

Φ210 ~ 310 mm 管坯连铸长水口保护浇注的工艺实践

李国丰 贺冰林 王学义 刘义仁
(天津钢管集团特殊钢有限公司,天津 300301)

摘要 12Mn4V、37Mn、26CrMo48V 等钢种管坯的生产工艺流程为 150 t EAF-LF-VD-Φ210 ~ 310 mm 圆坯连铸。由于氩封不严密等因素,150 t 钢包至 26 t 中间包过程钢水氮含量增加值 ΔN 波动较大,ΔN 最大值达到 65×10^{-6} 。通过改进套管清理工具,增加机械手配重,改善钢包流嘴和套管的紧密,保持氩气流量 120 L/min,压力 0.05 MPa 等措施,使从钢包到中间包增氮量稳定在 5×10^{-6} 以下,连铸管坯氮含量为 $30 \times 10^{-6} \sim 60 \times 10^{-6}$ 。

关键词 管坯 26 t 中间包 钢水氮含量 长水口 氩气 保护浇注

Process Practice of Long Nozzle Shielding Pouring for Φ210 ~ 310 mm Tube Bloom Casting

Li Guofeng, He Binglin, Wang Xueyi and Liu Yiren
(Special Steel Co, Tianjin Steel Pipe Group, Tianjin 300301)

Abstract The production process flowsheet of tube bloom for 12Mn4V, 37Mn, 26CrMo48V etc steels is 150 t EAF-LF-VD-Φ210 ~ 310 mm round bloom casting. Due to the factors including argon shielding no-close etc, during 150 t ladle to 26 t tundish process the increment value of nitrogen content in liquid ΔN fluctuates largely, the largest ΔN is up to 65×10^{-6} . With using the measures including improving shroud cleaning implement, increasing mechanical arm counterbalance, improving tight touch of ladle flow mouth and shroud, and maintaining argon flow rate 120 L/min and pressure 0.05 MPa, the increment value of nitrogen content in liquid from ladle to tundish is stably less than 5×10^{-6} , and the nitrogen content in casting tube bloom is $30 \times 10^{-6} \sim 60 \times 10^{-6}$.

Material Index Tube Bloom, 26 t Tundish, Nitrogen Content in Liquid, Long Nozzle, Argon, Shielding Pouring

钢液由钢包注入中间包过程中注流的二次氧化在大颗粒夹杂物生成方面作用突出^[1]。Ohno 等发现钢包与中间包之间因钢液注流二次氧化所增加的大型夹杂物数量需要乘上一个 2.5 的因子,而且二次氧化产物尺寸大于 $100 \mu\text{m}$ ^[1]。通过由耐火材料制成的浇注管或氩封对钢液注流实施保护从而避免大气的二次氧化,这两种方法常常组合在一起使用^[1]。这种保护形式受长水口形状、氩气流量、氩气压力、长水口和钢包流嘴配合、密封圈等因素的影响。为了形成各种因素互相匹配,实现保护浇注的最佳效果,各企业有不同的选择方式。但是最终的结果是保证钢水从钢包到中间包不发生二次氧化,尽可能少的氮含量增加^[2]。

1 管坯生产工艺

钢厂设计有 1 座 150 t 电弧炉、1 座双工位 150 t 钢包精炼炉、1 座 150 t VD, 1 台 6 机 6 流弧形圆坯连铸机,铸坯直径分别为 210, 270, 310 mm, 中间包容量为 26 t, 熔池深度 770 mm, 采用长水口和氩封的保护浇注工艺。生产的主要钢种包括低碳管线钢、中碳铬钼钢、中碳锰钢等, 典型钢种分别为

12Mn4V、14Mn5V、26CrMo4、26CrMo48V、37Mn、37Mn5 等。生产管坯时的工艺为热装 40% 铁水 + 废钢电弧炉初炼, 钢包炉精炼, 真空脱气, 连铸浇注, 火焰切割, 铸坯精整。

2 连铸长水口保护浇注存在问题

由于长水口和钢包流嘴之间配合不紧, 密封垫尺寸不合适, 保护浇注氩气流量压力不能满足氩封要求, 长水口机械手压力低等因素, 连铸保护浇注效果波动比较大, 具体体现在钢包到中间包氮含量的增加值波动大(图 1)。从长水口和钢包流嘴结合处吸入的空气不但造成了钢液的二次氧化^[3-4], 而且在生产氮含量小于 100×10^{-6} 管线钢时, 容易引起产品氮含量超标。以 12Mn4V 钢种为例, 其化学成分如表 1 所示。

3 改进措施及效果

3.1 改进长水口清理工具和增加配重对长水口保护浇注的影响

将原有的长水口清理工具外圈的氧气孔加大, 同时在中间增加 4 个氧气孔, 使清理长水口碗部的冷钢更完全, 改善长水口和钢包流嘴间的紧密配合。

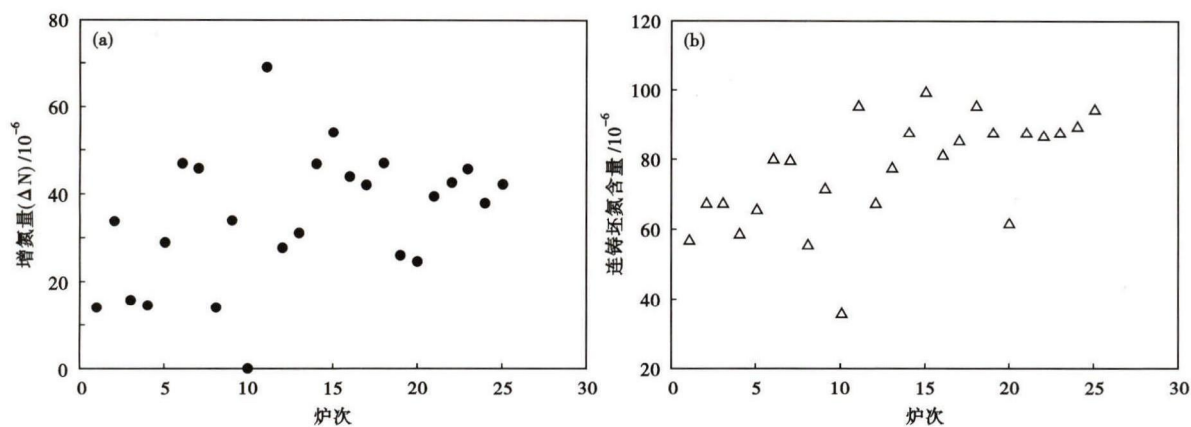


图 1 原工艺 12Mn4V 钢炉次钢包到中间包氮含量增加值及连铸坯氮含量

Fig. 1 Increment value of nitrogen content in liquid from ladle to tundish and nitrogen content in casting bloom of steel 12Mn4V heats with original process

表 1 12Mn4V 钢化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of steel 12Mn4V / %

C	Si	Mn	P	S	Al	V	N
0.10 ~ 0.13	0.15 ~ 0.30	0.85 ~ 1.05	< 0.015	< 0.005	0.020 ~ 0.050	0.03 ~ 0.06	< 0.01

同时将长水口机械手的配重增加 50 kg, 关闭保护浇注氩气。为充分证明这种改进对长水口保护浇注的影响, 对试验的第 6、7、8 三炉分别安放了 2 个密封垫加强保护。本次试验选择 37Mn/2 钢种 1 个浇次 9 连浇, 37Mn/2 化学成分如表 2 所示, 结果见图 2。

从图 2 数据可见, 连铸增氮量在 $10 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6}$, 9 连浇的增氮量平均为 21×10^{-6} 。总体

表 2 37Mn/2 钢化学成分 / %

Table 2 Chemical composition of steel 37Mn/2 / %

C	Si	Mn	P	S	Al	N
0.34 ~ 0.38	0.17 ~ 0.30	1.5 ~ 1.7	< 0.020	< 0.010	0.020 ~ 0.045	< 0.010

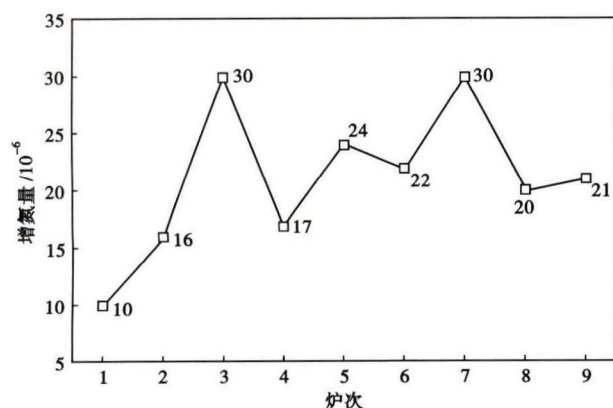


图 2 37Mn/2 钢试验炉次钢包到中间包氮含量增加值

Fig. 2 Increment value of nitrogen content in liquid from ladle to tundish of tested steel 37Mn/2 heats

趋势随着连浇炉数增加, 增氮量升高, 过程炉存在波动, 开浇炉增氮为 10×10^{-6} , 连浇第 3、7 炉增氮为 30×10^{-6} 。数据表明改进清理工具和增加配重无法全面改善长水口保护浇注的情况, 但与改善前相比, 良好的长水口和钢包流嘴密封有利于降低增氮量。

3.2 氩气保护流量对长水口保护浇注的影响

氩气保护系统采用 DN20 不锈钢管输送氩气, 管道压力 1 MPa, 流量计采用差压式, 量程为 $0 \sim 300$ L/min, 流量控制方式采用手动球阀控制。

从图 3 可以看出, 氩气流量在 10、60 L/min 时, 增氮量不稳定, 最大到 50×10^{-6} 。当氩气流量达到 120 L/min 时, 增氮量小于 10×10^{-6} , 而且连铸坯氮含量低于 60×10^{-6} 。

3.3 氩气保护压力对保护浇注的影响

尽管氩气流量增大后, 氮含量增长降低, 但是中

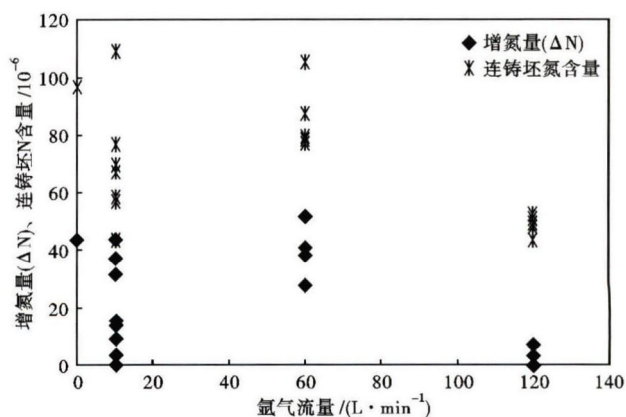


图 3 氩气流量对钢包到中间包氮含量增加值及连铸坯氮含量的影响

Fig. 3 Effect of argon flow rate on increment value of nitrogen content in liquid from ladle to tundish and nitrogen content in casting bloom

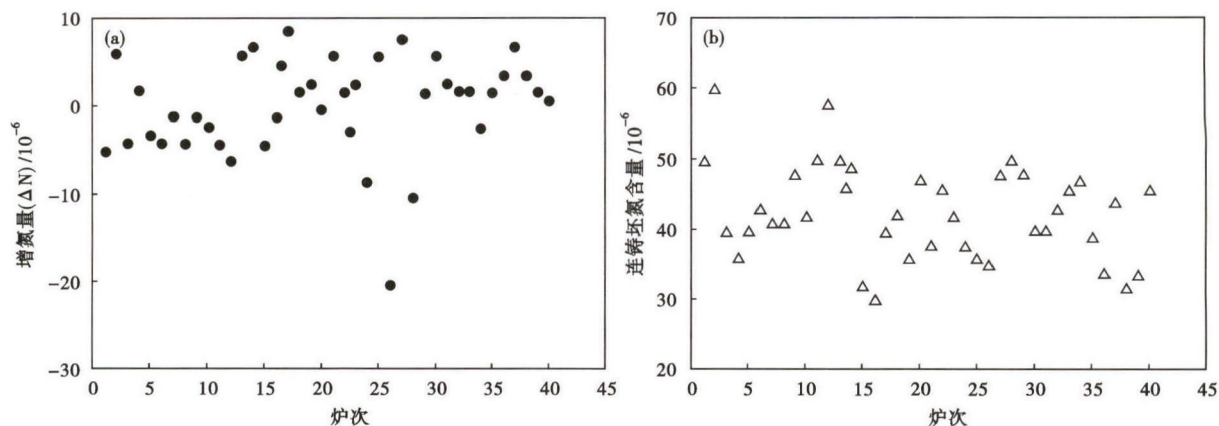


图 4 氩气压力 0.05 MPa 和氩气流量 120 L/min 时钢包到中间包氮含量增加值和连铸坯氮含量

Fig. 4 Increment value of nitrogen content in liquid from ladle to tundish and nitrogen content in casting bloom by argon flow rate 120 L/min and pressure 0.05 MPa

间包冲击区的波动比较大,加入的覆盖剂熔化很快,容易裸露钢液,不利于工人操作^[5]。为降低冲击区的波动,将长水口上部的吹氩狭缝全部堵死,在长水口上部钢板上重新钻孔,使氩气在长水口和钢包流嘴结合处外围形成一个封闭的气幕,从而达到阻止空气进入的目的,并减轻氩气吹入长水口的数量,结果是冲击区的波动稍有减缓,但是增氮量开始逐渐增多。因此,改为对管道氩气的压力进行优化调整,在保证流量的前提下,通过减压阀降低氩气出口的压力。最初管道压力为 1.0 MPa,通过减压阀将压力逐步缩减到 0.3 MPa,最后缩减到 0.05 MPa,流量仍然维持在 120 L/min,冲击区波动逐步减小,加入覆盖剂后能维持较长时间液面轻微波动,钢液无裸露,保护浇注增氮量明显降低。试验数据如图 4。

从图 4 可以看出,降低氩气压力到 0.05 MPa,氩气流量维持在 120 L/min,增氮量全在 10×10^{-6} 以下,还有氮含量减少的炉次,连铸氮含量水平基本维持在 50×10^{-6} 左右。由于长水口内部基本为真空状态,氩气在真空状态下充分搅拌钢液,是氮含量有部分炉次降低的主要原因^[6]。

3.4 其他的改进措施

为了增加密封的效果,将长水口密封垫的高度降低了 10 mm,使密封垫刚好能全部进入长水口,不会阻碍氩气吹到长水口和流嘴结合处。同时将长水口碗部的斜度与钢包下流嘴的斜度做成一致,使钢包的下流嘴和长水口形成面接触。为了增加长水口和钢包下流嘴之间接触的压力,增加了液压机械手。为了尽可能降低因人为因素造成的保护浇注效果波动,在管理上实行了标准化管理,使氩气流量稳定在 120 L/min,氩气压力稳定在 0.05 MPa。优化工艺

后,连铸增氮量基本稳定在 5×10^{-6} 以内,全年的成品氮含量达到 50×10^{-6} 左右。

4 结论

(1) 仅仅增加长水口和钢包下流嘴的紧密接触不能实现良好的保护浇注效果。

(2) 同时使用长水口和氩气密封进行保护浇注,做好钢包下流嘴和长水口的紧密配合,采用氩气流量 120 L/min,可以实现良好的保护浇注效果。

(3) 采用长水口的吹氩狭缝向内吹氩方式比在长水口端部钻孔,形成氩气气幕的保护效果更好。

(4) 采用氩气管道压力 0.05 MPa 吹氩密封,比管道压力较高时能降低冲击区钢液面的波动,减少钢液的裸露。

参考文献

- [1] Yogeshwar SaHai, Toshihiko Emi. 洁净钢生产的中间包技术[M]. 朱苗勇,译. 北京:冶金工业出版社,2009:114-115.
- [2] 蔡开科. 连铸坯质量控制[M]. 北京:冶金工业出版社,2010:93-95.
- [3] 刘耀辉,牛永青. CSP 连铸机钢水净化及保护浇注工艺的优化[J]. 连铸,2010,1(5):24-28.
- [4] 吴淑君,翟晓毅. 方坯连铸机保护浇注工艺的改进[J]. 河北冶金,2008(1):29-30.
- [5] 程玉君. 大板坯连铸全程保护浇注工艺优化[J]. 河北冶金,2014(11):47-51.
- [6] 姜锡山. 连铸钢缺陷分析与对策[M]. 北京:机械工业出版社,2011:114-115.

李国丰(1984-),男,硕士(2009年北京科技大学),工程师,2006年北京科技大学(本科)毕业,炼钢工艺研究。
E-mail:hjkl-0016@163.com

收稿日期:2016-06-27