

# 钢包滑动水口滑板多炉连用技术的研究与实践

王学新

(莱芜钢铁集团银山型钢有限公司 炼钢厂, 山东 莱芜 271104)

**摘要:**针对130 t钢包滑动水口机构设计上的缺陷和滑板质量问题,根据生产现场的工艺技术条件,对滑动水口机构的面压负荷方式、滑动行程、滑板的安装方式进行设计改造,改进滑动水口耐材的性能,优化精炼工艺等,采用综合技术,实现了滑板的4炉连用。

**关键词:**钢包;滑动水口;滑板;连用技术

**中图分类号:**TF341

**文献标识码:**B

**文章编号:**1004-4620(2010)03-0029-02

## 1 前言

随着炼钢快节奏、连续化生产的发展和不断降低成本的需要,必须加快钢包周转。而要实现钢包快速周转,必须实现滑板的多炉连用。莱钢银山型钢炼钢厂于2004年7月建成投产,目前主要工艺设备:120 t顶底复吹转炉3座,120 t LF精炼炉3座,130 t RH精炼炉2台,3台板坯连铸机和1台异型坯连铸机,形成了120 t顶底复吹转炉—LF(RH)精炼—连铸的生产工艺。随着炼钢节奏的加快和X70、J55等品种钢的开发,对钢包滑动水口提出越来越苛刻的要求,尤其随着钢水钙处理技术的应用,钢包原用滑动水口机构及耐材已不能满足生产的需要。为此,学习借鉴国内外先进技术进行技术改造,实现滑板的多炉连用,同时,满足生产低碳低硅钢的滑板性能要求。

## 2 影响滑板连用的主要因素分析

### 2.1 影响滑板连用的主要因素

130 t钢包原设计为某公司厂生产的YNHK-4D型钢包滑动水口机构,烧成铝碳质滑板,主要存在以下问题,影响滑板连用。

1)滑动水口机构刚性差,在高温环境下易变形,使机构的安全可靠性降低,易发生机件穿钢事故。2)高温环境下,弹簧提供的滑板面压不稳。YNHK-4D型钢包滑动水口机构提供的滑板面压受力点随着水口的开合不断变化,反映到水口孔周围的受力也不断变化,易发生滑板间穿钢和控流失控事故。3)滑动水口砖耐高温钢水的侵蚀性能差,铸孔扩径较快,滑动工作面被钢水侵蚀,也易造成控流失控或滑动面穿钢。4)滑板高温强度低、抗热震性差,使用1次后出现超过0.5 mm的裂缝,易发生裂

缝穿钢。5)滑板工作面抗氧化性能差,使用1次后滑动面出现“拉毛”,渗入钢水后再滑动时“拉毛”加剧,使滑板间摩擦阻力增大,易发生滑板间穿钢和水口失控。6)生产低碳低硅钢种时,滑板有明显的“马蹄形”溶损,不能实现有效控流。

### 2.2 滑板损毁机理分析

滑板尽管因浇铸的钢种和浇铸方法不同,蚀损的方式和程度不相同,但主要的损毁形式基本相似。滑板的侵蚀损毁主要有热机械侵蚀和热化学侵蚀两个方面。

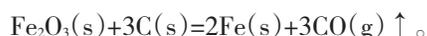
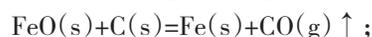
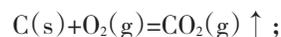
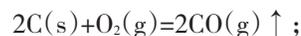
#### 2.2.1 热机械蚀损

滑板在使用过程中首先产生的是热机械蚀损。滑板工作前温度很低(300~400℃),浇钢时突然与高温钢水(1540~1620℃)接触,造成了工作面1200~1300℃的温差,因此沿铸孔外部产生了超过滑板强度的张应力,形成以铸孔为中心的辐射状微裂纹。裂纹的出现导致外来杂质的扩散、渗透,更加速了化学侵蚀,反过来化学反应又促进裂纹的形成与扩展,如此循环使滑板铸孔扩大、损毁。

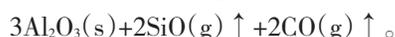
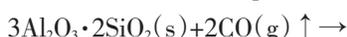
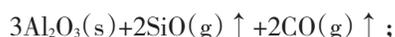
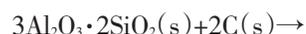
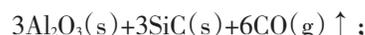
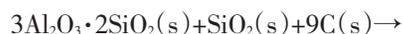
#### 2.2.2 热化学侵蚀

热化学侵蚀是滑板损毁的另一个主要原因,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C质滑板在使用过程中接触高温钢水和钢渣,发生一系列化学反应造成化学侵蚀。

1)碳和石墨的氧化:



2)莫来石的分解:



收稿日期:2009-11-02

作者简介:王学新,男,1973年生,1994年毕业于东北大学钢铁冶金专业。现为莱钢炼钢厂高级工程师,从事炼钢连铸工艺技术工作。

3)  $\text{SiO}_2$ 与钢和熔渣中的  $\text{FeO}$ 、 $\text{MnO}$  反应形成低熔点的  $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$  (1 205  $^\circ\text{C}$ ) 和  $\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$  (1 291  $^\circ\text{C}$ )。

4)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  与钢和熔渣中的  $\text{CaO}$  反应形成低熔点的  $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$  (1 327  $^\circ\text{C}$ ) 和  $12\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

### 3 主要技术措施

#### 3.1 滑动水口机构设计改进

根据现场的工艺技术条件、液压缸及连接口参数、压缩空气气源条件、钢包尺寸、大包长水口、水口座砖配合尺寸等,经反复研究和论证进行了滑动水口机构及配套耐材外形尺寸设计。

1) 机构的面压负荷方式改进。通过气扳机对4个由压缩空气冷却的面压螺栓压缩机构两侧的弹簧,使机构产生面压,并稳定在8 t左右,保证了高温环境下连续使用的安全性。

2) 上、下滑板的安装方法改进。滑板通过4角的压砖铁块依靠螺丝固定在模框内,可使滑板沿滑动方向的裂纹受到抑制,延长砖的使用寿命。

3) 增大滑板的滑动行程。滑板的滑动行程由165 mm增大到200 mm,提高滑动水口有效控流的安全系数及连用次数。依据多连滑有效行程平均消化值一般为15~22 mm/次,而滑板的残行程为平均消化值的1.5倍时,即可保证滑板再使用1次,即增大滑板行程30~35 mm,可延长滑板使用1次。为此,确定滑板的滑动行程由165 mm增大到200 mm。

#### 3.2 滑动水口耐材的性能改进

1) 滑板采用新型抗氧化技术。在配料中添加新型抗氧化剂,在滑板工作面涂抹一层0.3 mm左右的新型抗氧化涂料,改进滑板的抗高温氧化性能。

2) 滑板、上水口、下水口采用低硅、低碳配料、高压成型工艺,提高耐压强度,改进抗侵蚀和热震稳定性能。滑板及水口的主要理化指标见表1(其中水口火泥1 400  $^\circ\text{C}$  烧结强度 $\geq 4.5$  MPa)。

表1 滑板及水口的主要理化指标

项目	$\text{Al}_2\text{O}_3$ / %	C/ %	$\text{Cr}_2\text{O}_3$ / %	体密/ ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	显气孔 率/%	耐压强 度/MPa
滑板	$\geq 90$	$\leq 3.0$		$\geq 3.0$	$\leq 8.0$	$\geq 190$
上水口	$\geq 91$	$\leq 3.0$		$\geq 3.1$	$\leq 8.0$	$\geq 120$
下水口	$\geq 90$	$\leq 3.0$		$\geq 3.1$	$\leq 7.0$	$\geq 120$
水口座砖	$\geq 92$		$\leq 3.0$	$\geq 3.2$	$\leq 14.0$	$\geq 110$
水口火泥	$\geq 72$	$\leq 9.0$				

3) 滑板构造改进。滑板背面贴有石棉板及铁板,周围用铁环箍紧。石棉板在滑板和机构之间具有缓冲和隔热作用;薄铁板可防止和机构模框烧结,铁环防止滑板裂纹扩大。

4) 上水口构造改进。上水口母口周围由铁环箍紧,防止上水口裂纹扩大。

#### 3.3 滑板连用的操作维护技术

1) 水口孔吹氧洗净时要使滑板处于全开状态,尽可能缩短烧氧时间,严禁过度吹氧操作。2) 每次安装滑板,都要在面压螺栓及滑动轨道处涂抹高温润滑油,以延长其使用寿命。3) 严格执行滑动水口耐材使用限度的判定技术标准和机构的日常维护保养与性能定期检测制度,防止漏钢事故的发生。4) 浇注控流操作要尽量减少滑板的拉动次数和行程,严防浇完钢时大包下渣现象的发生。

#### 3.4 LF精炼钙处理工艺优化改进

铝脱氧钢种易在钢中形成大量的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  很难从钢中去除干净,在连铸浇注时很容易粘附在水口壁上引起水口堵塞。通常在精练末期进行Ca处理操作,添加Ca合金,如Ca-Si线、Ca-Fe线,使其与钢中夹杂的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  发生反应生成低熔点化合物,从而改变铝氧化物夹杂的形态,随着底吹氩气泡的上升而排出钢液。但是加入的Ca合金过量时,即其添加量超过了与钢水中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  反应所需的量,则过剩的[Ca]会加速滑板的侵蚀,其侵蚀过程如下:滑板中的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  首先被钢水中的[Ca]还原成CaO和Al,然后生成的CaO再与滑板中的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  反应,形成  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -CaO系低熔点化合物而被钢液冲刷掉。

研究与实践证明,当钢水中[Ca]含量(质量分数,下同) $< 30 \times 10^{-6}$ 时,主要产生高熔点的  $\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$  (熔点1 850  $^\circ\text{C}$ ) 和  $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$  (熔点1 750  $^\circ\text{C}$ ),对滑板的侵蚀作用较弱;当钢水中[Ca]含量为  $(30 \sim 50) \times 10^{-6}$ 时,产生部分高熔点的  $\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$  及部分低熔点的  $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  (熔点1 600  $^\circ\text{C}$ ) 和  $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  (熔点1 415  $^\circ\text{C}$ ),对滑板的侵蚀加重;当钢水中[Ca]含量 $> 50 \times 10^{-6}$ 时,产生大量低熔点的  $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$  及部分  $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,造成滑板“马蹄形”溶损。

主要优化改进措施:1) 优化改进LF精练工艺,控制钢水中[Ca]含量在  $30 \times 10^{-6}$  以内,最大不超过  $35 \times 10^{-6}$ 。2) 喂线过程中严禁钢包大氩量搅拌。3) 加强信息传递,出钢量波动时,及时调整喂线量。

### 4 应用效果

经设计、试验、改进及水口操作人员的适应性操作技能培训,2006年8月开始对滑板多连滑技术进行推广应用,经过3 a多的实践,使用效果良好。

1) 改进后的滑动水口机构操作简便,“面压”控制装置可靠,保证了滑板连用过程中面压稳定,实现了无漏钢浇铸。自2006年5月开始试验至今,没有发生滑动水口穿钢事故。同时,机构本体寿命由500炉次提高到2 000炉以上,机构弹(下转第37页)

拉矫打滑的主要原因是拉伸弯曲矫直机的自动控制问题,消除的主要措施:1)开卷与卷取的张力适当增大至最大张力值,使张力辊的放大倍数降低,以减小张力辊包角与摩擦系数的影响程度。2)张力辊辊面粗化或留有通气微槽,减少张力辊实际摩擦系数变化的影响。3)提高张力辊加工的尺寸精度与形位精度。

在现阶段的控制方法中,出口板形的不平度控

制都是凭借人的操作经验,根据最后出口板形,调节出口矫直辊的压下深度。为了达到自动控制的效果,应该在系统上增加板形检测系统以及板形自动控制调节系统软件进行自动调节。

#### 参考文献:

- [1] 胡高举,王勤,王宇,等.拉伸弯曲矫直机组设备关键技术研究[J].钢铁技术,2004(1):19-23.
- [2] 张京诚.张力辊打滑与设计分析[J].有色金属加工,2003,32(3):25.

## Application of 1 580 mm Stretching-bending Straightener in Taishan Steel's Cold-rolling Plant

ZHU Cong-gui<sup>1</sup>, ZHANG Heng-wei<sup>1</sup>, WANG Yong-ming<sup>2</sup>

(1 Shandong Taishan Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271100, China;

2 Yantai Xinke Steel Structure Co., Ltd., Yantai 264006, China)

**Abstract:** This article introduced the principle, structure composition, control mode and realizable functions. The finishing of the shape was realized by confirming the key process parameters such as the elongation and reduction depth of the sheet strip. After straightening, large shape defects were improved and the edge wave, center wave and buckle of the strip etc were dispelled.

**Key words:** stretching-bending straightener; elongation control; tension control; reduction depth

(上接第30页)簧寿命由400炉次提高到1500炉以上,降低了机件维修费用。

2)改进后的滑板,耐侵蚀、抗冲刷和氧化能力强,实现了滑板的4炉连用。铸孔扩径平均为0.8~0.9 mm/次,滑板耐热机械侵蚀和热化学侵蚀性能好。滑板及下水口4炉连用的侵蚀情况见表2。

3)滑板连用加快了在线钢包周转,钢包装包时间由35 min缩短到15 min,在线周转钢包的数量减少了15%,实现了红包放钢。滑板连用不仅改善了

表2 滑板、下水口连用4炉扩径情况 mm

上滑板	下滑板	下水口	滑板残行程
76.4	77.2	74.5	11.4

炼钢工艺条件,大幅降低了水口操作人员的劳动强度,而且为研发产品种钢奠定了基础。

#### 参考文献:

- [1] 金丛进,邱文冬,孙家林,等.滑板用耐火材料的发展[J].炼钢,1999(4):54.
- [2] 李晓明.铝碳滑板在高温使用后莫来石分解的热力学分析[J].耐火材料,1987(4):57.

## Research and Practice of the Slide Plate Repeat Assembling Technology of Ladle Slide Gate

WANG Xue-xin

(The Steelmaking Plant of Laiwu Iron and Steel Group YinShan Section Steel Co., Ltd., Laiwu 271126, China)

**Abstract:** In view of the design defects of 130 t ladle sliding gate mechanism and the quality problems of the slide, according to the process technology condition of the production field, some alterations and improvements were made. They are as follows: improving the style of burdening surface press, sliding distance, fixing method of the sliding plate and the performance of the refractory for sliding gate and optimizing refine process etc. Then the sliding plate realized continuous use for 4 heats.

**Key words:** ladle; sliding gate; slide; repeat assembling technology

(上接第32页)

## Process Optimization of Full Continuous Rolling of Bars

CAO Zhong-jun, PAN Zhen-hua, SONG De-lan

(Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

**Abstract:** The problems of rough rolling stock such as rolling edge, torsion and bigger reduction were resolved by amending the sidewall, bottom and width of the roughing pass. The complicated matter of guide system's installation and adjustment was untied by means of change for guide structure form and installation wise. The problems of loop's monocable higher uprising and midway up or down were settled by adding infrared plumb hole and modifying control program. After a series of optimization and improvement, the mensal output of the bar full continuous rolling line in Jinan Steel's No.1 Small-scale Mill was increased to 100 thousand tons above from 43 thousand tons.

**Key words:** bar; full continuous rolling; process optimization; pass; guide; loop