

高等职业技术学校用书

金属工艺学

郭卫凡 任凤国 徐 勇 主编

下 册

中国矿业大学出版社

高等职业技术学校教材

金属工艺学

(下册)

郭卫凡
任凤国 主编
徐 勇

中国矿业大学出版社

责任编辑 钟 诚

责任校对 杜锦芝

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/郭卫凡,任凤国,徐勇主编. —徐州:中国矿业
大学出版社,2000.4

高等职业技术学校教材

ISBN 7-81070-117-7

I. 金… II. ①郭…②任…③徐… III. 金属加工-工艺学-高等教育:
技术教育-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 10005 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

铜山教育印刷厂印刷 新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 10.5 字数 253 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月第 1 次印刷

印数 1~5000 册 总定价:30.00 元(本册定价:11.00 元)

目 录

第一章 铸造	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 砂型铸造	(1)
第三节 合金的铸造性能	(11)
第四节 铸造工艺设计	(14)
第五节 铸件结构工艺性	(20)
第六节 特种铸造	(24)
复习思考题	(29)
第二章 锻压	(30)
第一节 概述	(30)
第二节 金属塑性成形原理	(32)
第三节 金属坯料的加热与锻件冷却	(37)
第四节 自由锻造	(39)
第五节 模型锻造及胎模锻造简介	(47)
第六节 板料冲压	(49)
复习思考题	(56)
第三章 焊接	(58)
第一节 概述	(58)
第二节 手工电弧焊	(59)
第三节 其他焊接方法简介	(67)
第四节 常见金属材料的焊接	(72)
第五节 常见的焊接缺陷及其产生原因	(75)
第六节 焊接应力与变形	(76)
第七节 焊接件的结构工艺性	(78)
复习思考题	(81)
第四章 金属切削加工的基础知识	(82)
第一节 金属切削运动与切削要素	(82)
第二节 切削刀具	(84)
第三节 切削过程中的物理现象	(88)
第四节 工件材料的切削加工性	(91)
复习思考题	(92)

第五章 金属切削机床及其加工	(94)
第一节 金属切削机床的分类及型号的编制方法	(94)
第二节 车床及其加工	(96)
第三节 钻床、镗床及其加工	(112)
第四节 铣床及其加工	(117)
第五节 刨床、插床、拉床及其加工	(122)
第六节 磨床及其加工	(126)
第七节 数字程序控制机床及其加工简介	(133)
复习思考题	(135)
第六章 精密加工与特种加工	(137)
第一节 精密加工	(137)
第二节 特种加工	(140)
复习思考题	(144)
第七章 机械加工工艺过程基本知识	(145)
第一节 基本概念	(145)
第二节 零件的结构工艺性	(146)
第三节 典型表面的加工分析	(151)
第四节 典型零件的加工工艺特点	(153)
复习思考题	(159)
附表	(161)

第一章 铸 造

第一节 概 述

将熔化的金属液体浇注到制好的铸型型腔中,经过凝固冷却后获得与机械零件形状相适应的铸件的工艺方法,称为铸造。

铸造生产在整个机械产品中占有极其重要的地位。如在机床、内燃机、重型机器结构中,铸件约占整机重量的70%~90%。铸造工艺与其他加工方法相比有其独特的特点。

一、铸造生产的特点

① 可以生产形状复杂、特别是内腔复杂的铸件。铸件的形状和尺寸与零件形状很相似,因此,加工余量小,节省了金属材料 and 加工费用。精密铸件甚至可省去切削工序,直接作为零件使用。

② 生产的适应性较广。可以生产小到几克、大到数百吨的铸件。各种金属材料及合金都可以用铸造方法制成铸件,而且,对于某些脆性材料,只能用铸造才能成型。

③ 生产成本低。铸造用原材料来源广,废品、废材料可以重新利用,且设备投资少。

④ 铸造生产的工序多、劳动条件差,铸件质量不够稳定,废品率较高;铸件的力学性能较差,所以承受动载荷的重要零件一般不采用铸件作毛坯。

二、铸造的分类

铸造生产的方法很多,按铸型材料、造型方法和浇注工艺的不同,一般将铸造分为砂型铸造和特种铸造两大类。砂型铸造是最基本、应用最普遍的铸造方法。

第二节 砂型铸造

砂型铸造是用砂型和型芯做铸型的一种铸造方法。砂型铸造具有不受合金种类、铸件尺寸和形状的限制,操作灵活,设备简单,准备时间短等优点,适用于各种单件及批量生产。砂型铸造是铸造生产的最基本方法。目前,我国用砂型铸造方法生产的铸件占全部铸件产量的90%以上。

砂型铸造的基本工艺流程如图1-1所示。

图1-2所示为套筒铸件的砂型铸造过程示意图。

一、造型(造芯)材料

造型材料是铸造生产中非常重要的组成部分。据一般统计,每生产1吨合格铸件约需2.5~10吨造型材料。它不仅消耗量大,而且其质量好坏直接影响铸件的质量和成本,因此,必须合理地选用和配制造型材料。

1. 型砂及芯砂的基本性能

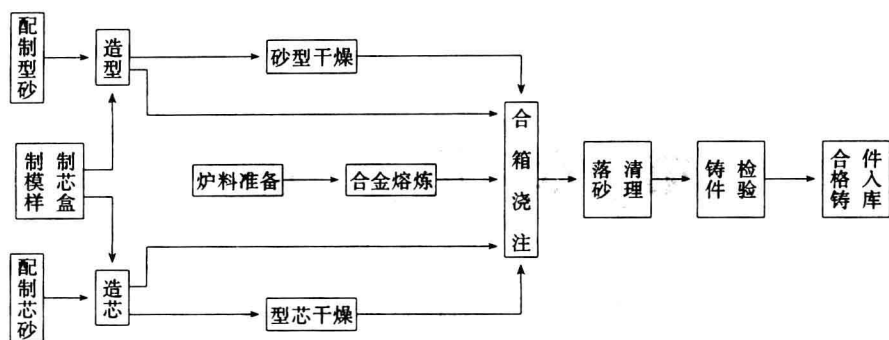


图1-1 砂型铸造的工艺流程

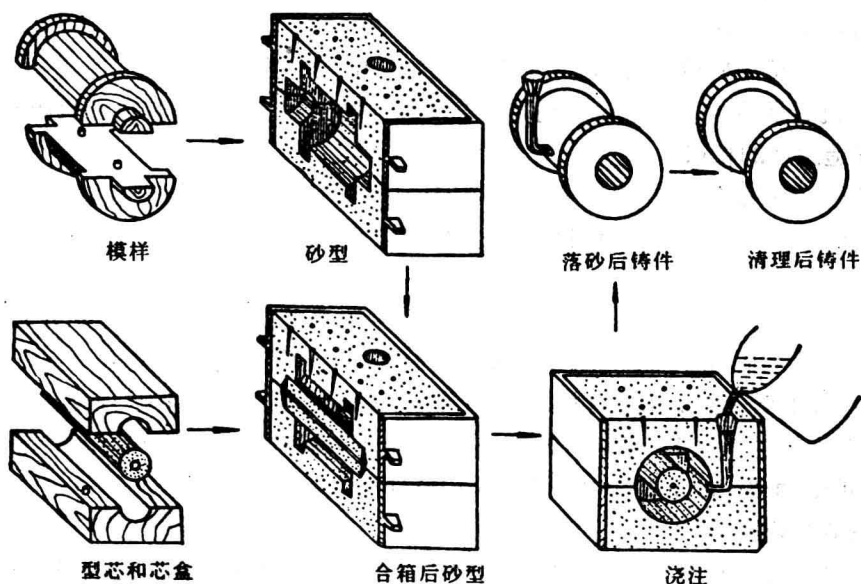


图 1-2 套筒铸件的砂型铸造过程

用于制造砂型的材料称为型砂；用于制造型芯的材料则称为芯砂。

型砂及芯砂应具有下列主要性能：

(1) 可塑性

型(芯)砂在外力作用下能作相应的变形，去除外力后仍能保持变形后的形状，这种性能称为可塑性。可塑性好，便于制造形状复杂的砂型(芯)，且造出的砂型形状准确，轮廓清晰，铸件表面质量较高。可塑性与粘土和水分等的比例有关，含粘土多，水分适当，则可塑性好。

(2) 强度

在外力作用下能保持砂型不变形和不破坏的能力叫强度。型砂强度不足时会造成塌箱、冲砂和砂眼等缺陷。一般情况下，粘土含量多和捣实程度紧，砂粒分散并细小，强度则高。

(3) 透气性

型砂能通过气体的能力叫透气性。金属熔液浇入砂型后，在高温作用下会产生大量的气体。如果透气性不好，气体排不出，就会形成气孔等缺陷。型砂颗粒大、圆、均匀且粘土少，水分适当，捣砂松，则透气性好。

(4) 耐火性

在高温液态金属作用下,型砂不软化、不熔化的性能叫耐火性。耐火性差,型砂将烧结在铸件表面形成硬皮,造成加工困难。耐火性主要与砂子的化学成分有关,砂子中 SiO_2 含量愈高,杂质愈少,耐火性愈好。

(5) 退让性

铸件在凝固冷却时都会发生收缩。在铸件收缩时,型(芯)砂可以被压缩的性能称为退让性。退让性差,铸件收缩受阻,就会使铸件产生内应力,甚至发生变形或裂纹。用粘土作为粘结剂的砂型或型芯,退让性较差。为了提高退让性,常在型砂中加入能烧结的附加物,如木屑和焦炭粒等。

2. 型砂和芯砂的组成

为了满足型(芯)砂的性能要求,型(芯)砂由原砂、粘结剂、附加物和水按一定比例混合均匀而成。

(1) 型砂的组成

原砂的主要成分是石英(SiO_2)。石英颗粒坚硬,耐火温度可高达 1710°C 。砂中 SiO_2 含量愈高,耐火性愈好。

粘结剂的作用是把砂粒粘结起来。型砂中常用的粘结剂有粘土、膨润土、水玻璃、糖浆、植物油及合成树脂等。生产上使用哪种粘结剂,视铸件的要求而定。

为了改善砂的性能,有时还需加入特殊的附加物。常用的有煤粉和木屑。煤粉的作用是在高温下燃烧形成气膜,防止铸件粘砂。加入木屑能使型砂的退让性提高。

(2) 芯砂的组成

型芯是由芯砂制作的。把型芯置于砂型中,能使铸件形成和型芯形状相同的空腔。由于型芯周围受到金属液体的压力和高温,所以要求型芯必须具有比砂型更高的强度、耐火性、退让性等,因此,在配制芯砂时常常需要加入特殊粘结剂,如亚麻油、桐油、松香、糊精、水玻璃等。

3. 涂料

为了弥补因型砂耐火性不足而造成的铸件表面粘砂并降低铸件表面粗糙度,常在砂型和型芯的表面涂刷一层涂料。铸铁件常用石墨粉、粘结剂和水调制成涂料;铸钢件砂型涂料则采用石英粉、白云石粉、耐火粘土和水调制而成。

二、造型方法

造型是利用型砂制造铸型的过程。造型方法有手工造型和机器造型两种。

手工造型一般用于单件或小批量生产,机器造型主要用于大批量生产。常用的手工造型方法介绍如下。

1. 整模造型

采用整体模样来造型的方法称为整模造型。它的型腔全部位于一个砂箱内,分型面为一个平面,如图 1-3 所示。由于模样是在一个砂箱内,可避免合箱错位而带来的铸件错箱等缺陷,同时,整模制造比较容易,铸件精度较高。它适用于形状比较简单的零件。

2. 分模造型

分模造型是将模样沿最大截面分为两半,分别置于上、下砂箱中进行造型。图 1-4 为分模造型示意图。这种方法造型容易,起模方便,适应于生产形状较复杂的铸件以及带孔铸件,

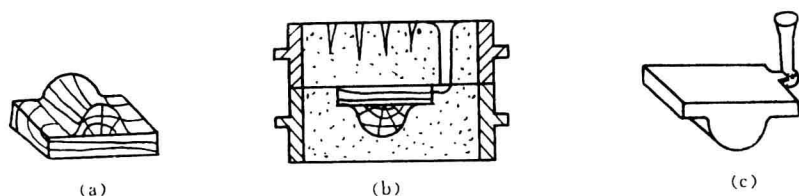


图 1-3 整模造型

(a) 木模; (b) 造型; (c) 落砂后的铸件

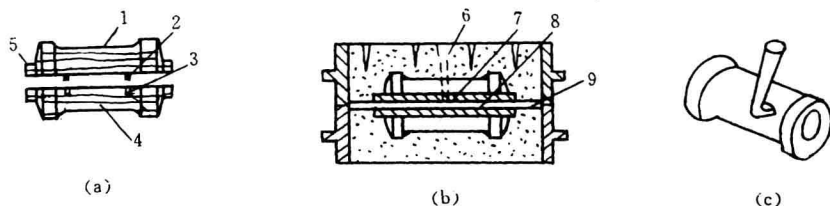


图 1-4 分模造型

(a) 模型分成两半; (b) 造型; (c) 落砂后的铸件

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

是生产中应用最为广泛的造型方法。

3. 挖砂造型

有些铸件虽没有平整平面,但在要求用整模造型时,可将下半型中阻碍起模的型砂挖掉,使其能顺利地起模,这种方法称为挖砂造型。如图 1-5 所示为手轮挖砂造型示意图。由于挖砂造型具有不平的分型面,造型时生产率低且要求技能高,所以一般只适用于单件或小批量生产。

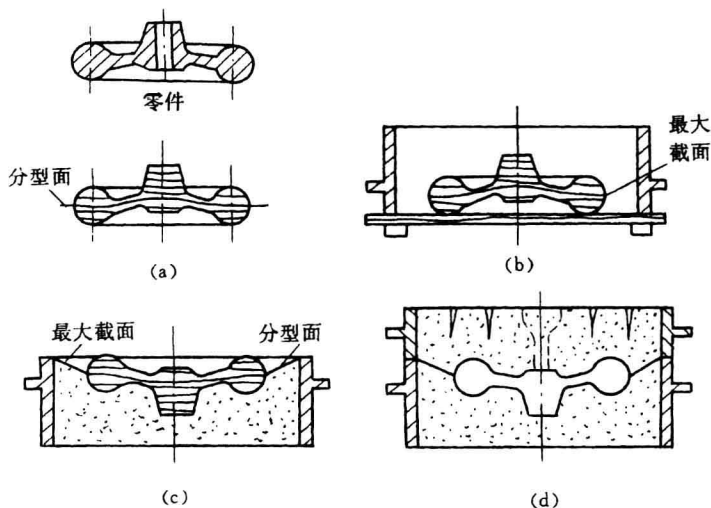


图 1-5 挖砂造型

(a) 手轮坯模样分型面不平,不能分成两半模; (b) 放置模样,先造出下型;

(c) 翻转,挖出分型面; (d) 造上型,起模合型

4. 活块造型

将模样上阻碍起模的部分制成活块,在取出模样主体时活块仍留在砂型中,然后再用工具自侧面取出活块,这种造型方法称为活块造型,如图 1-6 所示。这种方法操作水平要求高,活块易错位,影响铸件精度,生产效率低,只适用于单件和小批量生产。

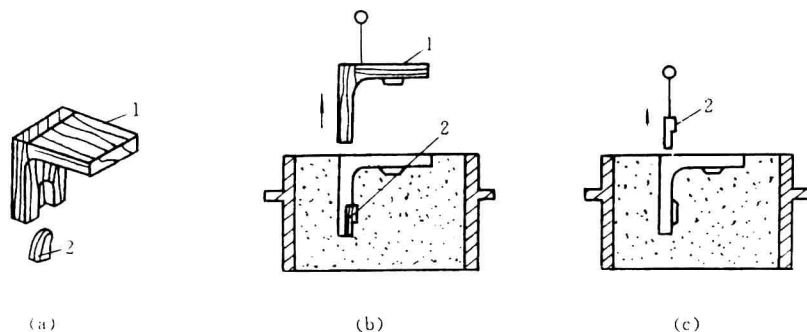


图 1-6 活块造型

(a) 模样; (b) 取出模样主体; (c) 取出活块

1——模样主体; 2——活块

5. 三箱造型

当铸件形状复杂,需要用两个分型面时,可用三个砂箱造型,称为三箱造型,如图 1-7 所示。

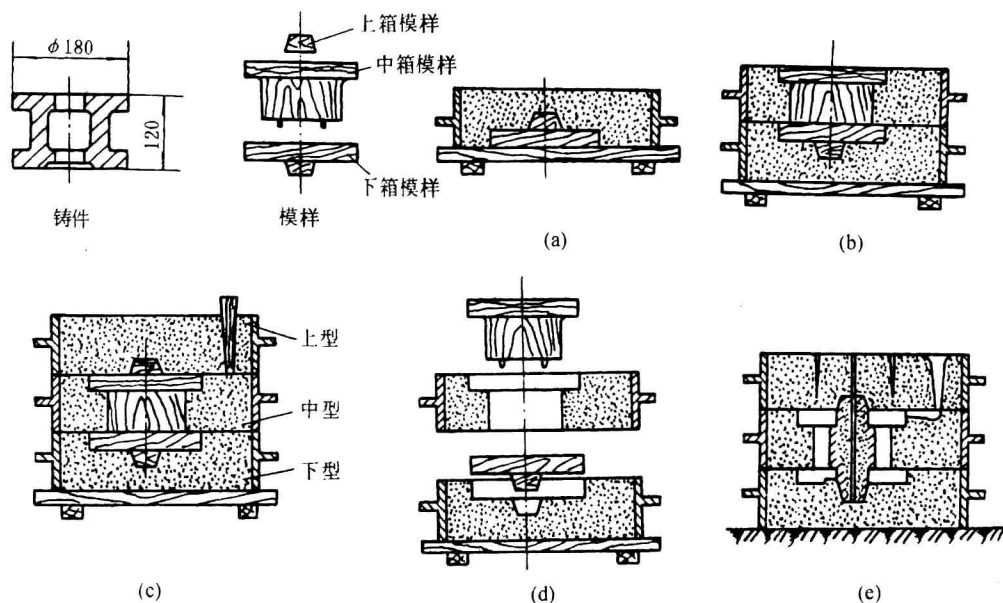


图 1-7 三箱造型

(a) 造下型; (b) 造中型; (c) 造上型; (d) 取模; (e) 合箱

示。三箱造型生产率低,要求工人技术水平较高,并且须备有高度适中的中箱,因此,在设计铸件及选择铸件分型面时,应尽量避免使用三箱造型。

6. 刮板造型

用刮板来代替实体模样制造铸型的造型方法称为刮板造型,如图 1-8 所示。应用刮板造型可显著地降低成本,节省制模材料,缩短准备时间。铸件尺寸愈大,这些特点就愈突出。刮板造型广泛用于制造批量小、尺寸较大的回转体铸件,如皮带轮、飞轮、齿轮等。

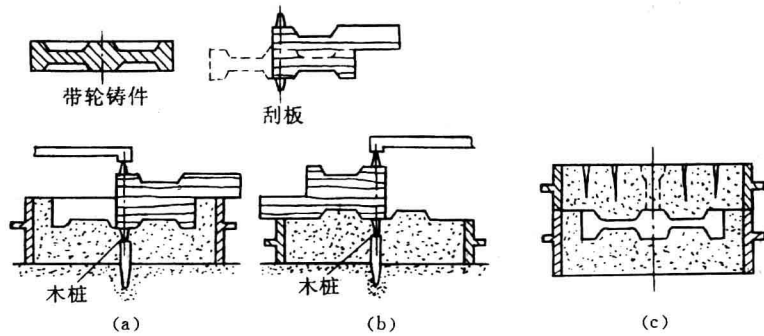


图 1-8 带轮铸件刮板造型
(a) 刮制下箱砂型; (b) 刮制上箱砂型; (c) 合箱

三、浇注系统和冒口

1. 浇注系统

将金属液体引入型腔的一系列通道称为浇注系统。它的主要作用是使金属液体能连续、平稳地进入型腔,防止冲坏砂型、型芯,阻挡熔渣和砂粒及其他杂质进入型腔内。浇注系统通常由外浇口、直浇口、横浇口和内浇口等组成,如图 1-9 所示。

(1) 外浇口

外浇口的作用是减缓金属液体对砂型的冲击力,承纳浇包倒出的金属液体并阻挡金属液体中的熔渣进入直浇口。一般大型铸件用盆形外浇口(图 1-9(a)),中、小型铸件用漏斗形外浇口(图 1-9(b))。

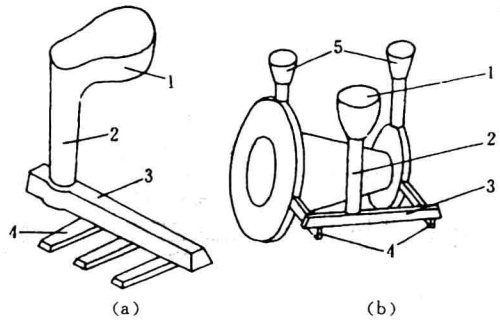


图 1-9 浇注系统的组成
1——外浇口; 2——直浇口; 3——横浇口;
4——内浇口; 5——冒口

(2) 直浇口

直浇口的作用是用于调节金属液体流入型腔的速度并产生一定的充填压力,其形状一般是一个有锥度的圆柱形。

(3) 横浇口

横浇口是连接直浇口和内浇口的水平通道,其作用是进一步阻挡熔渣进入型腔,同时减缓金属液体流动速度,使金属液体能平稳地通过内浇口进入型腔。

(4) 内浇口

内浇口的作用是将金属液体平稳地导入型腔,控制充型的速度和方向。内浇口是直接金属导入型腔的通道,所以,它的位置、形状、大小和数量对铸件质量都有较大影响。

2. 冒口

大多数冒口的主要作用是补充铸件收缩时所需要的金属液体,避免铸件产生缩孔,同时还有排气、集渣和调节温度等作用。冒口一般设置在铸件最后凝固部分的上方,如图 1-9(b) 所示。

四、铸铁的熔炼、浇注

铸铁的熔化是铸件生产的重要环节。铸铁熔化的目的是为了获得有一定化学成分和温度的铁水。铸铁的熔化设备有很多种,最常用的是冲天炉。它设备简单,可连续操作,生产率高,成本低,操作方便,一般中小型制造厂都可以制造。

1. 冲天炉的构造

冲天炉的结构如图 1-10 所示,由以下几部分组成:

(1) 支撑部分

包括炉基、炉腿、炉底板和炉底门。支撑部分的作用是支持炉身和炉料的重量,打炉时能便于清理炉内残料,修炉时便于出入操作。

(2) 炉体部分

由炉底、炉缸和炉身组成。炉体外壳一般用钢板焊成。

① 炉缸:第一排风口到炉底面之间的部分称为炉缸。炉缸上留有出铁口、出渣口和工作门;工作门为修炉和点火时用。

② 炉底:炉缸的底部为炉底,是用型砂捣固而成。炉底应不漏铁水,并容易打炉。

③ 炉身:加料口下沿到第一排风口称为炉身。炉身的内腔称为炉膛,下部装有底焦,上面逐层装有金属料、层焦和熔剂。底焦的燃烧及金属炉料的预热、熔化全在这一区域进行,它是冲天炉最重要的部位。

(3) 炉顶部分

由烟囱和火花罩组成。

① 烟囱:指加料口以上直筒部分,其作用是将炉气和灰尘排出。烟囱直径一般为炉身直

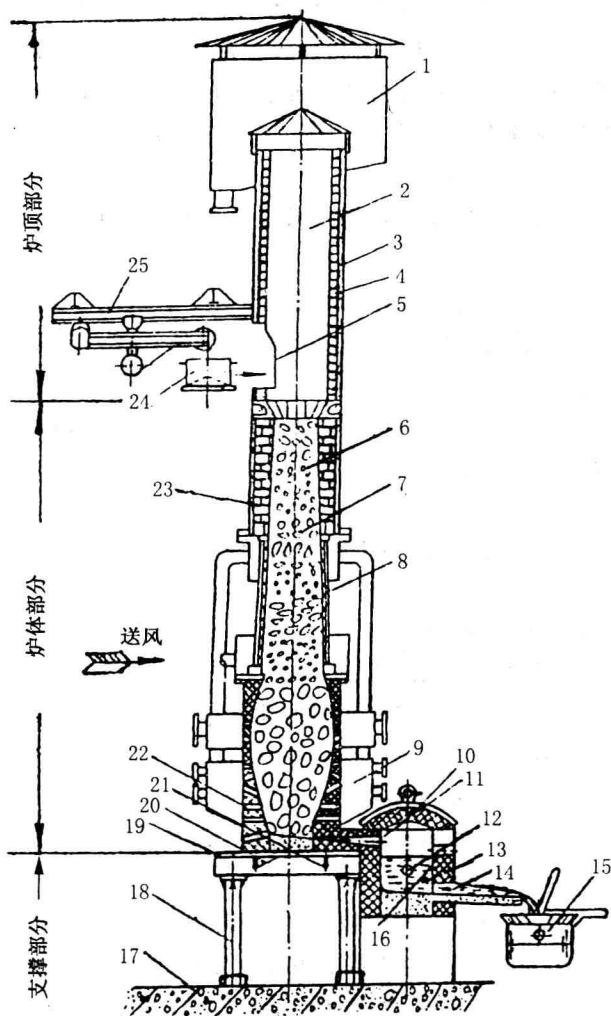


图 1-10 多排小风口曲线炉膛热风冲天炉结构示意图

1——火花罩;2——烟囱;3——铸铁砖;4——耐火砖;5——加料口;
6——层焦;7——金属料;8——密筋炉胆;9——风箱;10——前炉;
11——过桥;12——出渣口;13——铁水;14——出铁口;15——铁水包;
16——观察孔;17——基础;18——炉腿;19——炉底板;20——炉底门;
21——炉底;22——风口;23——炉身;24——加料桶;25——加料机

径的 0.8 倍。

② 火花罩：它的作用是收集烟中的灰尘、有害气体并熄灭火星，以免造成环境污染和引起火灾。

(4) 前炉

其作用是贮存铁水，并使铁水温度和成分均匀，减少铁水与焦炭接触的时间，避免铁水增碳和增硫，同时使铁水和炉渣能很好地分开。前炉与炉体连接的通道为过桥，用耐火材料砌成。在前炉正对过桥的位置上设有观察孔，便于观察铁水与炉渣流经过桥的情况，并通过此孔用钢钎清理过桥。前炉的下部开有出铁口、出铁槽、出渣口及出渣槽。

(5) 送风系统

送风系统的作用是将鼓风机送来的风合理地送入炉内，促进底焦燃烧。它由以下几部分组成：

① 风管：连接风机与风箱的管道。

② 风箱：它的作用是保证每一个风口有一定风的储备量，使风能均匀地进入各个风口后，再进入炉内。

③ 风口：它的作用是将风合理而均匀地送入炉内通道。它有圆形、方形及椭圆形等，其中以圆形居多。

(6) 加料系统

由加料吊车、送料机和加料桶组成。其作用是使炉料按一定比例和重量依次分批地从加料口送入炉内。

(7) 检测系统

包括风量和风压计。

冲天炉的大小以每小时的化铁量来表示，最常见的为 2~10 t/h。冲天炉内径愈大，其生产率就愈高。

2. 冲天炉的炉料

冲天炉的炉料有金属料、燃料及熔剂等。

(1) 金属料

由新生铁、回炉铁（废铸铁、浇冒口等）、废钢和少量铁合金（硅铁、锰铁等）按一定比例配制而成。新生铁是金属料的主要成分，约占 40%~60%。回炉铁是为了利用废料，降低成本。废钢的加入，可使铁水中含碳量降低，并能提高其力学性能。铁合金用于调整铁水化学成分或配制合金铸铁。

(2) 燃料

主要是焦炭。焦炭的燃烧程度直接影响铁水的成分和温度。一般要求焦炭灰分少，发热量高，硫、磷含量低。冲天炉每批炉料中的金属料和焦炭重量的配制比例——铁焦比一般为 10:1。

(3) 熔剂

熔剂的作用是使炉料中的金属氧化物、夹杂物、焦炭中的灰分形成熔点低、密度小、流动性好的炉渣，便于从铁水中分离排除。常用的熔剂有石灰石（ CaCO_3 ）和萤石（ CaF_2 ）。加入量为每批金属炉料重量的 3%~4%。

3. 冲天炉的熔炼过程

冲天炉的操作方法是否得当,关系到铸件质量的好坏。其基本操作步骤为:

(1) 修炉与烘炉

冲天炉在每次熔化结束后,由于部分炉衬已被破坏,所以必须进行修理,修理后要进行烘干(包括前炉)。

(2) 点火与加底焦

在炉缸内装入木柴,点燃后装入部分底焦,然后分批装入底焦至规定高度。

(3) 加料

加料顺序为:底焦→熔剂→金属料→层焦→熔剂→金属料……依次加至加料口为止。

(4) 鼓风与熔化

装满炉料后,开始鼓风。由于底焦燃烧产生的高温使金属料熔化并经出铁口流出,这时应用泥塞堵住出渣口和出铁口。

(5) 出渣与出铁

先打开出渣口出渣,然后打开出铁口放出铁水。

(6) 打炉

在熔化结束前停止加料,待最后一批铁水出炉后停止鼓风,并打开炉底门放出炉内余料,炉冷后再准备下一次熔化。

4. 浇注

将液体金属浇入铸型的过程称为浇注。掌握正确的浇注方法,不仅能减少废品,而且是保证安全生产的必要条件。

浇注过程中最重要的是控制好浇注温度和浇注速度。

(1) 浇注温度

浇注温度的高低,对铸件质量影响很大。温度低,金属液体流动性不好,容易产生浇不足和冷隔;温度高,流动性好,有利于熔渣上浮和排除,减少铸件夹渣,增强金属液体充满型腔的能力,这对薄壁铸件尤为重要。但浇注温度过高,会造成缩孔和气孔,晶粒粗大,使其力学性能降低。浇注温度的高低应根据铸件的形状、壁厚以及金属种类来决定。

(2) 浇注速度

浇注速度越快,越容易充满铸型。但速度太快易发生冲砂和抬箱现象。浇注太慢,铸件容易出现浇不足和冷隔。一般薄件采用快速浇注;厚壁件,为防止缩孔产生,采用先慢后快、最后再慢的方法。

五、铸件的落砂、清理

1. 落砂

将铸件自砂型中取出的过程称为落砂。浇注完成后,铸件必须冷却至一定的温度以下才能落砂。落砂过早会使铸件产生内应力、变形甚至开裂,铸铁件还易形成白口,造成切削困难。铸铁件一般要冷至 450℃ 以下方可落砂。

2. 清理

铸件落砂后,需进行清理。清理工序包括:去除铸件上的浇口、冒口,去除砂芯,清除内外表面的粘砂、飞边及毛刺等。

铸件清理后,应根据产品的技术要求进行检验,合格品即可转入下道工序或入库。

六、铸件常见缺陷分析

对铸件质量的检验,除了检查铸件是否有缺陷及其影响程度外,更主要的是找出造成缺陷的原因,以便采取相应措施。表 1-1 为常见铸件缺陷及产生原因分析。

表 1-1 常见铸件缺陷及其产生的主要原因

序号	缺陷名称	缺陷特征	产生的主要原因
1	气孔	在铸件内部、表面或近于表面处,有大小不等的光滑孔眼。形状有圆的、长的及不规则的,有单个的,也有聚集成片的。	砂型春的太紧或透气性差。型砂太湿或起模、修型时刷水太多。型砂通气孔堵塞或型芯未烘干。浇注系统不正确,气体排不出去。
2	缩孔	在铸件厚断面处出现形状不规则、孔内粗糙不平、晶粒粗大、呈倒锥形的孔。	冒口设置得不正确。合金成分不合格,收缩过大。浇注温度过高。铸件的结构设计不合理,无法进行补缩。
3	缩松	在铸件内部微小而不连贯的缩孔,聚集在一处或多处,晶粒粗大,各晶粒间存在很小的孔眼,水压试验时渗水。	壁间连接处热节点太大,冒口设置不正确。合金成分不合格,收缩过大。浇注温度过高,浇注速度太快。
4	砂眼	在铸件内部或表面有充满砂粒的孔眼(孔形不规则)。	由于铸型被破坏,型砂卷入液态金属中而形成。
5	渣眼	在铸件内部或表面有充满熔渣的孔眼,孔形不规则,孔眼不光滑。	由于液态金属的熔渣进入型腔而形成。
6	粘砂	在铸件表面上,全部或部分粘着一层难以除掉的砂粒,使表面粗糙不易加工。	砂型春得太松。浇注温度过高。型砂耐火性不好,砂粒太大。未刷涂料或刷的涂料太薄。
7	夹砂	在铸件表面上,有一层金属瘤状物或片状物,表面粗糙,在金属瘤片和铸件之间夹有一层型砂。	型砂受热膨胀,表层鼓起或开裂;液态金属渗入开裂的砂层中所造成的。浇注温度过高,浇注速度太慢。砂型局部过紧,水分过多。内浇口过于集中,铸件结构不合理,使砂型局部烘烤严重等。
8	冷隔	铸件上有未完全融合的缝隙,接头处边缘圆滑。	浇注温度太低,浇注时断流或浇注速度太慢。浇口太小或浇口位置不当。
9	热裂	在高温下形成裂缝,裂缝短,缝隙宽,形状曲折不规则,开裂处金属表皮氧化,呈蓝色。	铸件结构设计不合理,厚薄差别大。化学成分不当,收缩大,如铸铁中含硫、磷过高。砂型(芯)退让性差,阻碍铸件收缩。浇注系统开设不当,使铸件各部分冷却及收缩不均匀,造成过大的内应力。落砂(打箱)过早。落砂时激冷铸件。
10	冷裂	是在较低温度下形成的,裂纹细小较平直,分叉少,缝内干净,裂纹处表面不氧化,并发亮。	
11	浇不足	铸件未浇满,形状不完整。	浇注温度太低。浇注速度太慢或浇注时发生中断。浇入的液体金属量不够或压力太小。浇口太小或未开出口气口。铸件结构不合理,如局部太薄或表面太大。
12	偏芯	由于型芯变形或发生位移,造成铸件内腔的形状和尺寸不合格。	型芯变形。下芯时放偏。型芯没固定好,浇注时被冲偏等。
13	错箱	铸件在分型面处错移。	合箱时上、下型未对准。定位销或泥记号不准。造型时上、下模型未对准。

第三节 合金的铸造性能

合金的铸造性能是合金在铸造中表现出来的工艺性能。它对铸件的质量有很大的影响,主要包括流动性、收缩性和偏析等。

一、合金的流动性

液态合金充满铸型的流动能力称为合金的流动性。流动性好的合金能铸造出复杂薄壁铸件,而且有助于合金铸件凝固收缩时的补缩,液体中的气体、非金属夹杂物容易上浮排出,从而获得高质量铸件。若流动性不好,铸件容易发生冷隔、浇不足、气孔及砂眼等缺陷。因此,要求铸造合金有一定的流动性。

流动性通常用螺纹线试样来测定。浇出的试样愈长,表示合金的流动性愈好。

合金的流动性是由合金的化学成分及外部条件决定的。

1. 合金的化学成分

合金的化学成分是影响流动性的主要因素。不同化学成分的合金具有不同的结晶特点,其流动性也不同。一般规律是,当合金的凝固温度范围扩大时,流动性就变差。因为在结晶过程中始终存在着固体和液体两相,使其粘度增大,当固体达到一定比例时会形成结晶网络,使合金较早地停止流动。有共晶成分的合金具有比较好的流动性。铸铁中碳、硅、磷的含量愈高,铸铁的流动性愈好,而锰和硫由于形成一些高熔点的 MnS 悬浮在铁水中,阻碍着铁水流动,会使流动性降低。

2. 浇注温度

浇注温度愈高,使得合金保持液态的时间愈长,因而改善了合金的流动性,增加了充型能力。但浇注温度增高后,易产生粘砂、缩孔、气孔等缺陷。所以,一般合金的浇注温度,在保证有足够流动性的条件下,应尽量低一些。只有在浇注复杂形状或薄壁铸件时,才使浇注温度高些。通常灰铸铁的浇注温度为 $1200\sim 1320^{\circ}\text{C}$,碳素钢为 $1500\sim 1560^{\circ}\text{C}$ 。

3. 铸型条件

铸型条件对流动性的影响,主要表现在铸型的导热能力和对液体合金流动时产生的阻力方面。在同一浇注温度下,同样成分的合金,浇入砂型和金属型中,它们的流动速度不一样。金属型导热好,使合金容易冷却,所以流动速度易减慢。为了改善金属型对合金流动性的影响,常对金属铸型预先加热。

铸型和浇注系统结构复杂、直浇口太低、内浇口截面小或布置不合理,液态合金的流动阻力就增大,也使得合金的流动性降低。

二、收缩性

合金在凝固和冷却过程中,其体积和尺寸减少的现象称为收缩。收缩会引起铸件产生缩孔、缩松、内应力、变形和裂纹等缺陷,严重地影响铸件的质量。液体金属由液态冷却至室温的收缩过程,一般分为三个阶段:

(1) 液态收缩

合金由浇注温度冷却到结晶温度阶段的收缩。

(2) 结晶收缩

合金在结晶时发生的收缩。

(3) 固态收缩

合金结晶完成后冷却至室温阶段所发生的收缩。

合金的收缩率为上述三种收缩的总和。

合金的液态收缩和结晶收缩是产生缩孔和缩松等缺陷的根本原因；固态收缩是铸件产生内应力、变形和裂纹的主要原因。

合金的液态收缩和结晶收缩表现为体积上的缩减，常用单位体积收缩量表示。合金的固态收缩不仅引起体积上而且还使铸件在尺寸上发生缩减，常用单位长度的收缩量表示。它们的大小用百分率表示，称为收缩率。

1. 影响合金收缩性的因素

影响收缩的因素很多，主要是合金内部组织，即合金种类和成分的影响。在一般合金中，铸钢收缩率最大，并且随含碳量增加，收缩增大。灰口铸铁收缩量最小，其原因是灰口铸铁中大部分碳是以石墨形式存在，石墨比容大，在结晶时石墨析出所产生的体积膨胀抵消了合金的部分收缩。铸铁中含 Mn、S 量增加，收缩增大。

除了合金的种类及化学成分外，合金浇注温度、铸件的形状和尺寸也影响着合金的收缩。一般浇注温度高，收缩量增加；形状愈复杂、尺寸愈大，它们在铸型收缩时的互相影响和阻碍作用愈大，因此收缩量减少。

2. 收缩性对铸件质量的影响

(1) 缩孔和缩松

当液态合金充满型腔后，在冷却凝固过程中，由于铸件表面先凝固而内部得不到液态合金的补充，因而在铸件最后凝固部位出现缩孔。如果以密集细小形态出现，则称为缩松。铸件产生缩孔和缩松会减小铸件的有效承载面积，使得铸件的力学性能降低，同时，还会严重影响铸件的气密性。

(2) 内应力

铸件在固态收缩时受到阻碍而引起的应力，称为铸造内应力。它由三种情况引起：

① 由铸型和型芯等机械阻碍造成机械应力。型砂和芯砂的强度愈高，其退让性愈差，对铸件收缩时的阻碍愈大，造成的应力也愈大。

② 由于铸件各部分冷却时的速度不均而引起收缩不一致造成的应力称为热应力。由于铸件各部分壁厚不均，若相差愈大，则收缩时温度差也大，因而先收缩部分对后收缩部分的阻碍作用也愈大，产生的内应力也愈大。

③ 由于铸件发生相变时产生体积变化而引起的应力称为组织应力。

(3) 变形和裂纹

当以上三种内应力超过屈服强度时则产生变形，超过强度极限则出现裂纹。因此，防止铸件变形和裂纹最根本的措施是减少铸造内应力。防止和消除内应力的方法是：设计铸件结构应尽量使壁厚均匀；正确选择浇注系统；降低合金中有害元素；控制浇注温度和落砂时间等。

3. 铸件的凝固及控制

由以上分析可知，铸件中的缩孔、缩松、变形和裂纹等缺陷，都是由于铸件收缩时造成的。要预防这些缺陷的产生，则应根据铸件结构和结晶的特点，合理选择正确的工艺方法，对铸件的凝固进行控制。控制铸件凝固的基本原则是：