

铜铕多枪顶吹连续吹炼炉设计与展望

崔大韡

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 在“富氧侧吹熔炼+多枪顶吹连续吹炼+火法阳极精炼”热态三连炉,连续炼铜工艺中,中国恩菲设计的铜铕多枪顶吹连续吹炼炉是关键设备。本文对此多枪顶吹炉的结构和设计进行了详细说明。并认为,多枪顶吹连续炉及其连续吹炼工艺,在今后的铜冶炼厂 PS 转炉改造和新建铜冶炼项目中,都有着广阔的应用前景。

[关键词] 多枪顶吹炉;连续吹炼炉;热态三连炉;PS 转炉;连续炼铜

[中图分类号] TF806 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)03-0089-03

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.03.018

1 设计背景

在火法铜冶炼中,约 80% 的铜铕吹炼采用已有百年历史的 PS 转炉。近些年来,为解决 PS 转炉吹炼存在的低空污染、间断作业、炉衬寿命短、送风时率低、烟气二氧化硫波动大不利于制酸等问题,用于取代 PS 转炉的粗铜连续吹炼工艺有了较快的发展。2017 年由中国恩菲设计的首台多枪顶吹连续吹炼炉在烟台建成投产,这是中国恩菲与烟台国润铜业有限公司合作的“富氧侧吹熔炼+多枪顶吹连续吹炼+火法阳极精炼”热态三连炉连续炼铜生产工艺的关键设备。

多枪顶吹连续吹炼炉(简称多枪顶吹炉),是中国恩菲依托多年来在铜铕连续吹炼方面积累的成功经验,结合高品位铜铕连续吹炼工艺特点,开发的拥有自主知识产权的新炉型。为满足热态铜铕连续吹炼的技术要求及生产特点,多枪顶吹炉在炉体结构形式、炉身冷却设计、顶吹喷枪结构等方面,均有较多创新。

2 多枪顶吹炉概况

热态三连炉连续炼铜产生工艺中,富氧侧吹炉、

多枪顶吹连续吹炼炉、阳极精炼炉为由高至低阶梯配置。富氧侧吹熔炼炉产出的高品位液态铜铕,直接流入多枪顶吹连续吹炼炉,多枪顶吹连续吹炼炉产出的液态粗铜直接流入阳极精炼炉。这种配置不但占地小、投资省,而且更环保、节能。

位于中间的多枪顶吹炉为卧式矩形炉体,铜铕通过溜槽从端墙的热料进口加入,粗铜从另一侧端墙底部的虹吸口排出。吹炼渣由侧墙上的渣口排出。富氧风通过多支炉顶伸入的顶吹枪喷入炉内,对熔池进行搅动并完成吹炼。熔剂、残极等物料,通过位于炉顶的加料口加入。吹炼烟气从炉顶的出烟口排出,经上升烟道进入余热锅炉。

多枪顶吹炉为矩形炉体,炉体截面为倒梯形,炉墙向外倾斜,炉体结构示意图如图 1 所示。多枪顶吹炉主要由骨架、炉壳、水套、炉衬、炉顶、顶吹喷枪等部分组成。根据冶炼需要,设有冷料加入口、热料加入口、排渣口、放铜口、出烟口等结构。根据工艺条件及多枪顶吹的炉型特点,确定多枪顶吹炉炉渣线位置面积约 40 m²,炉膛具体尺寸为:渣线宽度约 5 m,渣线长度约 8 m,炉膛高约 3.6 m。

3 多枪顶吹炉结构特点

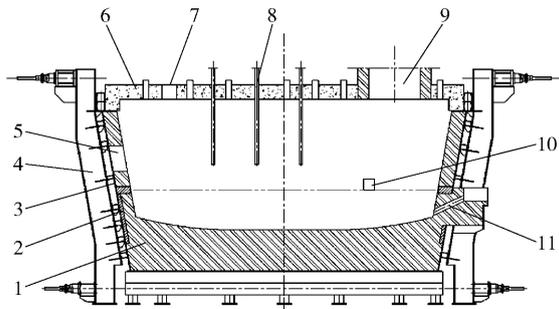
3.1 整体弹性骨架

多枪顶吹炉炉体中炉壳周围的围梁、立柱、横梁、拉杆、弹簧等钢结构,组成了一个柔性的炉身夹持系统,称之为整体弹性骨架。位于拉杆两端的弹簧,通过交错的横梁、立柱,将弹簧力施加到炉壳、砖体上,合理的弹簧受力能有效的平衡砖体膨胀力,维

[收稿日期] 2020-07-17

[作者简介] 崔大韡(1981-),男,辽宁丹东人,高级工程师,硕士,主要从事工业炉设计工作。

[引用格式] 崔大韡.铜铕多枪顶吹连续吹炼炉设计与展望[J].有色设备,2021,35(3):89-91.



1. 砖体 2. 水套 3. 炉壳 4. 骨架 5. 热料进口 6. 炉顶 7. 冷料进口 8. 顶吹喷枪 9. 出烟口 10. 排渣口 11. 放铜口

图1 多枪顶吹炉示意图

持炉身稳定。在炉体升温过程中,整体弹性骨架可以限制并跟随砖体膨胀;当炉体降温(或停炉)时,它又可以夹持并跟随砖体一同收缩。这种“柔性”骨架系统,有效的解决了固定骨架炉型中,炉体内(炉衬耐材)、外(骨架炉壳)膨胀不同步,受力不匀的问题。这种结构在中国恩菲设计的其它炉型(电炉、闪速炉)中,已有了较多应用,有的炉体寿命可达10年以上。这种炉体骨架具有结构稳定、寿命长、易于大型化的特点。

3.2 多种水套组合的立体水冷设计

近年来,冶金炉窑的水冷技术得到了快速的发展和运用。利用高效换热的水冷元件,对炉衬进行保护,使炉衬不再被不断的侵蚀,并能形成稳定的渣壳,以达到延长炉衬寿命的目标。

多枪顶吹炉在设计时,考虑到炉内热负荷大、热强度高,炉衬受到高温熔体剧烈的冲刷和侵蚀,也同样加强了冷却结构的设计,在炉体的多个关键位置采用了水套进行冷却。

对炉体熔池部分,采用薄炉衬强水冷的设计思路,炉墙砖平均只有约400 mm厚,均设有铜水套对其进行冷却。具体方案为,在炉墙受侵蚀严重的渣线高度,采用了冷却能力强的异形铜水套。渣线以下的熔池部分,设计了立水套进行冷却。为保护铜水套不被粗铜侵蚀,立水套采用了复合钢板铜水套,以提高安全性。在炉顶、喷枪附近平顶区域、以及炉顶梁等关键部位,也采用了铜水套进行冷却。

3.3 进料口与排放口

多枪顶吹炉设有一个热料进口和一个冷料进口。热料进口在炉体端墙上部,熔炼炉产生的热铜钼通过溜槽流入,为保护炉墙开口附近的砖体,热料进口周边设有铜水套。冷料进口设在炉顶,残极片

(或冷杂料)可以从冷料口加入,冷料口设有铜水套,以保证使用寿命;冷料口可以配置专用的残极加料装置,残极片加入效率高,且操作过程密封性好,可大大改善操作环境。

多枪顶吹炉设有一个排渣口和一个放铜口。出渣口设置在侧墙,溢流出渣,可根据冶炼需要调整炉内渣面高度,操作简单,易维护。放铜口设置于热料进口对面的端墙上,采用虹吸放粗铜,粗铜经由壳体内部的虹吸通道放出,通过溜槽连续地流入固定式阳极炉。虹吸放铜液面稳定,操作简单便捷,寿命长。

3.4 多枪顶吹炉喷枪设计

多枪顶吹炉在炉顶中部共有6个喷枪位(两排,每排3个),最多可以插6根喷枪,实际生产时,一般使用4~5根。喷枪将富氧空气高速吹入熔体,并对其进行搅动,以完成吹炼过程。

多枪顶吹炉所使用的喷枪,是由中国恩菲自主设计,拥有自主知识产权的新型喷枪。它是一种悬浮于液面上喷吹,非水冷自耗式喷枪。其结构主要包括:卷扬机构、滑轮机构、固定管、滑动管、旋转机构和喷吹管等部件组成。该喷枪具有如下特点:

(1)喷枪是自耗式的,可以根据消耗情况不断补充喷吹管,保证喷枪头部的喷吹距离,确保喷吹效果。

(2)喷枪是旋转喷枪,喷吹管可以在旋转机构的驱动下旋转。其优点是可以预防喷枪与炉盖的粘结,同时在喷枪头部烧损不均匀的情况下,也能够保持吹入的工艺风更均匀,不易偏吹。

(3)喷枪上下移动时靠套管(固定管和滑动管)间的配合实现密封,不带沉重、累赘的软管,整体结构简单。喷吹管与滑动管之间有圆周方向的滑动配合。

(4)喷吹管的补充操作简单便捷,因为有多支喷枪,单支枪的补充或检修,并不需要整体停风,不影响炉子的整体生产效率。

4 总结与展望

烟台国润的多枪顶吹炉自2017年底检修投产后,已安全稳定运行三年多,炉体结构稳定,工艺指标都已达到甚至超过了设计要求。目前多枪顶吹炉处理铜钼品位72%~75%,处理量19~20 t/h,粗铜品位98.5%~99.2%,粗铜含硫0.3%以下,炉渣含铜12%~15%。

多枪顶吹炉铜钼吹炼具有以下优势：

(1) 连续操作：多枪连续顶吹炉采用连续进料、连续送风的多喷枪非浸没式操作，换枪过程不影响正常生产，作业时率提高；同时也能实现连续出铜，操作简单，操作人员劳动强度低。

(2) 自动化程度高：多枪顶吹连续吹炼炉整体密闭，炉况调整和监控完全依靠 DCS 控制系统，根据不断积累的操作数据，可实现操作管理的自动化、智能化。

(3) 环保好：多枪顶吹连续吹炼炉为固定式炉型，炉体与烟道完全密封，炉体漏风率在 5% 左右，加之其连续操作的特性，烟气成分波动小，制酸生产稳定。同时，多枪顶吹炉所产粗铜经流槽直接进入精炼炉，无包子倒运过程，并且对流槽进行密闭保温及环集处理；由于入炉铜钼品位高，多枪顶吹炉产出渣量小，烟气易收集、散逸少。

(4) 炉寿高：整体弹性骨架的矩形炉体、多种水套的立体水设计，使得多枪顶吹炉炉体结构稳定，从目前的使用情况判断，炉体寿命可达 5 ~ 10 年。

(5) 适应性强、易于实现大型化：从炉体结构和喷枪设计来看，多枪顶吹炉提高处理能力实现大型化的难度并不大。现有规格的多枪顶吹炉能适用于年产 10 ~ 12 万吨矿铜的冶炼工艺，中国恩菲已经展开了年产能 20 万吨、30 万吨矿铜的多枪顶吹炉的研发和设计工作，以适应单套系统大型化的需求。

多枪顶吹炉的成功设计应用，标志着中国恩菲在铜冶炼工艺上的又一次成功，无论是对现有铜冶炼厂的 PS 转炉改造，还是新建铜冶炼项目，多枪顶吹炉及其连续吹炼工艺，都有广阔的应用前景。

[参考文献]

[1] 蒋继穆. 连续炼铜杂谈[J]. 中国有色冶金, 2020, 49(5): 1-8.

Design and Prospect of Multi-lance Top Blown Continuous Converting Furnace for Copper Matte

CUI Da-wei

Abstract: In the tri-continuous copper smelting process of ‘oxygen-enriched side blown smelting + multi-lance top blown continuous converting smelting + anode refining’, the multi-lance top blown continuous converting furnace designed by China ENFI is the key equipment. In this paper, the structure and design of the multi-lance top blown continuous converting furnace are described in detail. It is believed that the multi-lance top blown continuous converting furnace and the continuous copper smelting process have broad application prospects for PS converter transformation of copper smelters and new copper smelting projects in the future.

Key words: top-blown; continuous converting furnace; PS converter; continuous copper smelting ▲