● 消失模铸造专栏　Lost Foam Casting Column ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.09.026

编者按:《消失模铸造工艺学》著作发行会,2019 年 5 月在西安举办。作者刘立中先生就其 30 多年的生产实践,经过潜心研究,总结出消失模铸造"流场、热场、负压场"三场理论,以大量生动的案例佐证。到会的全国 80 多家消失模铸造企业的技术负责人颇受启发。特别是作者刘立中先生依据三场理论提出的"借用型腔作浇道,极致简化浇注系统"的理念,引起到会代表的高度兴趣。本期消失模铸造专栏,进一步给予阐述,以供同行研究与应用。

消失模铸造借用型腔作浇道研究

刘立中
(杭州规矩铸造设备有限公司,浙江 杭州 311400)

摘　要:为了减少消失模铸造浇注过程金属液带人的热量损失,简化浇注系统是有效措施之一。铸钢件排碳法浇注工艺,钢液从冒口注入,从形式上而言,无浇注系统,实际上是将型腔作为浇注系统,是借用型腔作浇道。结果表明,借用型腔作浇道,浇口从冒口或铸件的顶部直接引入实现了顶注优先工艺。金属液进入型腔后,直接落底,然后液面水平上升,实现铸件下部温度低,顶部温度高的正向热场。这是消失模铸造值得研究和推荐的工艺。

关键词:消失模铸造;三场理论;借用型腔作浇道
中图分类号:TG249　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1000-8365(2019)09-0985-04

Study on the Using Mold Cavity as Runner of EPC Casting

LIU Lizhong
(Guiju Casting Machinery Ltd., Hangzhou 311400, China)

Abstract: In order to reduce the heat loss of molten metal during EPC casting, simplified casting system was one of the effective measures. Casting technology of steel casting with carbon emission method, steel liquid was injected from riser, in terms of form, there was no casting system, in fact, the mold cavity was used as the casting system, and the mold cavity was used as the gate. The results show that the best technique of top injection is realized by using the mold cavity as the gate and the gate is directly connected to the top of the riser or the casting. After the gold liquid enters the mold cavity, it falls directly to the mould bottom, and then the liquid level rises, which shows the positive thermal field with low temperature at the bottom and high temperature at the top of the casting. This is a process worthy of research and recommendation.

Key words: EPC process; three field theory; using mold cavity as runner

1　借用型腔作浇道的理念是三场理论的升华

多年的生产实践,总结出的消失模铸造"流场、热场、负压场"三场理论,通过对三场理论不断深入的研究,对消失模铸造有了新的认识。

1.1　简化浇注系统以减少热量损失

金属液携带的热量是泡沫模气化的动能,金属液的温度不可能无限度地升高,因此,携带的热量是有限的。动态传热学原理告诉我们:液态金属流经途径越长,热量散失越多;流经的截面积越小散热越多越快;流动的速度越慢,散热越多越快。液态金属通过复杂的浇注系统时会使大量热量丢失。

消失模工艺的浇注系统都是泡沫实型,浇注时,先头液态金属快速通过,遇高温泡沫液化成胶体状,来不及气化就被携裹进入型腔,使型腔内泡沫密度被动地增加,从而增加了型腔内泡沫模型气化过程中对热量的需求。

泡沫模型气化要向液态金属索取热量。所以,消失模铸造浇注温度要比传统铸造高一些。型腔内被动增加了的泡沫密度,又增加了对热量的需求,因此在复杂浇注系统的案例中常常出现浇注温度已经很高,但在铸件上还是表现出液态金属温度偏低的缺陷,如皱皮、夹渣等。

收稿日期:2019-07-20
作者简介:刘立中(1945-),吉林长春人,高工.主要从事消失模铸造基础理论、铸造工艺及消失模铸造专用设备方面的工作.电话:13504412613

至此,我们可以总结出以下概念:液态金属进入型腔里的温度才是有效温度,浇注温度不能代表型腔里的温度液态金属的温度和携带的热量是有限的,要想使有限的热量尽可能多地进入型腔成为有效热量,就必须严格控制液态金属从出炉到进入型腔过程中每一个细小环节的热量丢失。

减少热量的无谓丢失,使有限的热量都作用到型腔泡沫模上,才能有效防止碳缺陷的发生。合理简化浇注系统,是减少热量丢失的重要环节,热量丢失得少,还可以适当降低出炉温度。

1.2 顶注浇注符合消失模铸造液态金属成型规律

近30年,板状件和箱体件内浇道切入位置不断调整、改进的轨迹是由下向上的垂直线。采用底注是U字形充型,热场倒置,即金属液充满型腔后,下部温度高于上部。采用顶注,却是真正的底注,金属液进入型腔后直接落底,而后液面水平上升,相当于有N个阶梯浇道在辅助充型,热场正向,即下部温度低,上部温度高。顶部浇注纠正了底部注入颠倒了的热场。符合液态金属成型规律。比绝对底注和阶梯式浇注,热场更加合理[1,2]。

2 借用型腔作浇道的理念是企业生存的需要

在市场经济中,铸造企业获利要靠“三率”,即铸件最终成品率、铁液收得率和员工生产效率。铁液收得率低造成的损失和废品的损失一样,都是成品变成了回炉料。复杂的,特别是人为复杂的浇注系统,不仅降低了铁液收得率,也降低了操作者的生产效率,不知不觉中给企业造成浪费。

实践中我们看到,复杂的浇注系统由于热量的无谓丢失,泡沫模型难以彻底气化,不仅不能实现高成品率,反倒事与愿违导致废品产生。与之相反的是,简单的浇注系统不仅易于操作,成品率也高。所以浇注系统越简单越高明。同时简单要合理、可靠。图1～图6所示的案例,企业无效益可言。

如图1所示,两个件可以共用一个横浇道。

如图2所示,硕大的冷冒口,没有补缩效果,且切割十分困难。过粗的直浇道也浪费大量钢液。借用铸件一侧的型腔作浇道,既简单又合理,大幅提高金属液利用率。

如图3～图6,复杂的浇注系统,浪费大量钢液的同时,也增加了制模、粘接、挂涂、埋箱、修正切割等大量无用工时。因此,增加了生产成本,使利润下滑,失去市场竞争优势。

借用型腔作浇道,可以极致地简化浇注系统。

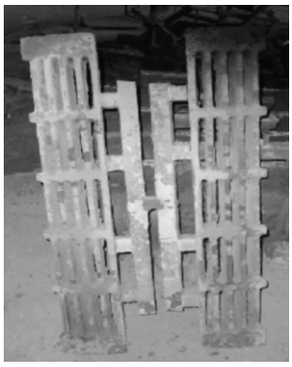

图1 双横浇道
Fig.1 Double runner

图2 不成比例的浇道和冒口
Fig.2 A disproportionate number of gates and risers

图3 复杂的浇注系统(一)
Fig.3 Complicated pouring system (I)

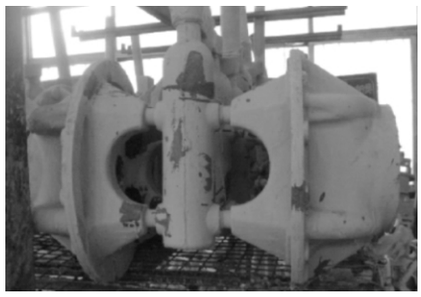

图4 复杂的浇注系统(二)
Fig.4 Complicated pouring system (II)

提高成品率的同时,提高铁液收得率和员工的劳动效率,从而降低生产成本,使企业有较大的利润空间,在激烈的市场竞争中游刃有余。

3 泡沫的物理特性支持“借用”

过去很长的一段时间里,我们对泡沫模型的气

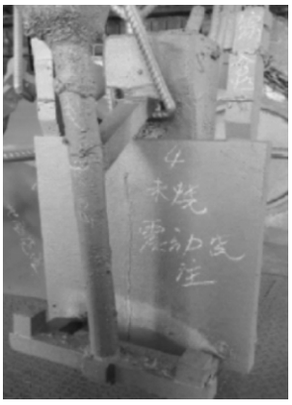

图 5 复杂的浇注系统(三)
Fig.5 Complicated pouring system (III)

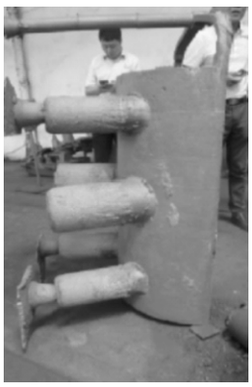

图 6 复杂的浇注系统(四)
Fig.6 Complicated pouring system (IV)

化特性没有正确的认识,以为液态金属进入型腔后泡沫模型会在很短的时间内就收缩成胶状物,被负压吸附在型腔壁上成为空腔,担心一旦浇注系统过于开放会发生塌箱。

通过对泡沫特性了解得知,泡沫模型由白色空心球状珠粒融合形成。因为泡沫材料是白色空心的,所以,在接受液态金属热传递的 3 个方式中,只对接触敏感,对对流和辐射不敏感。泡沫在与液态金属近距离接触时才会吸热收缩成胶状物,退让出空间。其他位置的泡沫模型依然存在,不会成为空腔,也不用担心塌箱。源于此道理 2008 年山西侯马会上作者推出了开放式浇注的铸钢件排碳法工艺。

铸钢件排碳法工艺推广后,很快在大型铸钢件中得到应用,并取得成功。随后,作者又根据中小型铸钢件的特点做了铸钢件排碳法串浇工艺设计,也得到行业内的认可和好的评价。铸钢件要求实现顺序凝固,必须设置冒口补缩。排碳法利用冒口浇注,为顺序凝固创造了高度差、充型时间差和温度差,与铸钢件的工艺要求十分吻合。

作者推广铸钢件排碳法,只注重了由冒口直接浇注金属液,可以使泡沫燃烧产生的游离碳排除型腔,防止碳缺陷的发生,也重视了对排碳法流场、热场的分析和描述,却没有意识到铸钢件排碳法是借用型腔作浇道,极致简化浇注系统的先行试验和典型范例,在应用实践中获得了良好的效果,也积累了丰富经验。部分铸件的浇注系统已经简化到极致。

山东聊城一厂,铸件的上部总是发生大量的积炭缺陷(图 7、图 8)。泡沫型的密度很低,阶梯式浇注系统不会造成顶部低温区,浇注温度也比较高,经浇注现场查看知。浇注操作不是很熟练,为了浇注时钢液不浇到浇杯外,他们的泡沫浇杯上口很大,直径有 180 mm,而且是实心的。

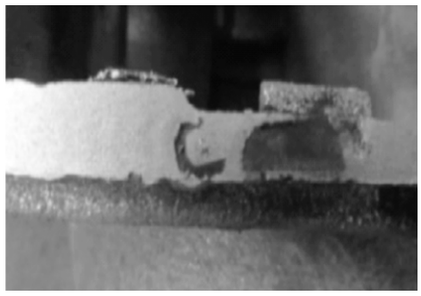

图 7 铸件上部的积炭(一)
Fig.7 A deposit of carbon on the top of a casting (I)

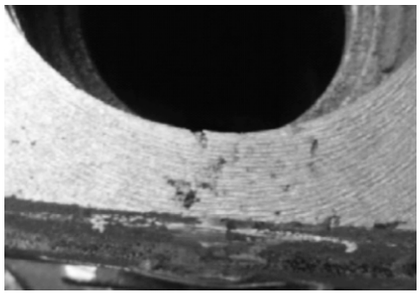

图 8 铸件上部的积炭(二)
Fig.8 A deposit of carbon on the top of a casting (II)

在浇注过程中发现,泡沫浇口杯的泡沫,不是铁液一注入就迅速燃烧,而后消失得无影无踪,而是铁液冲到的地方,它才变成液态的、黏糊糊的条状物随钢液进入浇道(就是说,浇口杯的泡沫遇钢液变成的液态物进入了型腔,而不是燃烧了)。这种现象伴随着整个浇注过程,只要直浇道还吸纳钢液,这个大的实心的浇杯里的泡沫就向型腔源源不断地输送它的液态产物,直到浇杯充满了钢液,它才消失结束。

这个厂铸件上部的积炭就是最后随钢液进入型腔的浇杯里的泡沫液化物,来不及汽化产生的(图 9～图 13)。

鉴于泡沫材料的这种传热特性,如果铸件的结构有一个比较宽厚,上下垂直的通道可以借用,我们把它作为浇道,从铸件的顶部注入金属液,金属液直接流注到铸件的底部。只有距离金属流很近的泡沫会退让,型腔不会瞬间变成空腔,不会因此而塌箱。因此,可以说泡沫的汽化特性客观上支持“借用型腔作浇道”。

图 9 开始浇注,钢液只钻一个洞
Fig.9 Starting pouring, only one hole drilled in the molten steel

图 10 钢液到处泡沫液化(一)
Fig.10 The molten steel liquefied by foam (I)

图 11 钢液到处泡沫液化(二)
Fig.11 The molten steel liquefied by foam (II)

图 12 钢液到处泡沫液化(三)
Fig.12 The molten steel liquefied by foam (III)

图 13 钢液到处泡沫液化(四)
Fig.13 The molten steel liquefied by foam (IV)

4 消失模铸造工艺给“借用型腔作浇道”广泛空间

消失模铸造不取模和使用干砂充型的优势,使其可以不受分型面、下芯、合箱等操作程序的约束,只要对最大数量的组合模型束和填砂操作有利,对提高金属利用率、降低成本有利,对热场的合理分布和泡沫模型的充分气化有利,就可以根据工艺的要求,在三维空间中任意安置浇注系统。因此,与传统的砂型铸造相比,消失模铸造给予了从事铸造专业的有识之士以充分的想象空间和用武之地,可以设计出很多不同形式铸件的消失模铸造的浇注系统。

借用型腔作浇道工艺措施不当时可能发生的弊端有:①可能造成铁液流经的区域过热,产生粘砂和缩松;②浇注操作不当,容易发生反喷。

应该注意的是:简化浇注系统不是简单地变短变细或取消,要遵循消失模铸造的基本原理:通过流场的调节,使热场分布合理。消失模浇注系统的简化以减少热量丢失和形成合理热场为主要目的。

在对铸钢排碳法不断加深认识的过程中意识到:铸钢件的开放式浇注,虽然钢液从冒口注入,从形式上看没设浇注系统,但是型腔客观上作了浇注系统,是我们借用了型腔作浇道。由此,可以总结一条经验:型腔是可以借用作浇道的。

借用原则(位置选择):①相对通畅的型腔;②相对居中的一点或几点;③相对较高的位置;④最好一点切入,控制充型速度,除非特大型铸件,不要多点切入,多点切入是雨淋式浇注方式,适用于薄壁体。

作为防止发生流经区域过烧和浇注初始反喷,可以采取如下措施:①适当降低浇注温度;②金属液通过区域涂层加厚;③采用花瓶式反喷溅直浇道;④控制浇注速度。

5 结论与讨论

直浇道从铸件顶部切入,直接浇注,作为顶注式浇注系统的特例已有应用。但是把顶注浇口下面的型腔也作为浇注系统一部分,称之为借用型腔作浇道,还是一个新提法。应用在消失模铸造上,极致简化浇注系统取得成功,案例逐渐增多,作为一种新型浇注系统逐渐被人接受去尝试。

参考文献:

[1] 刘立中,刘宁. 消失模铸造工艺学[M]. 北京:化学工业出版社,2019.

[2] 魏兵,袁森,张卫华. 铸件均衡凝固技术与应用[M]. 北京:机械工业出版社,1998.