

60 t AOD 兑脱磷铁水一步法治炼 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢的工艺实践

冯文甫 郭 键 叶凡新 曹红波 陈月光
(邢台钢铁有限责任公司炼钢厂, 邢台 054027)

摘 要 邢钢一步法治炼不锈钢的流程为铁水脱磷-扒渣-AOD-LF-CCM。分析了还原渣碱度 1.5~2.2 对锰收得率的影响和 0Cr12Mn15NiCuN 钢中氮含量对吹氩脱氮量的影响, 得出控制炉渣碱度 2.0~2.3 可使锰收得率 97% 以上, 在脱碳期和还原期吹氮, 还原期结束后 58 t 钢水吹入 60~80 m³ 氩气, 可使钢液中氮含量控制在 0.18%~0.25%。60 t AOD 生产结果表明, 与“电弧炉+AOD”的两步法生产模式相比, 采用脱磷铁水直兑 AOD 的一步法模式生产 0Cr12Mn15NiCuN 钢的总成本降低约 500 元/t。

关键词 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢 60 t AOD 一步法 锰合金化 氮含量控制 工艺实践

Process Practice of a 60 t AOD Charging Dephosphorized Hot-Metal One Step Steelmaking Stainless Steel 0Cr12Mn15NiCuN

Feng Wenfu, Guo Jian, Ye Fanxin, Cao Hongbo and Chen Yueguang
(Steelmaking Works, Xingtai Iron and Steel Co Ltd, Xingtai 054027)

Abstract The flowsheet of one stop process for steelmaking stainless steel at Xingsteel is hot metal dephosphorizing-slag skimmings-AOD-LF-CCM. The effect of reducing slag basicity 1.5~2.2 on yield of manganese and the effect of nitrogen content in steel 0Cr12Mn15NiCuN on de-nitrogen of steel by blowing argon process are analyzed, it is obtained that with controlling the slag basicity 2.0~2.3 the manganese yield is more than 97%, and with blowing nitrogen in decarburizing period and reducing period, as blowing 60~80 m³ argon in 58 t liquid after end reducing period, the nitrogen content in liquid may control between 0.18% and 0.25%. 60 t AOD production results show that as compared with “EAF + AOD” two step mode the total cost for production of steel 0Cr12Mn15NiCuN by using AOD direct charging dephosphorized hot-metal one step mode decreases by 500 yuan/t.

Material Index Stainless Steel 0Cr12Mn15NiCuN, 60t AOD, One Step Mode, Manganese Alloying, Nitrogen Content Control, Process Practice

0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢金相组织为奥氏体, 没有磁性同时具有一定的抗腐蚀性能和良好的变形能力, 在一定的场合可以替代镍 >8% 的奥氏体型不锈钢。在工业生产过程中, 由于该钢种含有较高的 Cr、Mn 元素需要配加大量的铬、锰合金, 一般采用电弧炉 + AOD (Argon Oxygen Decarburization) 的两步法模式, 以缓解 AOD 的热量需求和冶炼难度。如果使用脱磷铁水直兑 AOD 的一步法模式, 受到热量欠缺、氮氩切换对 N 元素影响、锰合金加入时间和吸收率等条件限制, 生产和质量控制难度较大。本文主要介绍邢台钢铁有限责任公司 (以下简称邢钢) 采用脱磷铁水直兑 AOD 的模式冶炼高锰高氮钢的工艺实践。

1 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢的生产工艺设计

1.1 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢的生产工艺路线

邢钢的高炉铁水经过脱磷站进行脱磷、扒渣后兑入 AOD, AOD 按照钢种的成分要求加入铬铁、电

解锰以及其他合金元素, 同时针对 N 元素的要求进行氮氩切换完成 N 元素的合金化, 成分符合要求后出钢将钢水吊至 LF 进行升温、成分微调等, 而后进行浇铸成 150 mm × 150 mm 方坯^[1], 工艺流程如图 1 所示。

1.2 AOD 冶炼 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢的工艺过程

在表 1 所示的钢种成分的要求下, AOD 按照出钢量为 58 t 测算, 所加入的物料如表 2 所示。

在实际生产过程中 AOD 分为脱碳期和还原期。在脱碳期遵循“脱碳保铬”的原则利用氧气将铁水、合金中的碳含量脱至目标, 期间加入石灰等渣料, 而在吹氧结束后加入硅铁、萤石等物料进入还原期, 将渣中 Cr₂O₃ 的铬元素还原到钢水以及完成脱硫、脱气等任务。根据 AOD 冶炼不锈钢的特殊性^[2-3], 生产该钢种时设计合金的加入原则为, 高碳铬铁在脱碳中加入^[4], 而由于锰元素以及氧化物对脱碳期炉渣影响的特点^[5-6], 所有的锰合金以及同种返回废钢

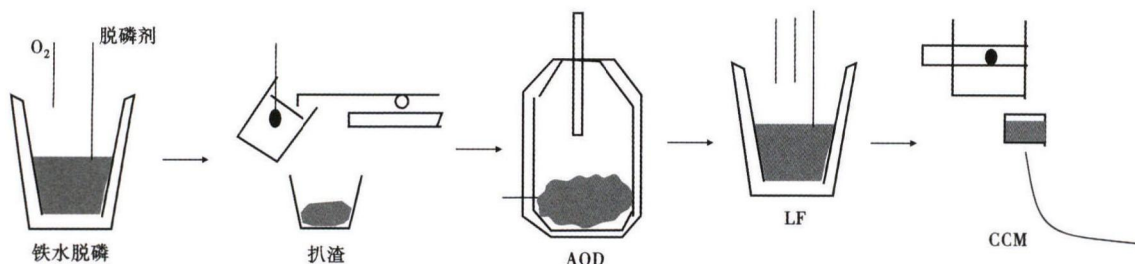


图 1 邢钢一步法冶炼不锈钢工艺流程

Fig. 1 Flowsheet of one step process for steelmaking stainless steel at Xingsteel

表 1 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢的化学成分 / %
Table 1 Chemical composition of stainless steel 0Cr12Mn15NiCuN / %

成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N
标准	≤0.10	≤0.75	14.5~15.5	≤0.045	≤0.010	11.0~12.0	≤1.0	≤1.0	-
内控要求	0.04~0.08	0.20~0.50	14.5~15.0	≤0.040	≤0.008	11.0~11.5	0.4~0.6	0.4~0.6	0.18~0.25

表 2 AOD 入炉物料参数
Table 2 Parameters of AOD charging materials

入炉铁水			入炉其他物料 / t						
铁水量/t	铁水温度/℃	含碳量/%	高碳铬铁	返回废钢	电解锰	硅铁	铜板	镍板	石灰
35	1 300	3.5	11	4	8	1.5	0.2	0.2	5~7

在脱碳结束后加入。利用 AOD 吹氧脱碳过程中同时吹入惰性气体的特点,按照 N 含量目标要求、元素影响、氮损失等综合考虑后,设计合适的氮氩切换点完成 N 元素的合金化。

2 AOD 冶炼 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢过程控制

2.1 AOD 的热补偿技术应用

由于脱磷铁水中不含铬元素,需要在氧枪吹氧脱碳过程中加入大量的铬铁合金、渣料,加之消耗返回废钢、炉衬散热等因素造成温度热量欠缺高达 15%~40%。按照表 2 物料测算的温度空缺达到约 600℃,如果热量得不到满足就发生高达 3%~5% 的铬元素氧化,铬元素的氧化会导致发生石灰、硅铁等原辅料加入量增加、钢水中铬元素继续氧化的恶性循环。与作者^[7]共同通过采用 CO 二次燃烧技术、使用 3.5%~5% 硅含量的高碳铬铁、合金烘烤至 250℃ 等热补偿技术后,在脱磷铁水直兑 AOD 冶炼不锈钢时 AOD 炉内的热量需求得到满足。

2.2 锰元素合金化工艺

由于锰元素的特殊性,本工艺采用脱碳结束还原前加入电解锰进行锰元素的合金化。但是一次性需要加入约 8 t,对钢液温度造成严重影响,设计为加入锰元素的同时加入足量的硅铁以及吹氧进行升温。其中硅铁的加入量分为升温硅铁、还原硅铁、合金化硅铁三部分。升温硅铁按照 1% 硅升温 300℃、

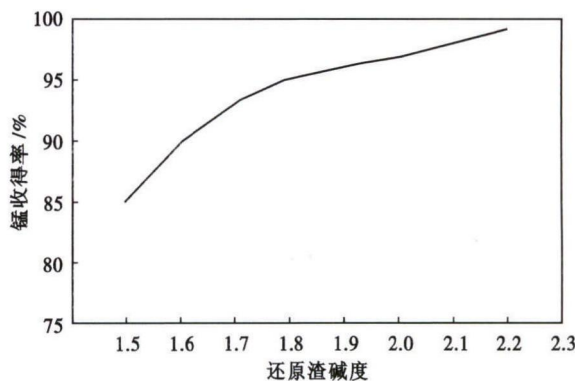


图 2 还原渣碱度对锰收得率的影响

Fig. 2 Effect of basicity of reducing slag on yield of manganese

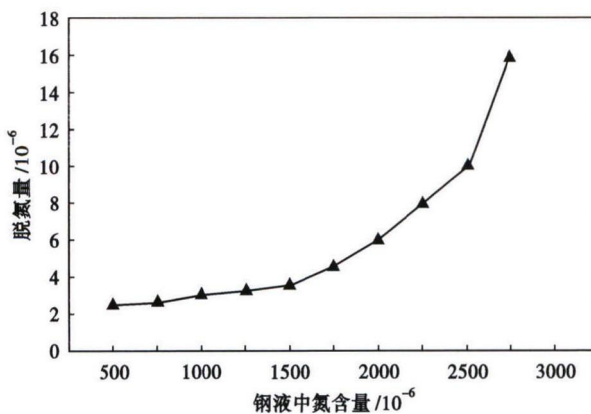


图 3 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢中的氮含量对吹氩脱氮量的影响

Fig. 3 Effect of nitrogen content in stainless steel 0Cr12Mn15NiCuN on de-nitrogen amount by argon blowing

表3 一步法和两步法工艺消耗对比

Table 3 Comparison between process consumption of one-step mode and two-step mode

项目	熔化电耗/(kWh·t ⁻¹)	钢铁料/(kg·t ⁻¹)	Cr元素收得率/%	Mn元素收得率/%	硅铁消耗/(kg·t ⁻¹)
一步法	0	1 150	95	98	35
两步法	350	1 200	90	96	25

合金温降 35 ℃/t 参数进行计算。但是,在工艺试验初期的锰元素收得率平均仅有 95%,成本损失较严重。而 AOD 还原渣碱度对应的锰元素收得率有较大的不同,如图 2 所示,对此还原渣碱度控制在 2.0~2.3 能够得到 97% 以上的收得率。

2.3 氮元素的合金化工艺

许多作者在增氮和脱氮原理上已做大量工作^[8-10],但是由于是为全铁水冶炼,铁水中碳以及高碳铬铁中碳含量较高造成纯吹氧时间长达 50 min,期间如果全部使用氮气会达到 40 m³/t,钢液中氮含量将达到 3 000 × 10⁻⁶,将超过内控要求进而影响钢的组织结构和性能。采用还原后使用氩气脱氮的形式来进行氮元素的调整,但是在 N 元素含量不同区域,氩气脱氮的效率也有较大的区别。如图 3 所示,在生产本钢种时钢液中氮含量在 2 500 × 10⁻⁶~3 000 × 10⁻⁶ 时按照 1 m³ 氩气脱除 12 × 10⁻⁶~15 × 10⁻⁶ 进行控制。即脱碳期和还原期使用氮气,在还原结束后吹入 60~80 m³ 的氩气,使钢液中氮元素控制在 1 800 × 10⁻⁶~2 500 × 10⁻⁶。

3 一步法生产 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢成本对比分析

脱磷铁水直兑 AOD 冶炼高锰高铬的一步模式与“电弧炉 + AOD”的两步法相比,电力以及钢铁料消耗上有明显的优势,成本能够降低约 500 元/t,如表 3 所示。

4 结论

(1) 采用脱磷铁水直兑 AOD 一步法冶炼 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢相比于两步法,可节省熔

炼电耗、提高金属收得率,成本降低约 500 元/t。

(2) 提高 AOD 还原渣的碱度可大幅提高锰元素的收得率,碱度控制范围在 2.0~2.3。

(3) 在 0Cr12Mn15NiCuN 不锈钢冶炼过程中,钢液中氮元素含量在不同的区间里使用氩气脱除过程的效率随着氮含量的降低而降低,在本钢种 N 含量相对较高即 2 500 × 10⁻⁶~3 000 × 10⁻⁶ 时按照 1 m³ 氩气脱除 12 × 10⁻⁶~15 × 10⁻⁶ N 进行控制。

参考文献

- [1] 邢台钢铁有限责任公司. 一步法生产高锰高氮耐蚀钢 G6811 的方法: 中国, 201410399313. 9[P], 2016-03-02.
- [2] 陈家祥. 钢铁冶金学(炼钢部分)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006: 283-285.
- [3] 冯聚合. 铁水预处理与钢水炉外精炼[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006: 206-213.
- [4] 冯文甫, 叶凡新, 马富平, 等. 60 t AOD 精炼使用炉料级铬铁冶炼 400 系不锈钢的生产实践[J]. 特殊钢, 2015, 36(6): 36-38.
- [5] 黄希祜. 钢铁冶金原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005: 357-358.
- [6] 高亦斌, 陈根保, 金卫强. AOD 精炼高氮奥氏体不锈钢 1Cr22Mn15N 的工艺实践[J]. 特殊钢, 2005, 26(2): 51-53.
- [7] 叶凡新, 冯文甫, 郭志彬, 等. 60 t AOD 全铁水冶炼 400 系不锈钢热补偿技术的工艺实践[J]. 特殊钢, 2016, 37(6): 44-46.
- [8] 沈春飞, 蒋兴元, 李阳, 等. 奥氏体不锈钢中氮溶解度的热力学计算和实验研究[J]. 特殊钢, 2010, 31(5): 1-4.
- [9] 李学峰, 李正邦. AOD 炉冶炼含氮不锈钢氮成分控制的研究[J]. 钢铁, 2007, 42(7): 18-21.
- [10] 沈春飞, 蒋兴元, 尹世友, 等. AOD 精炼 304 不锈钢渗氮、脱氮的计算模型及应用[J]. 特殊钢, 2009, 30(5): 28-30.

冯文甫(1984-),男,助理工程师,2016年东北大学(本科)毕业,不锈钢冶炼技术研究。E-mail:331665690@qq.com

收稿日期:2017-02-09