

铸铁件砂型铸造浇注系统设计常见误区及分析和对策

童思艺

(广西玉柴机器股份有限公司, 广西玉林 537005)

摘要: 分析了铸铁件砂型铸造浇注系统设计生产现场常见的误区, 运用铸件成形理论和流体力学等基本理论进行分析, 提出对策, 达到提升质量的目的。

关键词: 铸铁件; 砂型铸造; 浇注系统; 误区; 对策

中图分类号: TG250.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4977 (2017) 01-0078-04

The Common Design Mistakes and Countermeasures of Pouring System for Cast Iron Casting

TONG Si-yi

(Guangxi Yuchai Machinery Company Ltd., Yulin 537005, Guangxi, China)

Abstract: The usual design mistakes in common gating system of cast iron casting during the production were analyzed. In order to improve the product quality, the author analyzed these mistakes by using of the theories of casting formation, fluid mechanics and the other basic theories and proposed the countermeasures.

Key words: cast iron; sand casting; gating system; mistake; countermeasure

1 概述

浇注系统是铸型中液态金属流入型腔的通道。一般铸铁件浇注系统主要由浇口杯(外浇道)、直浇道、横浇道及内浇道四部分(组元)组成。从广义角度说, 浇包和浇注设备也是浇注系统的一部分, 因为它的结构、尺寸、位置高低等, 对控制液态金属的流量和静压头的大小有一定的影响; 另外, 出气孔与浇注系统也有联系, 也可以看成是浇注系统的一个组成部分^[1]。

浇注系统与铸件的质量有密切的关系。它的主要功能是:

- (1) 将型腔与浇包连接起来, 并平稳地导入液态金属;
- (2) 补充浇注结束时的液态收缩;
- (3) 挡渣;
- (4) 排气;
- (5) 调节铸型和铸件各部分的温度分布以控制铸件的凝固顺序;
- (6) 保证液态金属在最适宜的时间内充满铸型;
- (7) 保证液态金属的平稳流动, 尽量消除紊流, 从而避免卷入气体导致金属过度氧化;
- (8) 保证金属液面在型腔内有必要的上升速度;

(9) 节省金属, 结构简单紧凑, 易清理。

2 举例分析及改进措施

浇注系统俗称“水口”, 因此, 有的人认为只要把铁液导入型腔就行了, 对浇注系统没有引起足够的重视, 造成铸造缺陷。下面就铸铁件砂型铸造常见的误区举例分析, 提出改进的建议。

(1) 浇口杯体积小或没有浇口杯。除了影响浇注时铁液的导入外, 还会影响到补充液态收缩, 使铸件产生缩孔缺陷。

在发动机主机厂的铸造车间里, 几乎都是采用大规模的流水线生产, 其砂箱较高(如上箱400 mm, 下箱300 mm), 较大(如1 300 mm×900 mm)。用大铁液包直接浇注, 浇口杯及浇注系统体积也较大。在这种工装条件下生产HT250牌号的缸体、缸盖铸件一般不用补缩冒口。这时铁液的化学成分(质量分数, %): 3.25~3.35C, 1.8~1.9Si, 0.8~0.9Mn, ≤0.12P, 0.06~0.08S, 0.4~0.6Cu, 0.2~0.4Cr。在良好的孕育处理的情况下, 缸体轴承位和缸盖底面毛坯面硬度能达到HBS 195~200。

某发动机厂有的外协铸件的硬度低, 达不到HT250的要求, 供应商请主机厂铸造车间的工程师现

收稿日期: 2016-10-20。

作者简介: 童思艺(1964-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事铸造技术和质量管理。电话: 13321759933, E-mail: tongsy9933@163.com

场指导。试验结果大失所望，硬度是合格了，但没有一个成品，全部因缩孔缺陷报废。经对比发现，原来浇注系统有很大的差别，见图1和图2。



图1 摆地摊造型的浇注系统

Fig. 1 The gating system of casting with floor moulding



图2 造型线造型的浇注系统

Fig. 2 The gating system of casting with molding line

在生产现场我们可以看到，造型线上的浇口杯多是铣出来，为方便大包浇注，尺寸也较大；而外协厂是手工造型时，为了节省金属液，浇口杯很小，甚至没有做出完整的浇口杯，只是在直浇道口处随手抹一下，刮出个倒角而已。

我们观察浇注过程时发现，在完成浇注的瞬间，直浇道里的铁液液面会急剧下降。这是因为铁液进入型腔后，受到铸型的激冷，温度急剧下降，马上进行液态收缩，开始凝固。而这时，整个浇注系统的砂型壁已经被加热，铁液降温少，流动性好，会很顺畅地流入型腔。如果后续没有铁液及时补充这液态收缩，就会如图1那样，凝固结束后，铁液液面下降很多，差不多到了横浇道顶面，很容易出现缩孔缺陷，即使有冒口，也是无源之水，补缩的效果也大打折扣。而如图2那样，造型线上的浇口杯尺寸较大，有足够的铁液补充液态收缩，凝固结束后，铁液液面下降不多，还在浇口杯内，就不容易出现缩孔缺陷。为防止缩孔缺陷，常用的措施有：①缓慢收包，补浇。但这个会使浇完一包铁液的时间延长，造成铁液孕育衰退和温度下降过大。②适当加大浇口杯。浇口杯多大才合适，以凝固结束时，铁液面不低于浇口杯的底部为好。

(2) 内浇道在横浇道的顶部，如图2。浇注系统无论是封闭式的还是开放式的，铁液在横浇道中流动时，渣子总会是向上浮的。把内浇道设在横浇道的顶部，容易把上浮在横浇道顶部的渣子吸进型腔，是不合理的。内浇道应在横浇道的底部，并且内浇道和横浇道的底面应在同一平面上，否则浇注之初的夹杂着砂、渣、气体的温度偏低的“脏铁液”就会先流入内浇道进入型腔，而不能越过内浇道口流到它该去的横浇道的末端，容易产生砂眼、渣眼、气孔等缺陷。

(3) 压力头小。有的机械化程度较低的铸造车间，为了节省体力和用砂量，砂箱的高度都尽量矮。有的即使是用吊车起吊砂箱，为图省事，用槽钢作砂箱壁，槽钢是多宽，砂箱就多高，没有从工艺要求的角度来确定砂箱的高度，这就造成了直浇道高度矮，压力头不够，影响了铁液的充型和补缩，容易造成浇不到和缩孔缺陷。措施是：①从工艺要求的角度来确定砂箱的高度；②增加浇口杯砂箱和出气孔砂箱，增加压力头高度。

(4) 第一个内浇道与直浇道太近，如图3。水平的横浇道用以连接直浇道和内浇道，使铁液平稳流入各个内浇道；同时还起到捕集、保留由浇包经直浇道流入的夹杂物，故又称“捕渣器”或撇渣道，它是浇注系统中最后一道挡渣关口。



图3 第一个内浇道与直浇道太近

Fig. 3 The first ingate and sprue are too close

从图3可以看到，铁液从滤网出来，马上就到了第一个内浇道。有人认为，不是有滤网吗？怎么还用担心渣眼缺陷吗？其实，正是这种认识，使我们一度忽视了第一个内浇道离滤网的出水口太近的问题，使渣眼废品率高达40%左右。事实上，滤网能过滤的是在达到滤网时处于固态或比较粘稠的杂质，有些低熔点的渣在这时还处于熔融状态，还是比较顺利地通过了滤网。铁液从滤网出来后，需要在横浇道流经一段距离才能比较平稳，需要有足够的距离使杂质上浮到横浇道的顶部，所以应该把第一个内浇道往后移大于5倍横浇道高度的距离。

(5) 内浇道与横浇道高度比大。如图4，第一个

内浇道设在阻流片下面, $h_{\text{内}}/h_{\text{横}}$ 过大。在横浇道中向前流动的铁液, 在内浇道附近除有继续向前流动的速度外, 还有一个向内浇道流动的速度, 因此, 内浇道会将铁液“吸”进去, 这种现象称为“吸动作用”。吸动作用区的范围通常都大于内浇道的断面积, 杂质流经这个区域时就有被吸入内浇道而进入型腔的可能。吸动作用区范围的大小与内浇道中铁液流速成正比 (当横浇道充满时, 其流速决定于由浇口杯液面到横浇道的整个液柱高度), 还随着内浇道断面的增大及内浇道、横浇道的高度比值 $h_{\text{内}}/h_{\text{横}}$ 的增大而加大。当内浇道的断面积和 $h_{\text{内}}/h_{\text{横}}$ 均较大时, 吸动区可达横浇道顶部, 上升到顶面的杂质也会被吸入型腔; 反之, 内浇道的断面积和 $h_{\text{内}}/h_{\text{横}}$ 都不大时, 横浇道的挡渣作用也较好。所以, 改进的措施是: 将横浇道的断面做成高梯形, 内浇道制成扁平梯形, 内浇道在横浇道的底部, 并使 $h_{\text{横}} = (5 \sim 6)h_{\text{内}}$, 以保证内浇道的吸动作用不会达到横浇道的顶部。

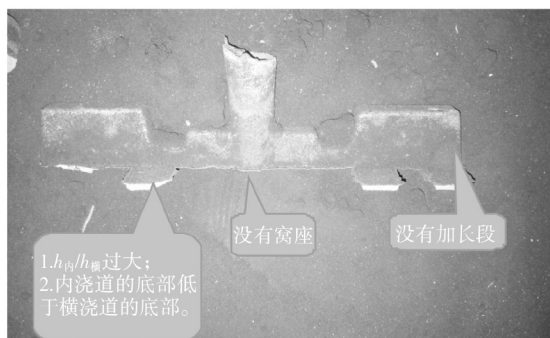


图4 结构不合理的浇注系统

Fig. 4 The unreasonable pouring system

(6) 内浇道底面低于横浇道的底面, 如图4。浇注之初的夹杂砂、渣、气体的温度偏低的“脏铁液”就会先流入内浇道进入型腔, 而不能越过内浇道口流到它该去的横浇道的末端, 容易产生砂眼、渣眼、气孔等缺陷。所以内浇道和横浇道的底部应在同一个平面上^[1]。

(7) 直浇道的底部没有设置窝座, 如图4。铁液从直浇道转入横浇道时方向急剧改变, 出现极度的紊流和搅动, 容易引起冲砂和卷入气体, 不利于铁液进入横浇道后杂质的上浮, 因此必须在直浇道的底部设计窝座。窝座的直径一般为横浇道宽度的2倍左右, 深度是横浇道高度的一倍左右。直浇道和横浇道的连接处要做成圆角, 以减少冲砂的危险。这样, 浇注时, 窝座先充满, 不仅能缓冲铁液流对铸型的冲击, 还可以减少铁液流的紊流程度, 较平稳地把铁液导入横浇道, 有利于杂质的上浮^[1]。

(8) 横浇道末端太短, 如图4。如果末端太短, 浇注之初夹杂着砂、渣、气体的温度偏低的“脏铁液”就会被内浇道吸进型腔, 造成砂眼、渣眼、气孔等铸

造缺陷。因此, 横浇道末端应该加长一段距离。一方面可以避免最后一个内浇道吸进杂质; 另一方面浇注之初到达这里的“脏铁液”就不再返回到横浇道设有内浇道的附近区域。一般加长段不应小于75 mm。铸件大, 加长段也要适当加长。如果能在加长段的末端加冒渣口, 则效果更好。

(9) 在内浇道经过的冒口颈放冷铁, 如图5和对应的模具图6。该轮毂的材质为QT500-7。解剖发现在中部两壁交接的热节处有缩孔缺陷。为解决缩孔问题, 在易发生缩孔的位置放置外冷铁和暗边冒口。为防止缩孔和缩松, 冒口必须保证铸件实现顺序凝固, 在铸件的凝固过程中始终存在“补缩通道”, 这样冒口中的金属液才能不断地补给铸件。否则, 冒口再大, 也达不到补缩的目的^[1]。在本案例中, 不巧的是放冷铁的位置刚好又是内浇道经过的冒口颈, 这样一方面冷铁把经过的铁液降温, 不利于铁液的充型; 另一方面, 冷铁被铁液加热, 减弱了激冷效果; 更严重的是, 冷铁还会使冒口颈很快凝固, 封闭了补缩通道。尽管冒口很大, 还有很多铁液, 但也不能补给铸件, 达不到解决缩孔问题的目的。措施: 重新设计浇注系统。



图5 内浇道经过外冷铁

Fig. 5 The ingate passing outside chill

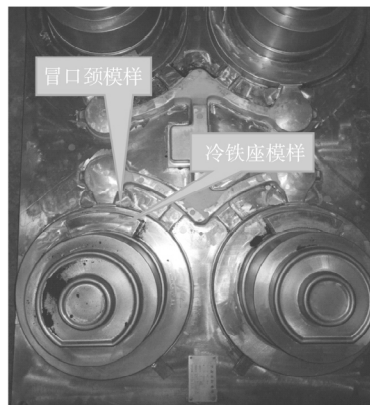


图6 在内浇道经过的冒口颈放冷铁的模具图

Fig. 6 Runner riser neck after the cold iron mould drawing

(10) 不同重量的铸件共用一套浇注系统。有个用铁模覆砂工艺生产圆盘形铸件的铸造车间, 为降低

成本,方便管理,不管重量多少,只要直径相差不大,都共用一套浇注系统。由于铸件重量相差较大,浇注时间也相差较大。浇注小件时,浇注时间合适,浇注大件时,浇注时间就太长了,甚至达到90 s,上铸型的覆膜砂在铁液没有充满前就因被过长时间烘烤,树脂燃烧,强度加剧下降而溃散,出现了大量的塌箱废品。措施:铸件的结构、重量不同,浇注系统也不同。

在生产现场,像这样浇注系统设计不合理造成合格率低的现象并不少见。可怕的是,对此这些企业的管理者已经是熟视无睹了。究其原因主要有以下几方面情况。

(a) 不懂得铁液在铸型浇注系统中的流动特点,不管是否有铸造基本理论功底和实践经验,以为懂CAD、懂UG就可以设计、制造铸造模具了;以为浇注系统既然叫做“水口”,像水渠一样能把铁液引进型腔就可以了。铁液在浇注系统中的流动毕竟不同于一般流体在封闭管道中的流动,它有其自身的特点:①型壁的透气性和金属液的润湿条件;②当金属液在流进浇注系统时与其型壁有强烈的机械作用和物理化学作用,导致其冲蚀铸型、吸收气体并产生金属氧化夹杂物;③一般金属液总含有少量夹杂和气泡,在充型过程中还会析出晶粒及气体,所以金属液充型时属于多相流动。因此,在设计浇注系统时应考虑金属液的挡渣和排气以及尽量减少其紊流程度^[1]。

(b) 没有认识到浇注系统的重要性,不重视浇注系统的设计。有的铸造厂为了赶进度,甚至连铸造工艺都懒得设计,一拿到产品图纸转身就交给模具厂制造模具,还美其名曰:从工艺设计到模具制造一条龙服务。模具厂不知道是不懂还是图省事,往往重视模样的设计制造,而忽视浇注系统的设计制造。很快一套光鲜闪亮却有质量隐患的模具就交付了。经试模,铸件形状和尺寸合格,模具就投入了批产。貌似模具的开发、制造的速度很快,但浇注系统不合理带来的质量隐患却像慢性病一样长期折磨着铸造厂,付出沉重的代价。

(c) 有的教科书的阐述缺乏一致性,甚至前后互相矛盾。如某教材关于内浇道和横浇道连接方式的阐述:对于封闭式浇注系统内浇道应在横浇道的底部,内浇道和横浇道的底面最好在同一平面上,否则浇注之初内浇道不能很好地保持空位而过早地起作用。对于开放式浇注系统(即无压式的)内浇道开在横浇道顶部,内浇道的顶面和横浇道的顶面不能在同一平面上,而要置于横浇道的顶上,以防止在整个(或大部分)浇注期中,当横浇道还没有充满时杂质就进入了内浇道而不滞留在横浇道顶部^[1]。这就令人费解:封闭式浇注系统中,内浇道应放在横浇道的底部,是因为渣子会浮到横浇道顶部;而在开放式浇注系统(即无压式的)中,内浇道开在横浇道顶部,难道这时的渣子就不会浮到横浇道顶部进入内浇道吗?事实上,渣子较轻,无论浇注系统是封闭式的还是开放式的,在横浇道里肯定是上浮的,而且这个过程会持续到充型结束。随着浇注的继续,如果铁液包内的集渣覆盖层没有跟随铁液面一起下降,甚至分离,集渣覆盖层就失去了减缓铁液降温 and 氧化以及挡渣作用,就更容易有渣子进入横浇道浮在上部。所以,即使是开放式浇注系统,内浇道放在横浇道顶部也是不合理的,也应该像封闭式浇注系统一样,放在底部。

3 结束语

既然浇注系统与铸件质量密切相关,我们就应该努力学习和掌握浇注系统设计的理论知识,认真设计好浇注系统,再经反复试验和改进,直到合理,从源头上保证铸件质量。

参考文献:

- [1] 李魁盛. 铸造工艺设计基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1981, 1: 67-85.
- [2] 曹煜强. 铸造工艺及设备 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003, 10: 86-92.

(编辑: 张允华, zyh@foundryworld.com)

(选自《铸造》2017年第1期)