

热模离心球铁管 Ti 含量对 T 型管承口成形质量的影响

周占良, 贺新卜, 孙海刚, 尤庆伟, 任延军

(新兴铸管山西新光华铸管有限公司, 山西吕梁 032100)

摘要: 球化铁液成分对热模离心球墨铸铁管产品的力学性能、金相等内在质量影响很大。对热模离心球墨铸铁管外观质量和成分之间关系的研究比较少, 尤其是对承口的外观质量方面的研究。生产中大量的实物与数据比对发现, 铁液Ti元素和热模大口径面成形质量存在关联性。分析了承口D3面成形质量缺陷的成因, 重点分析球化铁液的Ti元素的含量和承口D3面的成形质量对应关系, 从而找到控制承口D3面的最优质量的方法。

关键词: 热模离心铸造; D3面质量; 球墨铸铁管

新兴铸管热模离心球墨铸铁管热模法离心产品规格主要集中在DN1100-DN2600, 产品具有非常好的力学性能和实用性能。但在行业中一直存在一个痛点, 就是承口的成形质量无法做到完全控制, 还不能达到特别稳定的质量效果, 尤其是T型管D3面(见图1a)在浇注成形过程中经常出现一些麻面缺陷(见图1b), 影响了铸管产品的外在质量。

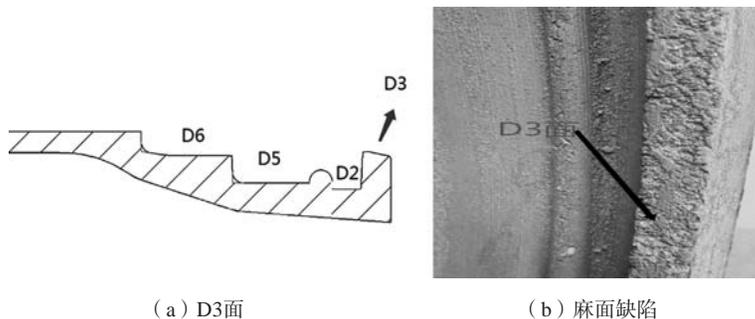


图1 T型管D3面位置及其缺陷
Fig. 1 Location and defects of the D3 surface of the T-tube

生产过程中虽然对制芯的工艺、喷涂的工艺、浇注系统中的翻包时间、流落槽位置、铁液的落点、充型的时间等参数进行严格控制, 仍然未能完全消除D3面麻面缺陷, 个别管子甚至出现严重麻面缺陷, 不能成形而达到判废标准。

在稳定制芯工艺参数、喷涂参数、浇注系统参数的情况下, 主要分析铁液中微量元素成分对成形质量的影响。通过对熔炼工序铁液的制备、球化后成分的控制, 基本固定碳、硅、锰、磷、硫的范围, 统计分析Cr、Ti、Cu、V、Ni、B几大微量元素, 尝试寻找各成分含量与承口D3面质量之间的对应关系和规律, 以便找到影响D3面质量的一个成因, 达到进一步控制D3面质量的目的。

1 铁液的制备

1.1 球化前铁液成分要求

国内生产模式基本采用高炉铁液或生铁块作为原始材料, 经过中频炉熔化和

作者简介:

周占良(1978-), 男, 主要从事离心球墨铸铁管生产过程工艺控制和技术研究工作。电话: 13111372382, E-mail: hdzhanliang@126.com

中图分类号: TG255
文献标识码: B
文章编号: 1001-4977(2023)05-0603-04

收稿日期:

2022-07-06 收到初稿,
2022-08-30 收到修订稿。

升温、调质、静置、除渣等工序，制备出相对纯净的电炉铁液，为球化做准备工作（短流程作业本文不涉及）。同时，稳定控制主要成分，以便研究微量元素

的变化对承口D3面的影响。炉前成分及球化铁液的成分要求见表1、表2。

表1 炉前成分
Table 1 On-the-spot composition

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Cu	V	Ni	B
3.6~3.8	≤1.4	≤0.40	≤0.08	≤0.025	≤0.05	≤0.07	≤0.035	≤0.035	≤0.050	≤0.005

表2 球化铁液成分
Table 2 Composition of the nodularizing iron melt

C	Si	Mn	P	S	Mg _残	Ti	Cu	V	Ni	B	Cr
3.5~3.7	2.0~2.2	≤0.40	≤0.08	≤0.01	0.06~0.085	≤0.07	≤0.035	≤0.035	≤0.050	≤0.005	≤0.05

1.2 铁液温度

因为球化工艺的差异，中频炉出铁温度不尽相同。采用喂丝法球化时，球化时间长，温损大，所以出铁时电炉温度控制的相对高一些，一般控制在1 450 ℃ ± 10 ℃，最终浇注的铁液温度在1 310~1 330 ℃，目的是基本保持工艺温度的稳定性。

1.3 球化处理标准（喂丝法）

以DN1200为例，送丝速度：42 m/min（单丝）。喂丝量：每吨铁液一般控制在28~34 m丝线，根据电炉铁液成分中的硫含量做微调，确保球化后的残硫控制在要求之内，同时要达到工艺要求的残Mg含量。

球化反应完毕后，扒渣要彻底，扒渣面 > 95%，以防止渣中S元素再次回到铁液中而影响球化效果，球化后铁液须在10 min内浇注完毕。

1.4 微量元素的控制

Cr促进产生碳化物的形成，反石墨化元素，阻止铁素体的形成，增加珠光体的数量。有升高奥氏体共析分解温度的作用，同时铬本身又能稳定珠光体，阻碍珠光体的分解，因此在热模法工艺中，Cr的含量要进行严格控制，降低其稳定珠光体的作用。

Ti熔点（1 660 ± 10）℃，沸点3 287 ℃，密度为4.506 g/cm³。在高温下钛可与许多物质发生剧烈反应。金属钛在高温环境中的还原能力极强，能与氧、碳、氮以及其他许多元素化合，还能从部分金属氧化物（比如氧化铝）中夺取氧，在球化铁液中起还原作用，能减少铁液的氧化，纯净铁液，有利于铸造成形^[1]。但必须控制在一定的量之内，本身有反球化的作用。

Cu对铸铁共晶转变温度的影响不大。铜属于微弱的石墨化元素，可以稍微降低白口倾向。铜降低共析转变温度，大约每增加1%的铜，共析温度下降6~10 ℃，即起稳定奥氏体的作用。铜增加珠光体的数量，阻碍

石墨化的作用。其促进球墨铸铁生成珠光体，其能力比镍大10倍，在研究过程中要严格按照成熟的工艺要求控制。

V在球铁中主要以VC的形式存在，VC在偏析过程中出现偏聚现象，严重阻碍铁素体的形成，偏聚越大阻碍力越强，在热模法球墨铸铁工艺中要严格控制^[2]。

Ni对于石墨球化的形状影响不大，但随着加入量的增多，石墨球数量会稍有增多，同时，也会增加珠光体的数量，减少铁素体的数量，在热模法球墨铸铁工艺中要严格控制^[3]。

B在球墨铸铁中是严重的反球化元素，随着含量的增加，石墨球化效果降低，球径增加，数量减少，大于0.049%时，石墨大小等级下降到5级以下，球化效果极差，几乎没有完整的石墨球，在热模法球墨铸铁工艺中要严格控制^[4]。

2 D3面成形质量缺陷成因分析

2.1 砂芯质量和浇注流槽涂刷质量的影响

砂芯主要的原料是含硅92%的擦洗砂，呋喃树脂和固化剂作为辅助的塑性材料通过一定的比例和先后搅拌顺序，在固定的模具中舂型、固化后制得，然后在与铁液接触的表面涂刷液体石墨涂料干燥10 h后方可使用。流槽涂料因使用环境限制全部为水基，溜槽温度过低将严重降低涂刷附着性能。以上两方面在实际执行过程中，因为涂料的配比不合理、干燥时间短、被涂刷物温度偏低等因素，会导致涂层不能完全干透，附着力降低，强度不足，在浇注过程中涂料接触高温铁液瞬间爆裂，被冲刷脱落，造成D3面麻面缺陷^[5]。

2.2 管模内壁涂层的附着力影响

在喷涂过程中，因为风压、罐压、涂料、模具

温度及涂料喷嘴与模具距离等原因,会导致在管模内的涂层强度降低,浇注过程中受铁液冲刷脱落进入铁液,形成夹杂。造成涂料强度不足的原因有:①配置涂料比例出现问题或者搅拌时间不足,不符合工艺要求;②喷涂的风压、罐压不足,没有达到工艺要求;③模温控制偏低,涂层水分蒸发不够;④枪距过远,形成飘落。

2.3 流槽的前置点调整的影响

管模的前置点过于靠后,在承口浇注过程中,冲型的时间过长,涂料被长时间冲刷掉,进入型腔形成承口D3面夹杂。

2.4 铁流量的影响

浇注过程中铁液流量偏小,导致铁液在通过流槽的速度和承口冲型速度变缓,浇注时间延长,增加了铁液与空气接触时间,导致铁液氧化。成因主要有:①浇包出铁口偏小;②浇包翻转速度慢;③流槽截面积小,内部不平整,铁液溅铁翻滚严重。

2.5 微量元素不同含量对成形外观质量的影响

在实际的生产中,使用的铁液主要来自自产的高炉铁液,在使用同一批矿石、焦炭等原料的情况下,Ti元素的变化比较频繁(主要的是因为冶炼的过程中,受炉温影响Ti元素与燃料反应造成含量的变化),且在中频炉调质过程中难于调整,发现其含量与承口D3面的质量存在对应关系。

3 Ti元素与D3面成形质量对应分析

3.1 Ti元素对应实物质量统计分析

通过对工艺的优化,确保上述铁液制备和工艺参数具备条件且基本保持一致,同时保证2.1、2.2、2.3、2.4的问题具备条件情况下统计分析Ti元素含量与D3面麻面之间的关系。随机统计了DN1200、DN1400、DN1600三种规格各100支产品的成分数据和D3面的质量,数据见表3。

3.2 Ti元素对成形质量的作用

通过上述实物质量和成分数据对比分析,当球化铁液Ti含量越高,承口浇注质量越密实,反之则变差,当低于0.03以后愈发严重。根据这一对应关系分析,元素Ti的确影响着成形质量。

铁液中的Ti元素主要来源于高炉炉温波动导致的渣中的氧化钛被焦炭还原所生成。通常情况下高炉温

表3 Ti元素含量和D3质量
Table 3 Contents of the Ti element and D3 quality

支数	Ti含量区间/%	D3质量	统计有效性	说明
152	≥ 0.05	A	有效	成形非常完整
52	$0.035 \leq \text{Ti} \leq 0.045$	B	有效	局部个别点 有麻面缺陷
67	$0.028 \leq \text{Ti} \leq 0.032$	C	有效	成形质量差,局部 面积缺肉现象
12	≤ 0.028	D	有效	圆周内无完好区域
8	$0.035 \leq \text{Ti} \leq 0.045$	D	无效	浇注异常

注:A:饱满无麻面;B:5%~10%面积出现轻微麻面;C:20%~50%的面积出现一定程度的麻面;D:接近100%的面积出现麻面,且麻面深度较大。

生产的铁液,Si高S低Ti高,但高炉升温,势必导致炼铁高炉的焦比升高,不利于冶炼的成本控制。因此要保证铁液的含Ti量稳定在需求水平难度较大。Ti在铸铁中存在的机理一方面起反球化作用,降低球化率和力学性能,即使加入稀土也不能抑制其作用发挥;另一方面它与氧、氢有极强的亲和力,可以脱氧排气、净化铁液、细化晶粒。因此,在其共同作用下,为保证中和其性能发挥到最佳,热模工艺一般Ti含量控制在0.070%以内最佳。

通过Ti的含量变化进而影响到承口D3面成形质量,综合Ti元素在铸铁中的作用得出结论:浇注成形质量差是因为铁液纯净度差、含氧量大导致。Ti的存在极大改善了铁液条件,促进了成形质量的提高。

4 后续的控制措施

(1)有高炉炼铁条件的尽可能保证适当的高炉炉温控制,在一定范围内提高Ti元素含量。

(2)选用生铁熔化关注该成分含量,减少后续其他补救措施。

(3)铁液进行碳含量调质速度要快,尽可能缩短调质时间,减少铁液与空气接触时间,同时力求除渣干净。

5 结语

浇注成形质量差是因为铁液纯净度差、含氧量大导致。Ti的存在极大改善了铁液条件,促进了成形质量的提高。Ti元素含量的高低,在一定的条件下,对承口工作面的成形质量有对应关系。但是一定要注意到它的反球化作用,严格控制其临界含量。

参考文献:

- [1] 李栓紧, 李德友, 王海玲. 球墨铸铁管中Ti成分控制试验研究 [J]. 河南冶金, 2005 (5): 18-20.
- [2] 王禹, 宋维锡, 韩其勇. 钒在铁素体球铁中的作用 [J]. 机械工程材料, 1993 (2): 9-12.
- [3] 郭新立, 刘治国, 刘俊明, 等. Ni在球墨铸铁中的行为及作用 [J]. 材料研究学报, 1995 (4): 289-293.
- [4] 张景超, 王彦华, 赵靖宇, 等. 硼对等温淬火球墨铸铁组织及性能的影响 [J]. 铸造, 2013, 62 (2): 109-112.
- [5] 申发田, 张建强. 热模离心球墨铸铁管承口夹渣和疏松缺陷成因及预防 [J]. 铸造, 2018, 67 (3): 275-278.

Effect of Ti Element Content in Centrifugal Ductile Iron Pipe by Hot Mold Coating on Forming Quality of T-Shaped Pipe Socket

ZHOU Zhan-liang, HE Xin-bo, SUN Hai-gang, YOU Qing-wei, REN Yan-jun
(Xinxing cast pipe Shanxi xingguanghua Cast Pipe Co., Ltd., Luliang 032100, Shanxi, China)

Abstract:

The composition of ductile iron melt has a great influence on the mechanical properties, metallography and other internal qualities of hot mold centrifugal ductile iron pipe. There is little research on the relationship between the appearance quality and composition of the hot mold centrifugal ductile iron pipe, especially on the appearance quality of bell mouth. A large number of physical objects in production were compared with data, and it was found that there was a correlation between Ti element in molten iron and the forming quality of large-diameter surface of hot die. The causes of forming quality defects on the D3 surface of the bell mouth were analyzed, and the corresponding relationship between the content of Ti element in the ductile iron melt and the forming quality of the D3 surface of the bell mouth was emphatically analyzed, so as to find the method to control the optimal quality of the D3 surface of the bell mouth.

Key words:

hot mold centrifugal casting; D3 surface quality; ductile iron pipe
