

一种新型冒口加热方式的探索

■ 许诺, 张亚才

摘要: 通过把感应加热技术与铸造冒口相结合, 探索了一种新型的感应冒口技术。研究了使用感应加热冒口后在铸造工艺参数和铸件质量方面的变化及差异。通过采用数值模拟的方法和实际的生产对比试验, 获得了一些经验数据, 作为一种新的冒口加热方式的尝试, 可以提供一些借鉴作用。

关键词: 冒口; 感应加热; 数值模拟; 对比试验

在生产过程中, 铸件在浇注后, 随着温度的降低, 会发生凝固收缩的情况, 为了保证铸件质量, 在完全凝固之前必须有钢液能够一直补充收缩的部分, 否则就会出现缩孔缺陷。在技术上, 主要通过在合适的地方放置冒口来实现这一补缩过程。铸件在凝固过程中所需要被补缩的钢液量是一定的, 而且远小于冒口的重量。根据我厂多年经验, 冒口补缩效率约为10%左右, 也就是说其余90%的钢液都是不起补缩作用的。然而在我厂(包括全国范围内), 冒口的使用及其设计方法几十年来一直没有太大的变化, 这也就导致为了保证铸件质量, 尺寸越大的铸件所需要的冒口也就越大, 且大冒口后期清理劳动强度大, 气体污染环境, 难于切割, 易产生各种质量问题。

为了提高钢液的利用率, 降低成本, 我们研究了所能查阅到的冒口保温加热技术, 综合考虑技术难度及成本, 均不甚理想。

最后经过探讨, 决定尝试进行一种新型的冒口加热方式——冒口感应加热。

1. 试验件及数值模拟

冒口感应加热, 顾名思义就是采用感应加热技术来加热冒口内部的钢液, 使其在补缩期间一直保持液态不凝固, 从而得以用非常小的冒口来代替大冒口实现大铸件的补缩。基于这一设想, 我们设计了一组对比试验, 对相同的试验件分别采用感应加热冒口和普通冒口两种形式, 研究使用了感应加热冒口后在铸造工艺参数和铸件质量方面的变化及差异。其中, 工艺参数包含三方面的内容: 铸件实际补缩钢液重量; 冒口补缩效率; 最长有效补缩距离。铸件质量也包含三方面的内容: 无损检测结果; 化学成分偏析; 力学性能。

试验件材质为ZG270—500, 化学成分见表1

外形尺寸1660mm×800mm×1170mm, 最小壁厚150mm, 最大壁厚300mm, 槽宽160mm, 槽深100mm, 重量4305kg, 设计最长有效补缩距离1200mm。结构如图1所示。

(1) 工艺建模 试验铸件净重4305kg, 毛重4600kg。

感应加热冒口工艺: 如图2所示, 绿色表示冒口, 黄色表示加热线圈范围, 高度方向距冒口根部150mm, 无覆盖剂。冒

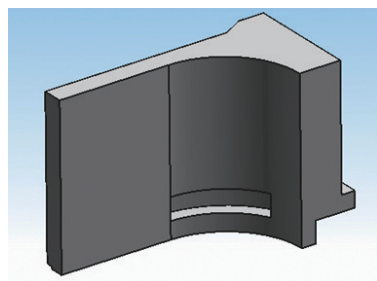


图1 试验件三维模型

表1 试验件材质化学成分(质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
0.3~0.4	≤0.6	≤0.9	≤0.04	≤0.04	≤0.35	≤0.3	≤0.2

口重450kg，钢液重5500kg，铸件出品率83.6%，冒口补缩效率49.1%。

普通冒口工艺：冒口重2500kg，覆盖剂200mm，钢液重7500kg，铸件出品率61.3%。

(2) 工艺模拟结果 感应加热冒口模拟（见图3）显示：冒口补缩部分垂直降低，补缩部分钢液高度330mm，冒口钢液剩余高度为260mm。

结果：无缩孔，温度场理想，顺序凝固较好，有集中缩松（采用较为严格的Niyama判据），根据调整尺寸的多方案模拟结果来看，最长有效补缩距离达到1200mm时是该试验件出现集中缩松的临界尺寸。

普通冒口模拟（见图4）显示：冒口补缩部分呈V形。

结果：无缩孔，温度场理想，顺序凝固较好，有集中缩松（采用较为严格的Niyama判据），根据调整尺寸的多方案模拟结果来看，最长有效补缩距离达到1200mm时是该试验件出现集中缩松的临界尺寸。

通过以上模拟的对比，综合来看，感应加热的前提是使冒口内钢液一直保持为液态，在此基础上，对于相同的试验件而言，感应加热冒口重量非常小，不到普通冒口的20%。

2. 感应加热冒口结构

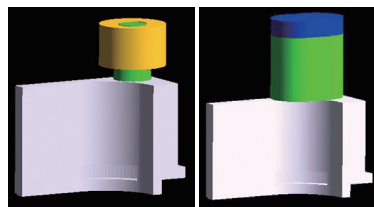
根据试验件的模拟结果，我们与电炉厂家进行了充分的沟通，并采购了一套感应冒口装置，其冒口形状类似于圆台形，上底300mm，下底400mm，高度670mm，如图5所示。

紧贴冒口（钢液）的是炉衬材料，炉衬材料采用托盘托住，然后是感应线圈，厚度30mm，在感应线圈和炉衬材料之间有20mm厚起保护线圈作用的红泥涂层，线圈后是磁轭和水冷却管路，外壳则用奥氏体不锈钢固定。

3. 试验件试制

(1) 炉衬打结 炉衬采用硅砂，先将焊接内衬的底盘填满硅砂并春实，再将感应冒口装

置套到焊接内衬外部，保证焊接内衬正好位于正中。将硅砂炉衬材料填到感应圈和内衬之间的空隙，并用专用的打炉捣固锤和捣固叉将炉衬捣实。



(a) 感应加热冒口 (b) 普通冒口

图2 工艺建模

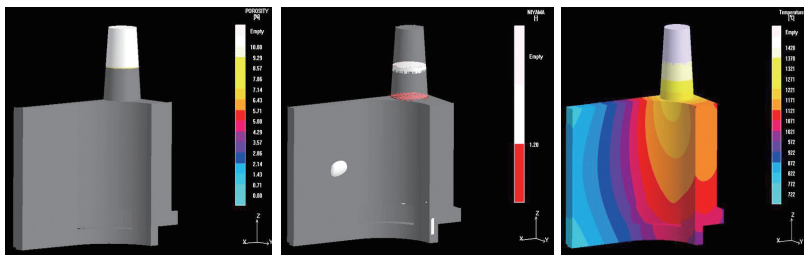


图3 感应加热冒口模拟结果

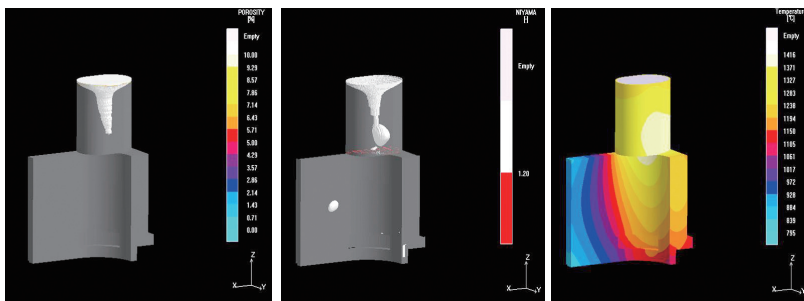
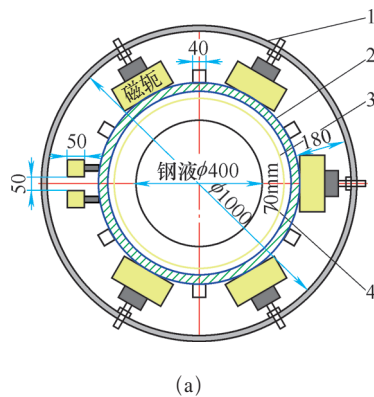
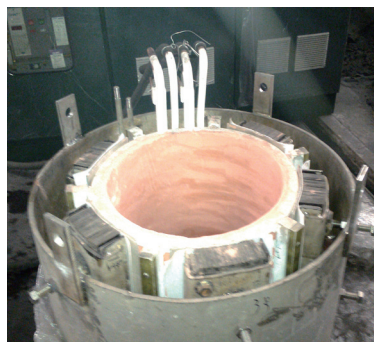


图4 普通冒口模拟结果



(a)



(b)

图5 感应冒口结构

1. 外壳用奥氏体不锈钢（厚15mm） 2. 感应线圈（厚30mm）
3. 红泥涂层（厚20mm） 4. 炉衬（厚70mm）

(2) 造型及浇注 试验件在木模样制作完成后进行造型。普通冒口和感应加热冒口同时造型,采用浇注系统连通,浇注计划为一包钢液浇两件,同时浇注,从而保证两个试验件具备相同的条件,提高可比性。

造型完成后进行浇注,浇注温度1550℃,浇注完成后立即开启感应加热,在浇注20min后,出现了两次因控制柜水冷管堵塞而导致断电的事故,第一次断电时间7min,第二次断电时间23min。前后因水冷问题导致未加热时间约40min。抢修后继续加热,整个加热时间共5h。

浇注后凝固过程中,对感应加热冒口进行了不定时测温,分析测温数据及对应功率可知,功率为199kW,温度数据略高,最高1498℃,当功率在145 kW以上维持一段时间时,可看到温度在缓慢增长,当功率在145 kW以下时则变化较小,并且在功率为最低90 kW时,仍能够维持温度在一定范围内。这充分说明,感应加热起到了保持温度的作用。

(3) 清理及无损检测 铸件保温完成后进行打箱、清理,肉眼可见,感应加热冒口与普通冒口相比要小很多,如图6所示。

清理完成后,进行了精整打磨和无损检测,目的是通过判断是否存在缺陷,是否因为长时间高温造成冒口面的微裂纹,判断感应加热冒口的最长补缩距离及延续度是否满足要求。无损检测时间:打磨后进行。

(4) 取样及理化分析 取样分析目的:长时间的高温分布容易造成严重的成分偏析,通过

取样分析感应加热冒口的偏析程度,并与按正常工艺制造相同试验件的偏析程度相比较,进而比较感应加热冒口与普通冒口两种试验件力学性能的差异性。

力学性能自附铸试块及本体上取样。力学性能项目包括拉伸和冲击:附铸试块取样决定试验件性能是否合格;本体取样自化学成分分析所用长条试料上加工获得,取样位置为长条试料的几何中心排布,比较两种冒口情况分别对本体性能的影响,以此判断感应加热冒口是否会对铸件本体性能有严重影响。

4. 试验结果及分析

(1) 无损检测结果 无损检测在打磨后进行,先进行磁粉检测:两个试验件均未发现表面微裂纹。这说明,长时间的高温加热未导致表面微裂纹缺陷。然后进行了超声波检测,结果两个试验件均是合格的。但在感应加热冒口试验件上,在冒口的正下方偏右侧,铸件最大热节靠近厚壁边缘处,发现二次缩孔,我们

判断出现的原因是浇注后因试验过程中水冷管堵塞有40min的未加热时间,从而使得冒口向下补缩的通道发生了局部凝固,虽然抢修后仍然继续加热,熔化开了冒口内的钢液,但感应线圈的范围是有限的,对于冒口下铸件凝固的部位影响几乎没有,因此最终导致了二次缩孔。

(2) 成分偏析 两个试验件均按取样图进行了取样。我们把两个试验件相同位置的化学成分检验结果进行了统计,求得其均值(见表2)。

两个试验件成分牌号为ZG270-500,总体来看,两个试验件的化学成分均满足技术要求,P、S元素含量控制在较低水平。

感应加热冒口和普通冒口的总体成分大致相当但有差异,个别成分相差比较明显,其中Si、Mn元素差值略大,分别相差约0.16%和0.20%,并且是普通冒口中含量略高。造成这种差异的原因可能是Si、Mn元素具有较好的还原性,在炼钢中一般作为脱氧



(a) 普通冒口



(b) 感应冒口

图6 清理时冒口对比

表2 化学成分对比(质量分数)

(%)

元素	C	Si	Mn	P	S	H	O	N
感应冒口	0.39000	0.18000	0.51429	0.00800	0.00200	0.00009	0.00801	0.0118
普通冒口	0.37429	0.34429	0.71714	0.00529	0.00200	0.00020	0.00491	0.00914
均值差	0.01571	0.16429	0.20286	0.00271	0	0.00010	0.00310	0.00269



低压铸造ZL205A铸件缺陷分析及工艺优化

■ 张西生, 赵磊, 周正海

摘要: 针对铸件在低压铸造过程中产生的气孔、缩松缺陷的情况, 分析了该铸件产生缺陷的原因, 优化浇注系统结构, 改善内浇道, 改变冷铁材质, 优化低压铸造参数等工艺措施, 成功解决铸件缩松及气孔等缺陷, 生产出满足使用要求的铸件。

关键词: ZL205A合金铸件; 低压铸造; 缩松; 气孔; 工艺优化

ZAlCu5MnCdVA (合金代号ZL205A) 是一种高纯高强度铸造铝合金, 是目前世界上使用强度最高的铝合金之一, 具有非常好的强度、塑性、韧性和耐蚀性

能, 因此在航空航天领域应用广泛。但由于该合金具有宽结晶温度范围, 铸造性能较差, 不易实现顺序凝固, 壁厚敏感性较大, 在结晶时易产生缩松、气孔、热

裂、偏析和氧化夹渣等铸造缺陷, 其中气孔和缩松是ZL205A合金铸件最常见的缺陷。

其化学成分和力学性能见表1、表2。

剂加入, 而感应加热冒口长期处于高温状态, 钢液的吸气及氧化作用更严重, Si、Mn元素作为脱氧剂被消耗了一部分, 最后达到平衡含量。同时, 这种吸气和氧化作用也解释了为什么O、N元素在感应加热冒口中含量增加的原因。从表2中可以看出, 它们分别增加了0.00310%和0.00269%, 这是一个显著的变化。

(3) 力学性能 两个试验件均按取样图进行了取样。我们把两个试验件相同位置的力学性能结果进行了统计, 求得其均值(见表3)。

从表3可以看出, 两者的力学性能基本相同, 这与化学成分检测结果可以得到相互印证, 并且两者的屈服强度波动都较小, 表现出较高的一致性。

表3 力学性能对比

项目	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率 (%)	断面收缩率 (%)
感应冒口	294.5	578.0	18.1	24.3
普通冒口	283.9	573.3	14.9	24.3
均值差	-10.6	-4.7	-3.1	0.1

5. 结语

感应加热技术应用到冒口上是一次新的尝试和探索, 涉及到多专业的交叉应用。通过本次对比试验, 我们得出如下结论:

(1) 与普通冒口工艺参数相比, 感应加热冒口实际补缩钢液重量约为铸件重量5%, 冒口补缩效率约为35%, 最长有效补缩距离与普通工艺设计一致。

(2) 与普通冒口在铸件质

量方面的差异: 化学成分偏析与常规冒口差异不大, 不会因冒口长时间高温加热而产生质量问题; 相同位置试样力学性能与常规冒口相比差异较小; 由于加热过程吸气氧化, 感应冒口下部产生气孔等缺陷的可能性比普通冒口要高。

(3) 感应冒口在加热过程中不能出现水电等因素的干扰, 否则容易出现缩孔缺陷。

作者简介: 许诺、张亚才, 天津重型装备工程研究有限公司, 长期从事大型铸锻件工艺及产品的研究开发工作。

MW 20160612