。烘干的温度根据造型材料的不同,一般控制在 $180\sim 350^{\circ}\text{C}$ 范围内,保温 $3\sim 6\text{ h}$ 后,缓慢冷却。

### \*六、铸型的烘干及合箱

烘干铸型的目的是增加透气性、强度和减少在浇注时产生气体,以避免铸件中形成气孔、砂眼、粘砂和夹砂等缺陷。为提高生产率和降低成本,只有对大型、重要及质量要求高的铸件铸型才进行烘干。烘干是在专用的烘干炉内进行的。

将型芯及上、下箱等装配在一起的操作,称为合箱。合箱时首先检查铸型型腔和型芯是否完好洁净,然后将型芯准确而稳固地安放在型芯座上。对已装好的各部分详细检查后,即可扣上上箱,扣箱时应防止偏差或错箱,最后放置外浇口。合箱后应将上、下两箱卡紧或在上箱上放置压箱铁,以防止浇注时,上箱被液态金属抬起(抬箱),使铁水流出箱外(射箱)或燃烧着火的气体窜出箱外(跑火)等事故。

## § 14-2 铸造合金及其熔炼

### 一、合金的铸造性能

合金在铸造过程中所表现出来的工艺性,称为合金的铸造性能。合金的铸造性能主要包括有:流动性、收缩性、偏析的倾向等。

#### (一) 流动性

液态金属充填铸型的流动能力,称为流动性。流动性好的金属,充填铸型的能力强,易于获得外形完整、尺寸准确、轮廓清晰和壁薄而复杂的铸件,也有利于液态金属中非金属夹杂物和气体的上浮和排除以及进行补缩作用。如果流动性不好,铸件就可能产生浇不足或冷隔等缺陷。在设计铸件与制定铸造工艺时,都应考虑合金流动性的好坏。

影响合金流动性的主要因素有:合金的化学成分、浇注温度和铸型的特点等。

1. 合金的化学成分 化学成分不同的铸造合金具有不同的结晶特点。共晶成分的合金是在恒温下结晶的,铸件凝固时由表面冷却而形成的凝固区较窄。而且凝固层的内表面比较平滑,对于内部继续流动的液态金属阻力较小,所以流动性较好。此外,在相同的浇注温度下,由于共晶成分合金凝固的温度最低,所以液态金属的过热度(即浇注温度与合金熔点的温度差)比较大,这就推迟了液态金属开始凝固的时间,在型腔里流动的距离也就较长,这也是共晶成分合金流动性好的另一个原因。

其它成分的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,铸件凝固时由表面形成的凝固区也较宽。在这个区域内初生的树枝状晶体,使凝固层内表面参差不齐,阻碍着液态金属的流动,故较共晶成分合金的流动性差。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,阻碍着铁水流动,使它的流动性降低。

2. 浇注温度 浇注温度高,可使液态金属的粘度下降,而且过热度大,传给铸型热量增多,金属的冷却速度降低,所以合金的流动性提高了。但浇注温度过高,金属总收缩量增加,吸气增多,铸件容易产生缩孔、缩松、粘砂、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。对形状复杂的薄壁铸件,为了避免产生冷隔和浇不足等缺陷,浇注温度以略高为宜。

3. 铸型特点 铸件壁部太薄,浇注系统结构复杂,直浇口过低,内浇口截面太小或布置得不合理,型砂水分过多或透气性不足,铸型材料导热性过大等,都会增加合金流动的阻力和冷却速度,使流动性降低。

#### (二) 收缩

铸件在冷凝过程中,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,一般用体收缩率表示,它们是铸件产生缩孔、疏松缺陷的原因。

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,一般可以用线收缩率表示。固态收缩是铸件产生内应力、裂纹和变形等缺陷的主要原因。

影响收缩的主要因素是合金的化学成分。碳素钢随含碳量的增加,凝固收缩增加,而固态收缩略减。灰铸铁中,碳、硅含量愈多,收缩愈小。硫能使铸铁的收缩率增加。

浇注温度对收缩的影响也比较大。浇注温度愈高,过热度愈大,液态收缩也增加。

由于合金在铸型中收缩时要受到阻力,阻力的大小与铸件结构和铸型条件有关。因此,铸件的實際线收缩率比合金的自由线收缩率要小。

### (三) 偏析

铸件内部化学成分不均匀的现象,称为偏析。偏析现象严重时可能使铸件各个部分的机械性能有较大差别,影响到铸件的工作性能和使用寿命。此外,偏析增加了铸件产生热裂纹的可能性并降低了铸件的耐腐蚀性能。

偏析主要有以下几种形式:

1. 晶内偏析 在同一个晶粒(包括晶界)内,各部分化学成分不均匀的现象,称为晶内偏析。结晶温度范围较大的合金在结晶时,其熔点较高的成分先结晶,形成枝晶的枝叉,而熔点较低的成分,则存在于枝叉之间的空隙中或晶界上,造成晶粒的化学成分不均匀。

在高温条件下,原子的活动能力增强,有自发使其成分均匀化的倾向。因此,对铸件缓慢冷却或进行长时间高温退火,有利于消除晶内偏析。

2. 区域偏析 铸件截面上各部分化学成分不均匀的现象,称为区域偏析。厚大的铸件在凝固过程中,熔点较高的成分先凝固,而将熔点较低的成分逐渐推向铸件中心,造成铸件截面上化学成分不均匀。

区域偏析以预防为主,当铸件以很缓慢的冷却速度冷却时,铸件的表层和中心温差不大,凝固区宽度增大,使表层和中心几乎同时凝固,就可以减少区域偏析。当铸件冷却速度很快时,偏析来不及进行,也可以减轻区域偏析。

由于原子通过晶界作长距离扩散是困难的,因此,不能用退火来改善区域偏析。

3. 比重偏析 在同一铸件中,上、下各部化学成分不均匀的现象,称为比重偏析。某些合金中不同的成分比重相差较大时,就可能造成铸件的上、下部化学成分不均匀的现象。在浇注前对液态金属进行充分的搅拌或提高铸件的冷却速度,使液态金属中某些成分来不及上浮或下沉等方法,都可使铸件成分比较均匀。

## 二、常用合金的铸造特性

### (一) 铸铁的铸造特性

1. 灰铸铁的含碳量接近于  $\text{Fe-Fe}_3\text{C}$  状态图的共晶成分, 熔点较低, 结晶温度范围较小, 流动性好, 可以浇注形状复杂的薄壁铸件。由于铸铁析出石墨, 凝固收缩量小, 因而产生缩孔和裂纹的倾向较小, 一般铸铁不需要开设冒口。灰铸铁对型砂的耐火性要求不太高, 除大型铸件外, 一般都可采用湿型浇注, 因此, 工艺过程简单。铸铁对于硫、磷等含量要求不太严格, 适合于在冲天炉中熔化, 故熔化设备简单, 操作方便, 生产率高, 成本低。在各种常用铸铁中, 灰铸铁的铸造性能最好, 它是应用得最广的铸造材料。

2. 球墨铸铁的流动性与灰铸铁基本相同, 但因球化处理, 铁水温度下降, 易产生冷隔和浇不足等缺陷。球墨铸铁的液态收缩和凝固收缩较大, 容易形成缩孔和缩松。因此, 在铸造工艺上应采用快速浇注, 顺序凝固, 加大浇口和增设冒口等措施。为了防止铁水中硫化镁 ( $\text{MgS}$ ) 与型砂中水分作用生成硫化氢 ( $\text{H}_2\text{S}$ ), 会使铸件产生皮下气孔, 应严格控制铁水中的含硫量和型砂中的含水量。

球墨铸铁具有良好的铸造性能和较高的机械性能, 目前, 已得到广泛地应用。

3. 可锻铸铁是用低碳的铁水先浇注成白口的铸铁件, 再经过高温退火而制成的一种高强度和高韧性的铸铁。由于白口铸铁中的碳、硅含量较低, 熔点较高 (约  $1300^\circ\text{C}$ ), 结晶温度范围较大, 所以流动性较差, 体积收缩大。为保证铸件不产生冷隔、浇不足和缩孔等缺陷, 对形状复杂的薄壁铸件常采用高温浇注, 顺序凝固, 增设冒口和提高砂型容让性等措施。

#### \* (二) 碳钢的铸造特性

铸造碳钢的综合机械性能比铸铁高, 但是, 铸造性能却低于铸铁。为防止铸钢的流动性差, 容易产生冷隔和浇不足等缺陷, 砂型铸钢件的壁厚一般不小于  $8\text{ mm}$ , 浇注系统的截面尺寸必须大于铸铁件, 铸型也常采用干型或热型。

碳钢的熔点较高, 浇注温度相应也高 (一般为  $1520\sim 1600^\circ\text{C}$ ), 收缩率较大。为防止产生粘砂、缩孔、缩松、热裂和冷裂等缺陷, 铸钢的型砂需采用耐火性较高的石英砂, 还要提高砂型和型芯的容让性, 铸件的壁厚要均匀, 并避免直角和尖角结构。对于轮廓尺寸较大, 壁厚均匀的薄壁铸件, 可以开设多道内浇口, 以较大的速度充填铸型型腔 (图 14-12), 并使之同时凝固; 对壁厚相差较大的铸件, 应采用顺序凝固法, 并在最后凝固处设置冒口进行补缩。

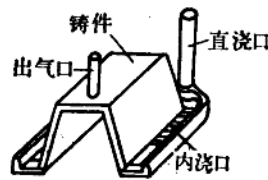


图 14-12 铸钢件浇注系统

#### \* (三) 铝合金的铸造特性

铸造铝合金常在电热炉或坩埚炉中熔化。铝合金熔点低 ( $660^\circ\text{C}$  左右) 流动性好, 可铸出最小壁厚为  $2.5\text{ mm}$  的复杂铸件。由于它们的熔点低, 浇注温度不高, 对型砂和芯砂耐火性的要求也低, 可用细砂造型, 以获得表面光洁的铸件。

液态铝合金在高温下与氧作用很快, 在表面上形成一层  $\text{Al}_2\text{O}_3$  薄膜。  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点高达  $2050^\circ\text{C}$ , 比重接近于铝, 混入液态金属中后, 会呈固态夹杂悬浮在铝液中, 所以必须加以排除。

液态铝合金在高温时吸气能力较大, 金属过热度愈高, 吸气愈多。这些吸收溶解在金属中的



气体,在金属冷却凝固的过程中,又将以分子状态重新析出,使铸件内形成了许多气孔,降低了铸件的气密性。

为避免铸铝合金的氧化和吸气,在熔炼时应加入比液态合金的比重小、熔点低,且不与铝发生作用的熔剂(如 $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ 等盐类),覆盖在合金的液面上,将金属与炉气隔离。

为了更好的排除铝合金中所吸收的气体,还需要进行精炼。一般是在熔炼后期,向金属液中通入氯气或加入氯化物,使其产生大量气泡。当气泡上浮时,即可将液态金属中的非金属夹杂和溶解的气体带到液面便于排除,达到了净化和提高合金机械性能的目的。

此外,还要合理的安排浇注系统,使液态金属平稳、快速地充满型腔,以防止氧化、卷入气体和浇不足等缺陷。

#### \*(四) 铜合金的铸造特性

铜合金的熔点为 $1200^{\circ}\text{C}$ 左右。流动性较好的铸造铜合金,可以铸出最小壁厚约3mm的复杂铸件。由于浇注温度较低,对型砂和芯砂的耐火性要求不高,因此,可采用细砂造型来提高铸件的表面光洁度和精度,以达到减少机械加工余量和节约金属的目的。

铜合金收缩量大,为了避免铸件产生缩孔、冷隔和浇不足等缺陷,应当将液态金属平稳地引入型腔,并在铸件壁厚部位设置冒口进行补缩。

铜合金易于氧化,熔炼时常用玻璃屑、木炭、食盐、萤石和硼砂等作熔剂。熔剂熔化后形成熔渣覆盖在液态合金表面上,使熔融合金与空气隔离。

铸造铜合金常在坩埚炉中熔化。铜合金的熔炼特点是铜料与燃料不直接接触。熔炼时所用的炉料有各种金属炉料、脱氧剂和熔剂。

金属炉料有铜锭、铜屑、回炉料、纯金属及中间合金(由难熔的或易氧化烧损的元素与铜按一定比例配制而成的低熔点合金)。

脱氧剂是用以还原合金中的金属氧化物,常用磷铜合金为脱氧剂。

### 三、铸铁的熔炼

铸铁的熔炼是获得高质量铸件的一个重要环节。熔化的铁水应满足:铁水温度高;铁水的化学成分应符合要求;熔化效率高和燃料消耗少等条件。

铸铁的熔化设备有冲天炉、反射炉、电弧炉和工频炉等;目前使用较多的是冲天炉,其优点是结构简单,操作方便、成本低廉,而且能连续生产。

#### (一) 冲天炉的构造

冲天炉的结构形式较多,目前普遍应用的是多排小风口曲线炉膛热风冲天炉,其构造如图14-13所示。这种炉型具有熔化铁水温度高,化铁快,焦比高,去硫、磷效果好等优点。它由下列几部分组成:

1. 炉底 整个冲天炉装在炉底板上,再由四根支柱支撑在炉基上。炉底板上装着两个半圆形的炉底门,在开炉前,将炉底门关闭,上面加型砂、碳素材料或老煤粉一起捣实,结成炉底。熔化结束后,打开炉底门,便可清除余料和修炉。

2. 炉体 炉体包括炉身和炉缸两部分。从炉底板到第一排风口(主风口)为炉缸;从第一