

LF 炉外精炼工艺的研究

赵志豪¹ 周晓雷^{1,2*}

1 昆明理工大学冶金与能源工程学院, 云南 昆明 650000

2 昆明理工大学复杂铁资源洁净冶金重点实验室, 云南 昆明 650000

[摘要] 钢包炉外精炼炉(LF)拥有脱硫、脱氧、提高反应接触面积、合金化、搅拌等作用^{[1][7]}。钢包炉外精炼炉(LF)应用范围广泛,冶金、医学、化工等领域方面均有所体现。LF炉炉外精炼通过电极控制系统控制,通过对电极的控制来达到对反应情况的控制。随着社会的进步,我们对钢的各种性能的要求更高,对LF炉的发展有着重要的促进作用^{[1][2]}。为了更好的了解LF炉外精炼工艺,本文列举并说明了LF炉的工艺。

[关键词] LF炉; 炉外精炼; 冶金装备设计与制造

DOI: 10.33142/ec.v3i9.2527

中图分类号: TF769

文献标识码: A

Study on Secondary Refining Process of LF

ZHAO Zhihao¹, ZHOU Xiaolei^{1,2*}

1 Institute of Metallurgy and Energy Engineering of Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, 650000, China

2 Key Laboratory of Clean Metallurgy of Complex Iron Resources, Kunming University of Science and Technology, Yunnan, 650000, China

Abstract: The ladle furnace (LF) has the functions of desulfurization, deoxidation, increasing reaction contact area, alloying and stirring^{[1][7]}. Ladle furnace outer refining furnace (LF) is widely used and it is reflected in metallurgy, medicine, chemical industry and other fields. The refining outside LF furnace is controlled by the electrode control system and the reaction condition is controlled by the control of the electrode. With the progress of society, we have higher requirements for various properties of steel, which plays an important role in promoting LF furnace development^{[1][2]}. In order to better understand the refining process outside LF furnace, this paper lists and explains the LF furnace process.

Keywords: LF furnace; secondary refining; design and manufacture of metallurgical equipment

引言

钢包炉外精炼炉(LF)拥有脱硫、脱氧、提高反应接触面积、合金化、搅拌等作用。钢包炉外精炼炉(LF)应用范围广泛,冶金、医学、化工等领域方面均有所体现。LF炉炉外精炼通过电极控制系统控制,通过对电极的控制来达到对反应情况的控制。我们通过对LF炉外精炼电极的控制系统以及LF炉的一些作用的研究来了解LF炉的工艺。

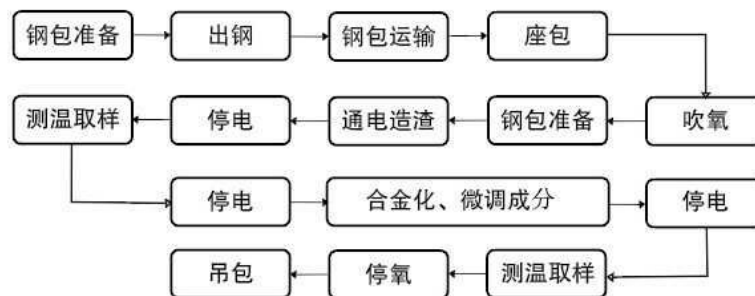


图1 LF炉外精炼工艺操作过程^[2]

1 LF炉外精炼电极控制系统

LF炉电极系统的电极是以导电性良好的石墨为主要原料各种化学物品经过煅烧、焙烧等工艺加工而成。电极调节通过LF炉本体PCR与企业的网络进行数据交换。已达到操作人员对LF炉的情况的了解与向LF炉本体PCR下达控制命令。这样来实现人们对LF炉的控制操作^[3]。如图2就是数据交换示意图。

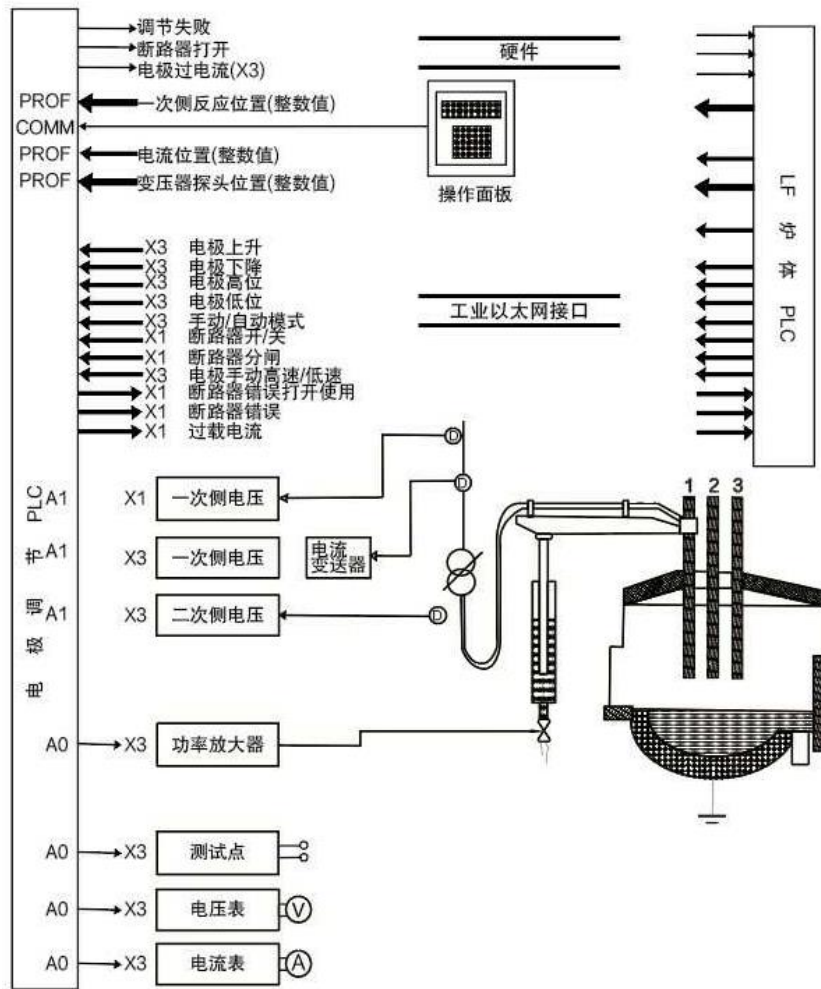


图2 数据交换示意图^[3]

2 电极调节器分两种模式

手动调节模式：手动调节模式优先于自动调节模式，手动调节模式用于维修使用以及电极的紧急运动^[3]。

自动调节模式：加热过程中的电弧阻抗调节，用于控制已定的LF炉自动工作程序，可以用于大部分日常的工作，设定好已知的控制程序，通过控制电弧阻抗来调节电压电流来达到控制目的。但是不管任何时刻手动调节模式优先于自动调节模式^{[3][4]}。

LF炉的电极控制系统现在对资源的消耗很大，随着社会的发展社会资源的不断消耗现在对于资源消耗多少评估已经是一个越来越重要的问题。所以我们应该采用一些方法来降低LF炉电极的消耗问题。我们可以通过减少反应时间的方法来减少电极通电时间的减少，减少资源的浪费，比如提高原料的进入温度、加大接触面积、合理使用催化剂等。由于密封性对反应有所影响我们可以加强对密封性的管理以便于减少反应时间，来减少通电时间让其达到减少资源消耗的目的^[5]。

3 LF炉外精炼作用

3.1 合金化

单一性能的金属已经不能满足现代发展的需求，合金一种具有多种性能的东西就脱颖而出。LF炉也具合金化的作用，当经过高炉炼钢后的钢水来到炉外精炼LF炉中，LF炉可以起到更进一步的合金化处理的作用。LF炉中我们可以加入一些其他的金属来达到合金的材料问题，同时通过搅拌、控制反应温度等方法来促进反应的进行，以便于更好合金化。同时在反应的时候注意控制气密性，防止在反应的过程中由于高温的条件加快合金的氧化。同时在氧化的过程

中我们除了通入有加速搅拌的方式还可以通过通入惰性气体的方法来达到增大接触面积加速反应进度^{[6][7]}。

3.2 脱氧

图3表示吹氩强度指数与T[O]的关系。由图3可见，当吹氩搅拌强度指数在10-20之间其氧元素的含量最低。当吹氩搅拌强度低于10或高于20的时候其氧元素的含量均有所增加。可见，吹氩搅拌强度不能过大也不能过小适当即可。图4为钢中氧含量与软吹氩时间的关系。从图4可知，软吹氩时间在10min左右时钢中氧含量最低，再延长软吹氩时间钢中氧含量没有明显变化。由以上可以看出我们可以采用10-20的吹氩搅拌强度，10min的吹氩时间来减少氧元素含量已达到脱氧的目的^[8]。

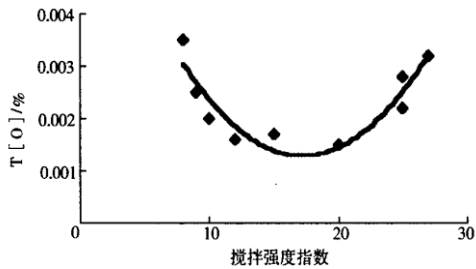


图3 搅拌强度指数与 T[O] 的关系^[8]

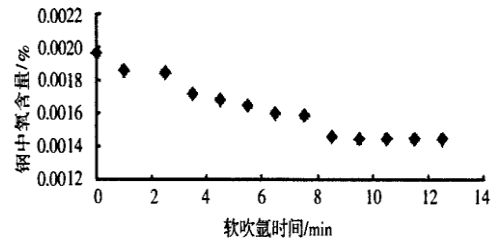


图4 软吹氩时间与钢中氧含量的关系^[8]

我们除了使用吹氩的方法来脱氧还可以加入脱氧剂和控制PH值。控制钢包碱度 $R > 4$ 可以有效的脱氧。

3.3 白渣精炼工艺

“白渣”就是指氧化铁含量比较低的高碱度的还原渣，LF炉可以通过利用白渣来对钢水进行精炼，来实现钢水的脱硫脱氧，生产高性能钢，减小硫对钢的危害^[11]。

白渣在LF炉中可以起到脱氧、脱硫、实现高精度反应环境、控制吹氩搅拌等作用，但是在反应的过程中我们应该注意再次氧化的因素^{[13][14]}。

同时运用LF炉白渣精炼工艺时我们还应该注意放入的渣量还有放入的顺序。我们在世纪的操作中要通过了解反应进行的原理合理加入反应物的数量以及顺序，来控制副产品的生产和来更好的控制脱硫脱氧^[12]。

4 总结

钢包炉外精炼炉(LF)是炉外精炼的一个重要设备，LF炉精炼能力强、能够适应大部分的生产环境，对脱硫的效果显著，适用于超低硫钢的生产。LF炉现在已经成为钢铁企业脱硫、脱氧的重要帮手。同时，LF炉还有提高产品的稳定性、设备简单好控制、成本低的特点。现在LF炉工艺是炉外精炼最重要的一部分，值得我们了解与研究。

[参考文献]

- [1]袁东颖等. 浅谈炉外精炼(LF)在冶金工业中的应用[J]. 山东工业技术, 2017, 13(17): 33-35.
- [2]王沁君. LF炉外精炼技术在临钢的应用[J]. 山西冶金, 2014, 37(3): 95-96.
- [3]肖勇等. LF钢包精炼炉电极调节器原理及应用[J]. 云南冶金, 2006, 35(6): 66-68.
- [4]邹利纯等. 钢包炉(LF炉)电极控制系统研究[J]. 科技创新导报, 2009, 15(10): 51-53.
- [5]高扬. LF炉电极调节装置节能改造[J]. 冶金设备与维修, 2017, 35(3): 55-58.
- [6]陈小勇等. Q195钢脱氧合金化生产实践[J]. 山西冶金, 2015, 12(3): 103-105.
- [7]董凯. 基于反应机理的LF炉加料控制模型基础研究[J]. 过程工程学报, 2009, 9(1): 38-39.
- [8]彭家清等. 100t转炉-LF炉精炼技术的开发和应用[J]. 冶金丛刊, 2007, 3(5): 19-21.
- [9]李立民等. LF精炼炉除尘灰用于炼钢脱氧的工艺试验[J]. 新疆钢铁, 2013, 15(1): 7-10.
- [10]郑果等. 转炉炼钢脱氧工艺应用于炼钢生产的研究[J]. 冶金与材料, 2020, 40(4): 55-56.
- [11]王海兵. LF炉管坯精炼技术[J]. 四川冶金, 2005, 27(6): 7-9.
- [12]胡秋芳等. 浅析LF炉脱硫精炼渣[J]. 科技与企业, 2013, 16(19): 301-302.
- [13]张志辉等. LF炉精炼造白渣工艺研究与实践[J]. 中国金属通报, 2018, 5(5): 139-140.
- [14]廖红军等. LF炉精炼造白渣工艺研究与实践[J]. 大陆桥视野, 2012, 12(14): 245-246.
- [15]罗腾等. LF炉精炼造白渣工艺的研究[J]. 山东工业技术, 2019, 11(4): 23-25.

作者简介: 赵志豪(1999-), 男, 重庆合川, 本科在读, 昆明理工大学。