

侧吹熔融还原炉的设计及应用

冯双杰

(中国恩菲工程技术有限公司,北京 10038)

[摘要] 简述了侧吹熔融还原炉的生产概况,介绍了还原炉主要部件的结构设计,列举了还原炉的生产实践,总结了还原炉的特点。

[关键词] 液态高铅渣;直接还原;侧吹熔融还原炉;富氧;熔池熔炼

[中图分类号] TF812;TF806 [文献标志码] B [文章编号] 1672-6103(2015)03-0019-03

目前,硫化铅精矿的直接熔炼工艺,大体分为两类:一类是闪速熔炼,如基夫赛特法;一类是熔池熔炼,如 QSL 法、水口山法、奥斯麦特法、艾萨法和卡尔多炉法。其中,QSL 法、基夫赛特法为两室一步炼铅法;卡尔多法为两周期一步炼铅法;水口山法、艾萨法都是两步炼铅法,首先是在炉内进行氧化熔炼,生产部分粗铅和液态高铅渣,高铅渣铸成块配入焦炭加入鼓风炉进行还原熔炼产出粗铅和终渣^[1]。

鼓风炉还原解决了烟尘率高和终渣含铅高的问题,却未能利用高铅渣的热焓,高铅渣铸块所损失的物理热约占鼓风炉能耗的 15% 左右;且高铅渣铸块需使用铸渣机,增大了设备投资和动力消耗、增加了占地面积,鼓风炉还原还需要使用价格昂贵的块状冶金焦炭作为还原剂,焦率达 13% ~ 17%。因此,开发液态高铅渣直接还原技术取代现有鼓风炉,是当今粗铅冶炼领域一项重要技术发展。目前高铅渣直接还原技术主要有底吹还原法、底吹电热还原法和侧吹还原法。本文主要介绍 ENFI 研发的高铅渣侧吹熔融还原炉的设计和应用。

1 侧吹熔融还原炉概况

2008 年为开发高铅渣直接还原技术,设计了一台 8 m² 的侧吹炉,2009 年进行了试验,并取得了成功,高铅渣含铅 40% ~ 45% 的条件下,终渣含铅 < 2%。在试验中和之后进行了一些改进,主要有:原设计采用的是粉煤喷枪,后来改为了喷吹焦炉煤气,

为保证炉寿,吹炼段炉衬增加了铜水套冷却,为满足产能要求,将长方形炉的一端延长为半圆形,炉膛断面由 8 m² 增加到了 ~ 13 m²,试验炉转为了生产炉。

侧吹熔融还原炉为周期性操作,一个周期约 2 个小时,在一个周期内需要完成进料——喷吹还原——放渣操作,产出的粗铅定期放出。

熔融态的高铅渣定期从熔化炉放出经溜槽直接流入侧吹还原炉,熔剂和还原剂(主要是块煤)经加料皮带从冷料口加入侧吹还原炉,在炉子两侧喷枪喷入可燃气体(煤气、天然气)和富氧空气,在熔体内进行浸没式燃烧,喷吹的能量使熔池产生强烈搅拌,熔融的高铅渣和熔剂、还原剂被迅速混合,完成一系列的传热传质和氧化铅的还原反应过程,生成粗铅和终渣,反应产生的铅滴相互碰撞、长大、下沉进入喷枪以下的相对安静区,达到一定深度时从虹吸口放出,炉渣在达到还原终点后从放渣口放出。

参照试验炉取得的成果,结合工程需要,近期设计了两台 18 m² 熔融还原炉,均于 2013 年投产,达到了设计指标。

2 侧吹熔融还原炉的设计

侧吹熔融还原炉的结构如图 1 所示。主要部件有:基础、钢结构、水套冷却系统、喷枪、砖体等。

2.1 炉底基础

炉底基础承载着整个炉子以及熔体的重量,因此需要有足够的强度;另外,由于铅的熔点比较低,炉底需要考虑通风冷却,一旦有铅液渗漏到炉底时能够凝固,避免发生漏炉事故。侧吹熔融还原炉的炉底基础是在土建基础上采用抗压强度较高的耐火

[作者简介] 冯双杰(1982—),男,河南长葛人,工程师,硕士,从事有色冶金工业炉设计工作。

[收稿日期] 2014-07-17

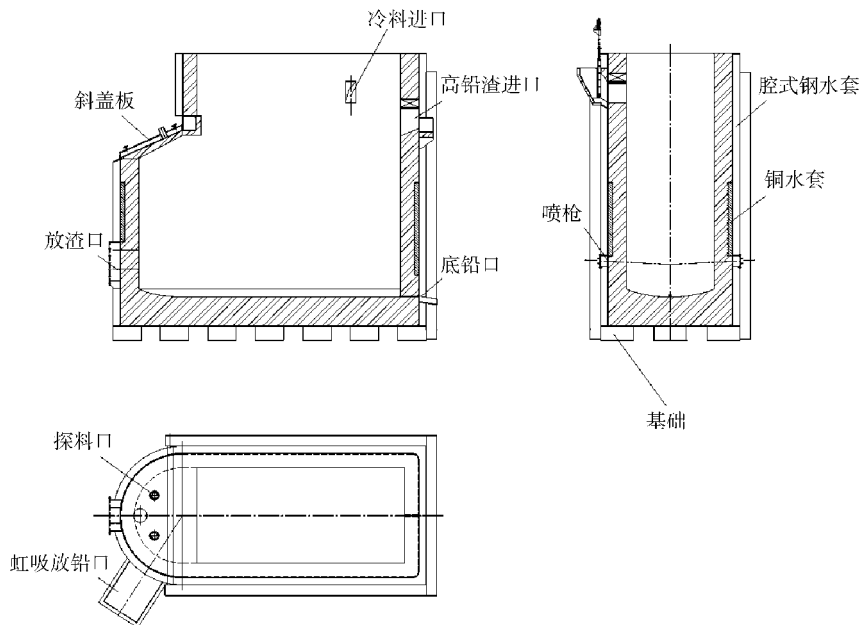


图1 侧吹熔融还原炉结构图

砖砌筑成一定高度的独立砖墩,炉底板直接放于砖墩上。砖墩基础既能支撑整个炉子,又留有炉底的冷却空间。这种基础简单、可靠,缺点是受炉体热胀冷缩和震动的影响,砖墩易开裂损坏,新的设计改为耐火浇注料整浇的与土建基础一体的条状基础。要强调一点,该炉标高很高,土建基础也高,土建基础的设计要避免与炉内喷吹扰动共振,防止整炉的震动。

2.2 炉体钢结构

侧吹熔融还原炉的钢结构包括炉壳、外围骨架以及炉壳表面的筋板。炉体钢结构要有足够的强度和刚度,以承受炉体自重、熔体重量、以及砖体的膨胀力。由于侧吹炉内熔体的搅动比较剧烈,会产生扰动力,容易造成炉体晃动,外围骨架的整体性、抗扰性以及与土建基础连接要充分考虑,尽量减少炉体的晃动。

2.3 水套冷却系统

侧吹熔融还原炉为周期性操作,炉内熔池温度高而且波动大,单靠耐火材料很难保证炉体寿命,而水冷技术的应用则是提高炉寿的有效措施。炉内各部分的温度不同,工况条件不同,需要的冷却强度也不相同,因而需要设计不同的水冷元件。

熔池区的工况条件最为恶劣,要承受高温熔体搅动以及喷溅物的化学侵蚀和反复冲刷,需要较强的冷却效果,因此在该区域内设计了特殊的铜水套

对耐火材料进行冷却,通过合理的水冷强度能够使耐火材料热面形成稳定的挂渣层,从而保护耐火材料。气相区只是烟气通过,没有熔体的冲刷和侵蚀,耐火材料的寿命相对较长,不需要那么强的冷却强度。设计了腔式钢水套,对耐火材料进行冷却,同时由于钢水套的存在,炉子外部温度不高,也创造一个舒适的工作环境。

2.4 耐火材料

炉底工作层耐火砖应具有抗高温熔体的冲刷、侵蚀、渗透性能,要考虑放铅时的温度波动,采用含铬20%的半再结合镁铬砖。

熔池区耐材蚀损机理主要是金属Pb以及附带的Cu、Zn等其它金属沿工作面渗透到耐火砖内部堵塞原砖显气孔使耐火砖变的非常致密,由于金属的导热性能及线膨胀变化与原耐火砖差别非常大,因此,冶炼过程中的温度波动造成结构剥落。同时, $\text{SiO}_2\text{—Fe}_2\text{O}_3\text{—CaO}$ 系熔渣也会对耐材造成熔蚀,所以采用含铬20%的电熔再结合镁铬砖。

上部炉膛耐材蚀损机理主要是在高温、还原气氛条件下,砖内部的 FeO_n 被还原为单质Fe,此还原反应改变了原砖内部的晶格结构导致耐火砖变疏松,此部位的耐火砖铁含量要低。同时, SiO_2 、FeO、CaO等喷溅的熔渣会对耐材造成一定的侵蚀,考虑到耐材的热震稳定性能,采用含铬12%的半再结合镁铬砖。

2.5 喷枪

喷枪是侧吹熔融还原炉的核心,向炉内输送燃料和富氧空气,向炉内提供还原反应所需热量的同时搅动熔体。通过计算选择合理的气体喷出速度和喷枪间距,在为炉内的熔池熔炼提供较好的反应条件的同时又要延长喷枪区耐火材料的寿命,同时延长喷枪的使用寿命。

3 侧吹熔融还原炉的应用

目前,该侧吹熔融还原炉作为液态高铅渣直接还原的主要冶炼方法之一已成功用于多个厂家,与底吹炉或顶吹炉配合实现了铅精矿的氧化熔炼和富铅渣直接还原冶炼工艺。该工艺流程短,操作简单,节能降耗效果明显,主要技术指标见表1。

表1 侧吹熔融还原炉主要技术指标

	单位	项目一	项目二
炉床面积	m ²	18	18
熔池深度	mm	1 700 ~ 1 800	1 600 ~ 1 700
喷枪数量	支	16	16
发生炉煤气压力	MPa	0.12 ~ 0.14	~0.23
发生炉煤气量	m ³ /h	~3 500	~3 800
富氧空气压力	MPa	0.14 ~ 0.16	~0.24
富氧空气量	m ³ /h	~1 100	~1 300
富氧浓度	%	~70	~60
产铅量	t/d	~210	~160
渣含铅	%	<2	<2

4 结论

侧吹熔融还原炉以其操作的灵活性,分别实现了与底吹炉和顶吹炉的结合,成功实现了热态高铅渣的直接还原作业,综合起来有如下特点:

(1) 该侧吹炉为固定式炉型,无运动部件,结构简单,喷枪寿命长,能有效提高生产率。

(2) 喷枪可以喷吹焦炉煤气、发生炉煤气、天然气等,同时喷吹富氧空气助燃,大大减少了烟气体量,后续烟气处理系统规模小,减少了投资。

(3) 炉子烟气出口直接与余热锅炉连接,尺寸大,烟气流速低,有利于烟尘的沉降,大大降低了烟尘率。

(4) 熔池区采用铜水套冷却耐火砖的结构形式,炉衬寿命提高,与铜水套直接挂渣的形式相比,一方面提高了使用铜水套的安全性,另一方面减少了冷却水带走的热量,有利于节能。

[参考文献]

- [1] 李栋. 高铅渣直接还原炉的研发设计[J]. 中国有色冶金, 2012, (1): 35 - 37.
- [2] 李小兵, 李元香等. 万洋“三连炉”直接炼铅法的生产实践[J]. 中国有色冶金, 2011, (6): 13 - 16.
- [3] 张和平. 底吹还原炉的设计[J]. 中国有色冶金, 2012, (1): 38 - 39.

Design of side-blown melting reduction furnace and its application

FENG Shuang-jie

Abstract: This paper describes the production profile of side-blown melting reduction furnace, introduces the construct design of main components, lists the practice and summarizes the characteristics of the reduction furnace.

Key words: liquid lead-rich slag; direct reduction; side-blown melting reduction furnace; oxygen-enriched; bath smelting