

# 年产30~40万吨铅大型底吹氧化炉与底吹还原炉的设计运行与探讨

李 栋, 林 屹, 曹珂菲

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

**[摘要]** 2020年7月投产的河南某铅冶炼搬迁技改工程,设计年处理铅精矿90万t、年产电铅30~40万t。火法冶炼工艺路线为:精矿熔炼采用底吹氧化炉、高铅渣还原采用底吹还原炉。截至目前,按小时投料量推算,该生产线已经突破年产30万t电铅、目前稳定在35万t电铅规模,正计划向40万t的产能目标进发。其中,该工程中的底吹氧化炉和底吹还原炉设计规格均为 $\Phi 5 \times 28$  m,是当今世界上单系列产能最大的铅冶炼设备。在此之前,底吹氧化炉的最大规模为年产16万t电铅,底吹还原炉的最大规模为年产10万t电铅,因此本工程中底吹氧化炉和底吹还原炉的大型化设计备受关注。本文介绍了 $\Phi 5 \times 28$  m底吹氧化炉和 $\Phi 5 \times 28$  m底吹还原炉的设计情况,并结合生产运行对一些具体问题进行了分析和探讨。

**[关键词]** 精矿熔炼;高铅渣还原;底吹氧化炉;底吹还原炉;大型化

**[中图分类号]** TF815 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)01-0054-03

**DOI:**10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.01.013

## 0 引言

第一代氧气底吹炼铅技术自开发以来,以其强大的技术、经济、环保优势获得了迅速推广,其中鼓风机用于还原底吹氧化炉所产高铅渣。为了解决高铅渣铸块损失物理热及鼓风机还原需要使用冶金焦的问题,2008—2011年熔融侧吹还原炉、熔融底吹还原炉被相继开发出来,称为第二代、第三代氧气底吹炼铅技术。其取代了鼓风机,各底吹炼铅厂纷纷进行了升级改造。然而,各厂单条生产线的产能规模多在年产10万t电铅以内,仅有一条生产线的产能规模为年产16万吨电铅,扩大规模和关键炉体的大型化设计势在必行。

2020年7月投产的河南某铅冶炼搬迁技改工程,设计年处理铅精矿90万t、年产电铅30~40万t。火法冶炼工艺路线为第三代氧气底吹炼铅技术,精矿熔炼采用底吹氧化炉、高铅渣还原采用底吹还原炉。截至目前,按小时投料量推算,该生产线已经

突破年产30万t电铅,目前稳定在35万t电铅规模,计划向40万t的产能目标进发。其中,该工程中的底吹氧化炉和底吹还原炉设计规格均为 $\Phi 5 \times 28$  m,是当今世界上单系列产能最大的铅冶炼设备。在此之前,底吹氧化炉最大规模为年产16万t电铅,底吹还原炉最大规模为年产10万t电铅。因此,本工程中底吹氧化炉和底吹还原炉的大型化设计备受关注。本文介绍了 $\Phi 5 \times 28$  m底吹氧化炉和 $\Phi 5 \times 28$  m底吹还原炉的设计情况,并结合生产运行对一些具体问题进行了分析和探讨。

## 1 底吹氧化炉和底吹还原炉设计

### 1.1 工艺条件

底吹氧化炉年有效工作时间7920h,入炉湿基含铅物料量约123.5t/h,入炉湿基混合物料量约148.5t/h、氧气用量约16500Nm<sup>3</sup>/h。底吹氧化炉不产粗铅,产出高铅渣约109t/h,出炉烟气体量约35200Nm<sup>3</sup>/h。底吹氧化炉连续进料,间断放渣,约1.5h放渣一次,放渣时间约1h。

底吹还原炉年有效工作时间7920h,还原通过溜槽及出烟口自流而入的氧化炉高铅渣。底吹还原炉需加入碎煤作为还原剂,碎煤加入量约3.5t/h;采用粉煤补热,粉煤量约3.8t/h,氧气用量约3850Nm<sup>3</sup>/h。底吹还原炉产出粗铅约1260t/h,产出还

**[收稿日期]** 2021-07-01

**[作者简介]** 李栋(1978—),男,河北辛集人,正高级工程师,硕士,主要从事有色金属冶炼/工业炉咨询与设计工作。

**[引用格式]** 李栋,林屹,曹珂菲.年产30~40万吨铅大型底吹氧化炉与底吹还原炉的设计运行与探讨[J].有色设备,2022,36(1):54-56.

原渣约1 250 t/h,出炉烟气量约39 500 Nm<sup>3</sup>/h。底吹还原炉间断进料,间断放渣,作业周期约2.5 h,其中约进渣1 h、还原1 h、放渣0.5 h。

## 1.2 底吹氧化炉和底吹还原炉设计

根据工艺条件和炉体计算,确定底吹氧化炉规格取 $\Phi 5 \times 28$  m。炉顶设3个加料口,平均每个加料口承担的铅精矿投入量为每年30万t,尽量避免炉内发生堆料现象。炉底0度角位置设氧枪14支,平均每支枪供氧量约为1 180 Nm<sup>3</sup>/h。

根据工艺条件和炉体计算,确定底吹还原炉规格取 $\Phi 5 \times 28$  m。炉顶设2个加料口,用于加入还原所需的还原剂碎煤。炉底30度角位置设还原枪13支,平均每支枪供粉煤量约为300 kg/h。

图1为 $\Phi 5 \times 28$  m底吹氧化炉简图,图2为 $\Phi 5 \times 28$  m底吹还原炉简图。

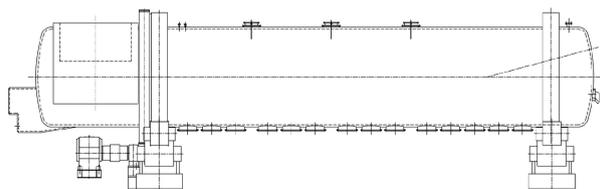


图1  $\Phi 5 \times 28$  m底吹氧化炉简图

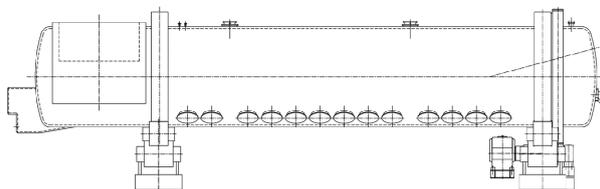


图2  $\Phi 5 \times 28$  m底吹还原炉简图

## 2 投产运行与分析探讨

该技改工程于2020年7月投产,截至目前,底吹氧化炉和底吹还原炉运行平稳、正常,各项工艺指标也满足设计要求,表明第三代氧气底吹炼铅技术中关键设备的大型化设计达到了预期效果。但本工程为第三代氧气底吹炼铅技术首次扩大规模实践,为稳妥于2021年4月主动停炉,对包括底吹氧化炉和底吹还原炉在内的关键设备进行检查、检修。

### 2.1 底吹氧化炉

经检查发现,底吹氧化炉挂渣较多,炉衬侵蚀在可控范围之内,预计整炉寿命可达到2~3年。由于底吹氧化炉不产粗铅,所以氧化枪的寿命较长,平均可达3个月。图3为检修完毕底吹氧化炉挂渣照片。

本次底吹氧化炉大型化设计中,较为成功的是

长炉子的烘炉设计。在喷枪阀站增设天然气管路,用6支左右氧化枪配合端头燃烧器烘炉,这样烘炉温度对长炉子来说比较均匀。另外,本次设计的加料口水套内衬了不锈钢圈,经实践证明该设计增强了水套侧壁的安全性,操作人员在清理粘接时接触不锈钢圈,可以定期更换,保护了水套本体。



图3 检修完毕底吹氧化炉挂渣照片

### 2.2 底吹还原炉

经检查发现,底吹还原炉气相区加料口周围耐火砖烧损严重,残砖最短处仅110 mm左右,必须挖补。图4为还原炉准备挖修时的照片,其气相区残砖厚度的渐变清晰可见。分析发生如此严重烧损原因,可能与全粉煤还原操作模式有关。在实际运行中,取消了炉顶加料口加入块煤进行还原的操作,只用还原枪往炉内供入粉煤,粉煤既做燃料又做还原剂使用,单支还原枪的供煤量可达到600 kg/h左右。单支枪供入的粉煤量过大,而熔池所能利用的没有提高太多,所以大量的粉煤进入炉膛空间,遇到从加料口来的漏风便发生了严重二次燃烧,产生的高温导致气相区加料口周围耐火砖烧损严重。



图4 还原炉准备挖修时照片

全粉煤还原操作模式需注意解决炉膛空间可燃气体的二次燃烧,可燃气体全部在炉膛空间燃烧,温度太高对气相区耐火砖不利;全部在锅炉燃烧,气相区还原气氛太强对砖也不利,所以加料口可用纤维毡封闭保持适度漏风,使炉膛空间发生适度的二次燃烧,这样的话温度不会太高,还原气氛不会太强。

为了延长底吹还原炉耐火砖的寿命,还可在炉壳外增加夹套水冷。经过初步设计和传热计算,炉

壳外增加夹套水冷之后,炉壳温度可从现在的 250 ℃降低到 50 ℃左右。炉衬的挂渣保护变得相对容易,耐火砖的耐热性会增强,炉寿延长是可预期的。同时,炉壳温度的降低,还可改善操作环境。由于炉衬挂渣,整体的散热损失不会大幅提高,但延长炉寿的好处大于能耗的小幅提高。详细设计时,需注意炉壳膨胀量的变化,膨胀计算需按照新的温度分布来修正;另外,夹套应尽量均匀设置铺满,以减小炉壳温度的不均匀性。

本次底吹还原炉大型化设计中,较为成功的是还原枪 30 度角。由于还原枪偏离炉底中心 30 度角,使得其能避开大部分粗铅的侵蚀,所以寿命长于其他厂还原枪 1 个月的寿命,达到了平均 2 个月,正往 3 个月努力。除此之外,还原枪可在原来 0.8 ~ 1.0 MPa 压力的基础上降压至 0.5 ~ 0.6 MPa 运行,实现节能效果。底吹氧化炉从传统的产铅到现在的不产铅,氧化枪寿命从 1 个月延长至 3 个月。它也可以降压,节能的同时解决喷溅较重问题,可以尝试

适当提高单枪氧气流量。

另外,有一个现象尚未明确其原因,过去产铅的底吹氧化炉虹吸道冲刷非常严重,而大型化设计后底吹还原炉产铅量大于前者,虹吸道却没有冲刷,这是一个值得探讨的疑题。

### 3 总结

$\Phi 5 \times 28$  m 底吹氧化炉和  $\Phi 5 \times 28$  m 底吹还原炉已经成为世界上单系列产能最大的铅冶炼设备,该生产线在投产不久突破了年产 30 万 t 电铅、目前稳定在 35 万 t 电铅规模,正计划向 40 万 t 产能目标进发,为第三代氧气底吹炼铅技术的扩大规模设计积累了经验,有众多总结之处。本文从炉体设计、投产运行、分析探讨等方面对两台炉子进行了叙述,重点就炉寿、枪寿几个相关问题展开详述。 $\Phi 5 \times 28$  m 底吹氧化炉和  $\Phi 5 \times 28$  m 底吹还原炉大型化的设计,为企业带来了经济效益和社会效益。

## Design, Operation and Discussions of Heavy-duty Bottom-blowing Oxidation Furnace and Bottom-blowing Reduction Furnace with an annual capacity of 300 kt to 400 kt of Lead

LI Dong, LIN Yi, CAO Ke-fei

**Abstract:** A lead smelter relocation & technical transformation project in Henan, which was put into operation in July 2020, is designed to process 900 kt of lead concentrate to produce 300 kt to 400 kt of lead. Pyrometallurgical process route: concentrate smelting in bottom-blowing oxidation furnace, and high-lead slag reduction in bottom-blowing reduction furnace. By far, the production line has exceeded the annual capacity of 300 kt of cathode lead, and is currently stable at 350 kt/a of cathode lead. At present, it is planning to move towards the targeted production capacity of 400 kt/a. The designed size of the bottom-blowing oxidation furnace and the bottom-blowing reduction furnace in this project is both  $\Phi 5 \times 28$  m, being the lead smelting equipment with the largest single-series production capacity in the world today. Before that, the maximum capacity of bottom-blowing oxidation furnace was 160 kt of cathode lead per year, and the maximum capacity of bottom-blowing reduction furnace was 100 kt of cathode lead per year. Therefore the enlarged design of the bottom-blowing oxidation furnace and the bottom-blowing reduction furnace in this project has attracted much attention. This paper introduces the design of the  $\Phi 5 \times 28$  m bottom-blowing oxidation furnace and the  $\Phi 5 \times 28$  m bottom-blowing reduction furnace, and analyzes and discusses some specific issues in conjunction with production operation.

**Key words:** concentrate smelting; high-grade Pb slag reduction; bottom-blowing oxidation furnace; bottom-blowing reduction furnace; enlargement

