

引用格式:张阁. 废铅酸蓄电池侧吹浸没燃烧处理技术与装备[J]. 有色设备, 2024, 38(5): 37-44.

ZHANG Ge. Research on side-submerged combustion smelting process and equipment for waste lead acid batteries[J]. Non-ferrous Metallurgical Equipment, 2024, 38(5): 37-44.

废铅酸蓄电池侧吹浸没燃烧处理技术与装备

张 阁

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘 要] 在铅供需两端的双重压力下,当前再生铅企业亟需先进成熟的技术与装备。富氧侧吹熔池熔炼工艺处理铅膏,已被我国大部分的新建再生铅厂采用,其中侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术相继在锌、铅、镉、铜等金属的冶炼和固体废物处置领域获得成功应用。通过对侧吹浸没燃烧技术处理铅膏的反应机理、作业制度、炉内分区、炉体结构、喷枪、DCS系统的全面研究分析,并与瓦纽科夫炉技术对比,指出了该技术和装备具有熔炼强度高、能耗低、安全可靠、环保效果好等优点,其应用前景乐观,对我国再生铅冶炼技术水平的提高起到积极的推动作用。

[关键词] 侧吹浸没燃烧; 强化熔池熔炼; 铜水套衬砖; 多通道集成喷枪; 智能化控制; 废铅酸蓄电池; 铅基固废

[中图分类号] TF812 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8884(2024)05-0037-08

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2024.05.006

0 前言

近年来,原料侧铅精矿供应持续紧张,再生铅原料紧缺且价格高涨,产品侧受采购进口粗铅、进口精铅(因杂质含量偏高需进一步加工处理)的低价冲击等因素影响,导致精铅价走弱。在这种供需两端的双重压力下,市场对还原铅的加工利润空间明显压缩,而国内再生铅产能却在不断扩大。在严峻的产业大环境中,再生铅企业需优先选用当下最先进成熟的技术与装备,以此提升企业的核心竞争力。

当前国内铅膏冶炼工艺主要有富氧侧吹熔池熔炼、铅精矿搭配铅膏熔炼工艺、鼓风机、短窑、反射炉等工艺。其中,鼓风机、短窑和反射炉工艺因熔炼强度低、能耗高、环保性能差,已属淘汰技术^[1-2]。铅精矿搭配铅膏熔炼工艺,矿铅的冶炼过程中发热量有限,因此仅可配比少量的铅膏进行熔炼。富氧侧吹熔池熔炼工艺处理铅膏,有喷燃料+炉体铜水套衬砖和不喷燃料+不衬砖(即瓦纽科夫炉)2种形式,均

已实现稳定持续生产,技术和装备成熟,已被国内大部分的新建再生铅厂采用^[3-6]。其中,侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术(Side-Submerged Combustion Smelting Process, SSC),是由中国恩菲工程技术有限公司联合合作单位开发的具有自主知识产权的一种强化熔池熔炼技术。该技术最初应用于替代鼓风机还原液态高铅渣,并于2010年6月在河南济源成功投入工业生产。之后,SSC技术进入商业化推广阶段,相继在锌、铅、镉、铜等金属的冶炼和固体废物处置领域获得成功应用,助力这些行业发展到一个新的水平。

2012年,中国恩菲采用SSC技术开发的国内第一条处理未脱硫铅膏的连续熔化还原炉生产线在湖北金洋投产;2016年,河南豫光再生铅项目采用SSC技术开发的单区侧吹炉处理废铅酸蓄电池铅膏进行连续熔炼,首次实现了铅膏短流程资源化;2019年,升级了烟气处理工艺的处理铅膏的SSC技术处理废蓄电池铅膏的侧吹浸没燃烧熔炼炉在新疆骆驼一次性投产成功,并取得了理想的技术经济指标。

1 废铅酸蓄电池 SSC 技术

SSC技术作为一种强化熔池熔炼技术,具有最显著的3个特征:侧吹、浸没、燃烧。即从炉体侧部的多通道集成喷枪以亚声速向熔池内喷入富氧空气和燃料(天然气、发生炉煤气、粉煤),激烈搅动熔体

[收稿日期] 2024-08-12

[第一作者] 张阁(1984—),女,河南南阳人,高级工程师,本科,主要从事火法冶金工程设计研究工作。

[基金项目] 国家重点研发计划-复杂铅基多金属固废协同冶炼技术与大型化装备-协同熔炼过程自适应在线智能优化控制系统(2019YFC1907305)。

和直接燃烧向熔体补热。因此,SSC 炉系统为一个近似理想的热技术系统,特别适合处理不发热的铅膏物料。

SSC 技术用于处理铅膏时,当炉料加入 SSC 炉熔池后,铅膏中的 $PbSO_4$ 、 PbO 等成分在 $1\ 050 \sim 1\ 150\ ^\circ C$ 的熔融态炉渣中快速完成分解和熔化,被还原煤还

原生成金属铅;基于较大的密度差异,铅液下沉至炉缸,分解的 SO_2 进入烟气;还原煤灰分与熔剂造渣;熔炼高温烟气通过余热锅炉回收余热和烟气净化除尘后,被送到制酸脱硫系统。

SSC 技术处理铅膏工艺流程见图 1,SSC 技术处理铅膏设备连接见图 2。

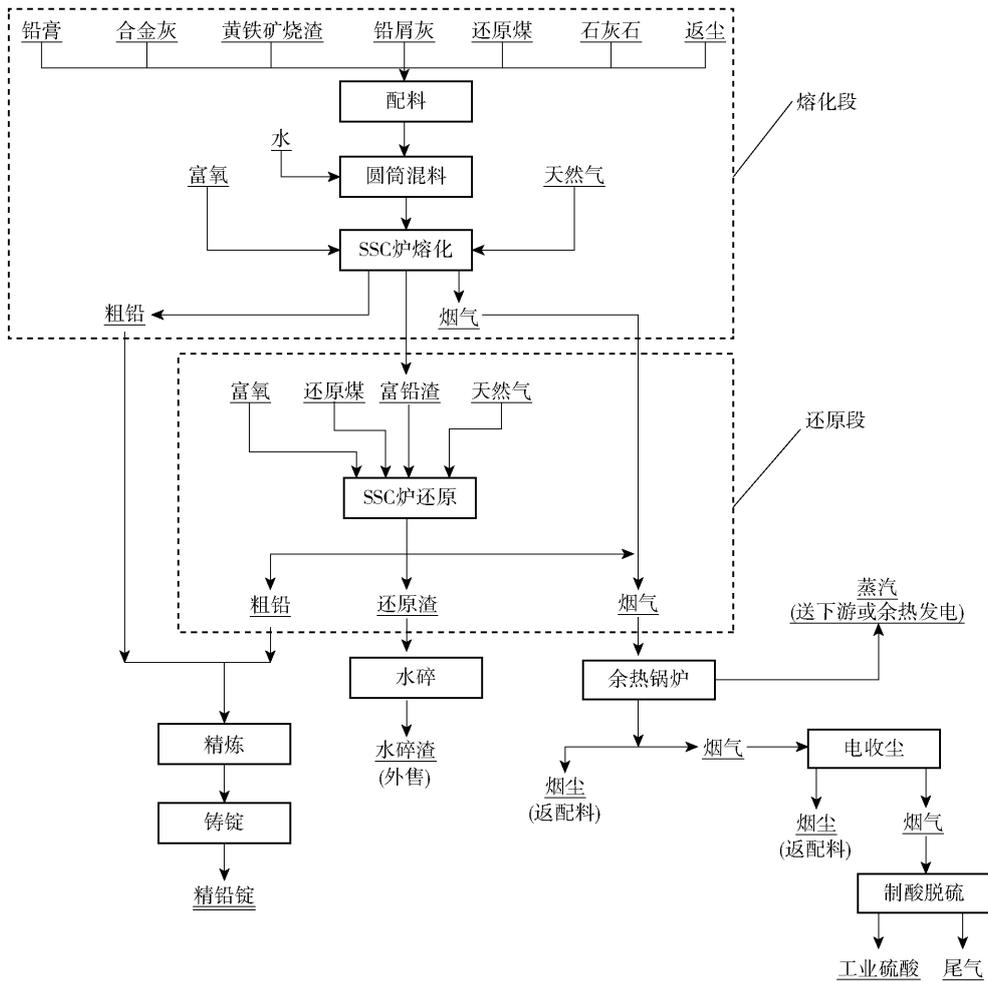


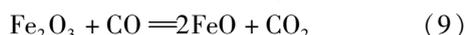
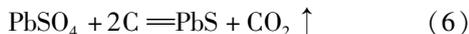
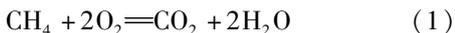
图 1 SSC 技术处理铅膏工艺流程

Fig. 1 Process flow of SSC technology for treating lead paste

2 SSC 技术处理铅膏的反应机理

采用单台单区侧吹炉分阶段进行连续熔炼,一个周期分为连续加料熔化脱硫段、集中还原段和放渣段。

铅膏还原熔炼的主要化学反应如式(1)~(11)^[7]。SSC 技术冶炼原理如图 3 所示。



反应方程式(1)为天然气燃烧补热反应。SSC

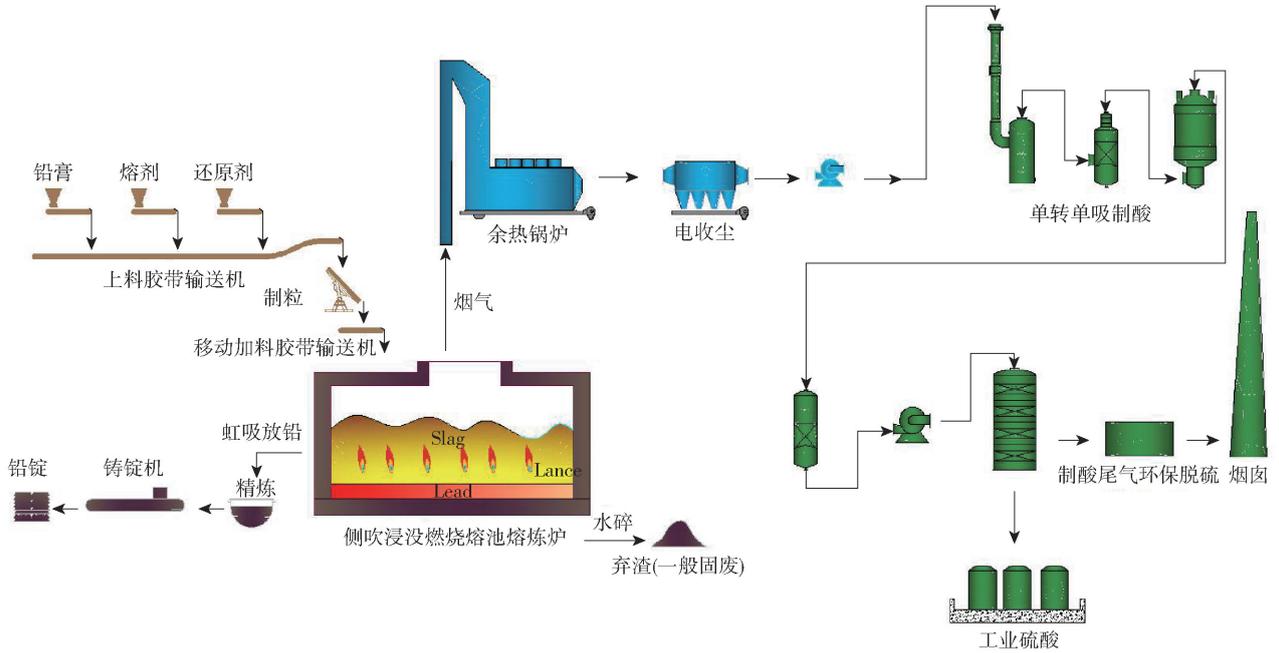


图 2 SSC 技术处理铅膏设备连接

Fig. 2 Connection of lead paste processing equipment using SSC technology

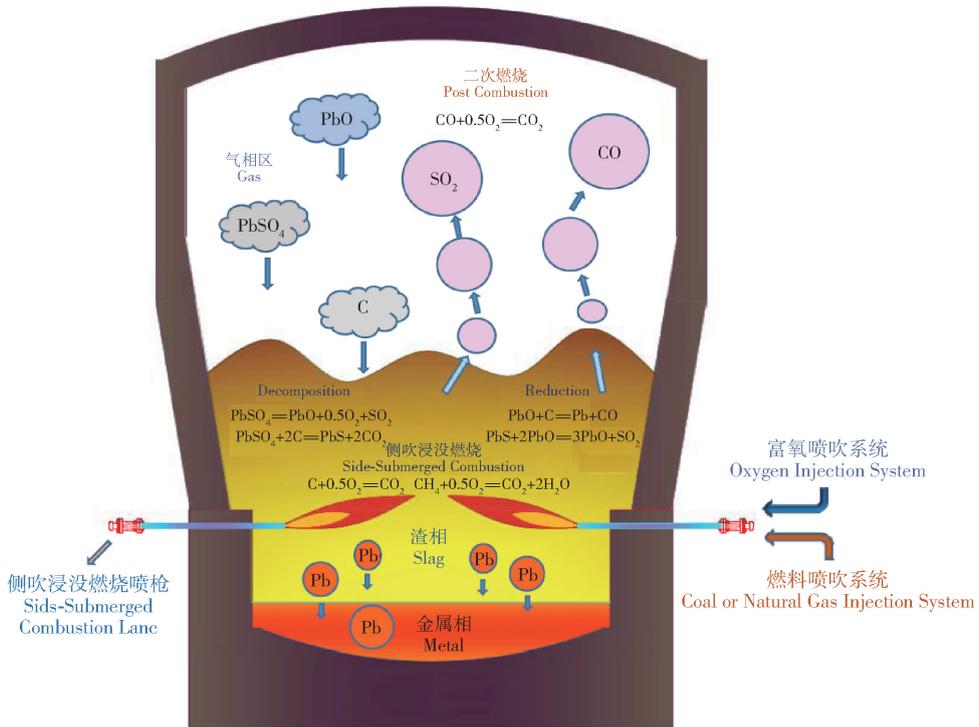


图 3 SSC 技术冶炼原理

Fig. 3 Smelting principle of SSC technology

炉内熔炼铅膏，熔化、分解和还原均为吸热反应，炉体散热、产物外排均从炉内带走热量。为确保熔池具备稳定的补热能力，燃气和富氧空气的供

应需有充足的气源和稳定的气压以及灵活的调配系统。

反应(式(4)~(8))为铅膏的分解、熔化、还原

反应。未脱硫铅膏主要由硫酸铅、过氧化铅和氧化铅组成(表1)。

表1 废铅膏的主要成分^[8]

Table 1 Main components of waste lead paste^[8] %

| 成分 | PbSO ₄ | PbO ₂ | PbO |
|----|-------------------|------------------|--------|
| 含量 | 50 ~ 60 | 15 ~ 35 | 5 ~ 10 |

表2 蒸气压与温度的关系^[9]

Table 2 Relationship between vapor pressure and temperature^[9]

| 物质 | 含铅化合物 | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Pb | | | | | PbS | | | PbO | | | |
| 温度/℃ | 960 | 1 130 | 1 290 | 1 525 | 1 074 | 1 108 | 1 221 | 1 281 | 943 | 1 085 | 1 222 | 1 472 |
| 蒸气压/kPa | 1.33×10^{-1} | 1.33 | 6.7 | 101.3 | 7.99 | 13.3 | 53.3 | 101.3 | 0.133 | 1.33 | 7.99 | 101.3 |

在强还原性气氛下,温度550℃以上时,硫酸铅易还原生成硫化铅(反应方程式(6)),硫化铅会导致熔池出现铅铜铈隔膜层,因此在连续加料熔化脱硫段,应控制反应在弱还原气氛中进行,促进反应方程式(5)的发生,避免反应方程式(6)的发生。

反应方程式(9)~(11)为造渣反应。铅膏本身不含FeO、CaO、SiO₂等造渣成分,但因选择价格低廉、还原效果好的粒煤作为还原剂而带入了灰分(表3),需加入熔剂与其配成低熔点的FeO-CaO-SiO₂三元渣型进行造渣。从表4可以看出,FeO的熔点比铁的高价氧化物低200℃左右。因此要控制还原气氛促进反应方程式(9)的发生,避免产出高价态的Fe₃O₄,否则可能导致泡沫渣、喷炉等不利炉况的发生。

表3 还原剂粒煤灰分化学成分

Table 3 Chemical compositions of reduced

granular coal ash %

| 物相组成 | Fe | SiO ₂ | CaO | Al ₂ O ₃ |
|------|------|------------------|------|--------------------------------|
| 质量分数 | 13.0 | 43.0 | 12.0 | 25 |

表4 铁的不同价态氧化物熔点

Table 4 Melting temperatuer of different different

valence state oxides of iron ℃

| Fe的氧化物 | FeO | Fe ₃ O ₄ | Fe ₂ O ₃ |
|--------|-------|--------------------------------|--------------------------------|
| 熔点温度 | 1 369 | 1 594 | 1 565 |

通过研究炉内化学反应得出:SSC炉连续熔炼

硫酸铅在850℃以上时开始分解,反应方程式见式(5)。为保证PbSO₄的彻底分解,熔炼铅膏的熔池温度需在1 000℃以上,但在高温下Pb、PbO、PbS的蒸气压很大(表2),因此采用厚渣层覆盖保护的同时,应控制合适的熔炼温度,减少其挥发进入烟尘。一般控制熔化段熔炼温度约1 100℃,还原段温度约1 150℃。

铅膏的核心在于要控制好熔炼温度、熔炼气氛及熔炼渣型。

3 SSC技术处理铅膏的装备

SSC炉熔炼铅膏分为熔化段和还原段。在熔化段,配料后的铅膏、粒煤和熔剂加入炉内,快速完成分解熔化,S以SO₂的形式进入烟气,控制熔池区弱还原气氛和炉温在1 100℃、熔渣中大部分的Pb被还原成金属铅液排出;在还原段,仅还原剂加入炉内,控制熔池区强还原气氛和炉温为1 150℃,将富铅渣中的Pb还原成金属铅液排出,终渣含铅指标控制到2%以下,然后进行放渣操作。整个冶炼过程主要依靠侧吹浸没燃烧喷枪来维持炉内热平衡;熔炼过程产生的高温烟气通过余热锅炉回收余热和烟气净化除尘后,被送到制酸脱硫系统。

3.1 SSC炉内分区

SSC炉内主要分为上部气相区和下部熔池区,熔池区基于较大的密度差又分为渣相区和金属相区(图4)。

3.1.1 金属相区

由于铅膏含铅70%以上,铅金属产量大,铅液下沉至炉缸。金属相位于喷枪下层,基本不被侧吹喷枪所搅动,有利于大量铅液滴长大而沉淀;同时将热量带入金属相,使其一直保持良好的流动性。金属相由底铅层和新产铅液组成,底铅层是周期生产过程中炉内必须保有的最小厚度铅层,可避免炉渣挂底堵塞虹吸道。

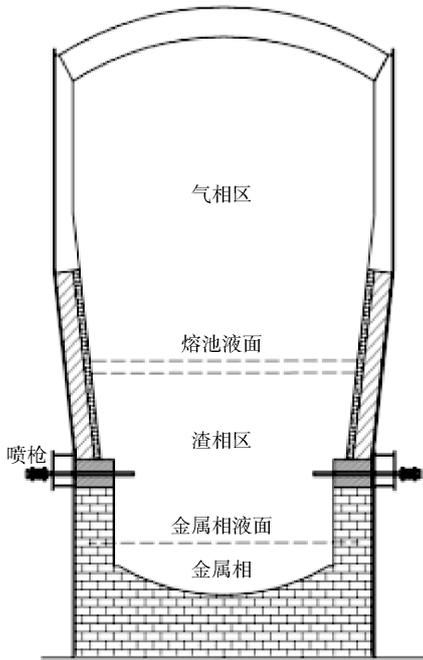


图4 SSC炉侧墙截面

Fig. 4 Cross-section of SSC furnace side wall

3.1.2 渣相区

金属相之上的熔体为渣相区。放渣结束时,进入下一个熔炼周期前,渣液面降至渣口高度,这时的渣相为底渣层。底渣层液面高于喷枪位置,因此侧吹喷枪始终为渣相提供热源和搅拌动力。入炉物料在渣相区快速完成反应,铅液滴长大后沉淀至金属相,渣相液面也随产渣量增多而抬升。同时渣相区的覆盖保护,减少了铅及其化合物挥发进入烟尘的情况。

3.1.3 气相区

熔池液面上部的炉膛空间为气相区。熔池区产生的CO在气相区二次燃烧,CO燃烧的热量通过辐射传热方式作用于熔池。为降低熔池区喷溅对炉顶的影响,并确保烟气中CO能充分燃烧,熔池上方设有较高的炉膛气相区。

3.2 SSC炉炉体结构

SSC炉是一种强化熔炼设备,冶炼过程中,温度高达 $1\ 100\sim 1\ 550\text{ }^{\circ}\text{C}$,还伴有一定的冲刷侵蚀,一般的耐材无法承受。因此,熔炼装备是否安全可靠,成为能否采用高富氧浓度、高投料量和高温度操作的关键,对高冶炼强度的现代冶炼炉至关重要。

处理铅膏的SSC炉(图5),采用安全可靠的设计。炉体熔池区侧墙采用铜水套衬砖结构,镶嵌的

耐火砖有效隔离保护铜水套,避免被铅液侵蚀甚至爆炸的可能性,同时减少铜水套带走的热量、降低熔炼能耗,而且铜水套冷却耐火砖延长其耐材寿命^[10]。实际生产中,在炉子运行一段时间后,炉墙结构达到侵蚀与挂渣的平衡状态,砖厚保持100 mm左右不再变化。

此外,处理铅膏的SSC炉具有其他的结构及功能:①1个或多个加料口,根据炉床面积大小设置,以便分散加料,避免熔池落料过于集中、局部化料困难;②炉顶设探料口,用于探测炉内熔体状况及取样;③烟气出口,具有较大的出口截面,以降低出炉烟气流速和烟尘率,烟气流速一般取 $4\sim 8\text{ m/s}$;④二次风口,用来供空气或氧气,以燃烧出炉前烟气中的CO;⑤观察孔,便于直观观测炉内状况;⑥人孔,便于炉内砌筑及检修时人员的进出;⑦侧吹枪位,提供安装侧吹喷枪的位置;⑧上、下渣口,正常放渣使用上渣口留较多底渣为熔池蓄热,喷枪在线更换时使用下渣口以便使喷枪露出熔池;⑨虹吸出铅口,消解炉体直接放铅承压太大的问题,实现平稳放铅;⑩底铅口,停炉前清空炉内铅层;⑪反拱式炉底砖结构,增强炉底稳定性,避免生产中出现浮渣情况;⑫上扩型炉膛,增强了炉墙衬砖的结构稳定性,降低烟气流速从而降低烟尘率,同时提供出炉前CO燃烧空间;⑬炉座条形基础,为炉底自然通风或强制通风冷却创造了条件;⑭炉体钢外壳,避免炉内的可燃气体外逸带来安全隐患;⑮弹性、刚性相结合的炉体支撑结构,保证了炉体的整体稳固性、稳定性和防震性能。



图5 SSC炉外形

Fig. 5 SSC furnace

3.3 SSC炉喷枪

多通道集成的SSC炉侧吹喷枪,可呈同心均布截面向熔池喷入富氧空气和燃料,气流进入温度

1 000 ℃ 以上的炉内立即高效燃烧;压缩气体又使喷出的气流以亚声速搅动熔体,使其发生燃烧反应的同时,与熔体进行高效的强制对流换热,在短暂的时间内完成熔池加热(图 6),富氧空气和燃料消耗量少。另外,喷枪通过调整富氧空气和燃料的供气量、供气比例,还具有为 SSC 炉紧急提温化料、协助调整炉内熔炼气氛的功能。

SSC 炉喷枪的水平布置方式,使炉体两侧的对吹喷枪气流搅拌至炉体中线位置,将熔池的物料搅拌彻底,促使入炉物料迅速完成反应;但也不会造成过吹的情况,可避免恶性喷溅、搅拌过于剧烈造成的炉衬冲刷损耗和不必要的能源浪费。

SSC 炉喷枪的竖向安装高度,使其主要搅动喷枪以上的渣相区域(图 7),而不会扰动喷枪下部的金属沉降区,从而实现在 1 台炉内强化熔炼和沉降分离“动静结合”的双重目标。

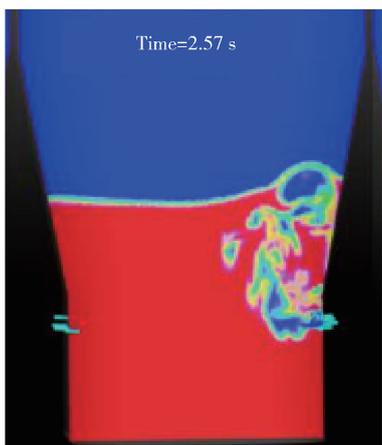


图 6 SSC 炉侧吹气流逸出熔池时间

Fig. 6 Time for SSC furnace side blowing flow to escape from the molten pool

3.4 SSC 炉 DCS 系统

1)全面的炉体安全运行监控。在炉底、铜水套表面以及炉墙砖内部均匀布置有若干温度测点;铜水套入水管均设有流量计和温度计,上述温度、流量信号均进入 DCS 控制系统。

2)过程控制系统的智能化发展。将冶炼专家系统嵌套入 DCS 系统中,利用实时采集的生产数据作为物料平衡计算、热量平衡计算等生产数据模型的输入及反馈修正的依据,采用先进的在线控制算法,无需人工干预即可在不同的工况条件下自动实时计算,并实现指导生产过程控制(图 8),为 SSC 炉

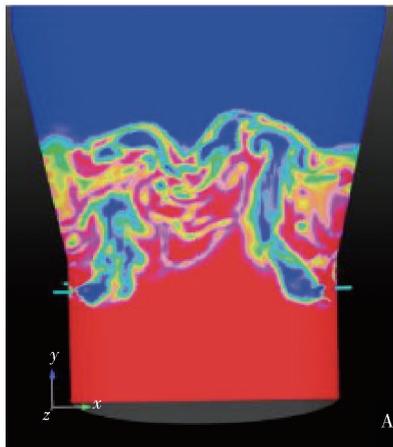


图 7 SSC 炉双侧喷吹模拟

Fig. 7 Simulation of double sided injection of SSC furnace

冶炼生产的稳定连续运行和进一步工艺优化提供重要技术保障,实现 SSC 炉生产工艺的智能化、集约化管控。

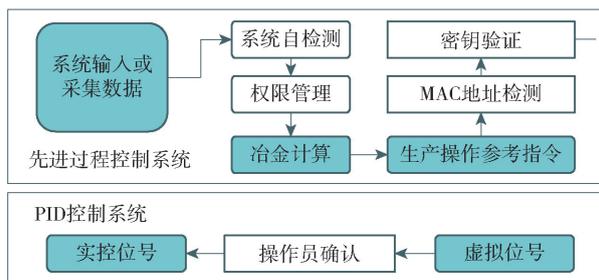


图 8 SSC 炉处理铅膏先进过程控制系统

Fig. 8 Advanced process control system for processing lead paste in SSC furnace

4 SSC 技术处理铅膏的优势

1)采用富氧侧吹浸没燃烧,燃烧效率高;高温气流与熔体的强制对流使换热效率高;水套与熔池间被耐火砖隔离使热损失少。因此,熔炼铅膏的熔池热利用率高、冶炼烟气量小、熔炼强度大、能耗低。

2)采用低熔点的 FeO-CaO-SiO₂ 三元渣型,无铜、铋、金、银、锌等高熔点物质影响,且铅膏本身不含渣成分,仅需为还原煤中的灰分调配渣型。因此,熔炼温度低、渣量少。

3)采用熔池侧吹形式,喷枪气流仅对渣层充分搅动而不扰动沉铅区,铅渣分离效果好,渣含铅低,铅的回收率高。

4)采用富氧产侧吹浸没燃烧,烟气量少,则熔炼烟尘率低、烟气中 SO₂ 浓度高。因此,铅直收率

高、便于制酸及烟气集中脱 S。

5) 采用喷吹富氧空气、燃料(天然气、发生炉煤气、粉煤)搭配入炉粒煤,可以快速有效调节熔池温度、炉内熔炼气氛,避免风口区和炉缸区炉结的生成,严格控制四氧化三铁的生成,杜绝泡沫渣、喷炉等不利炉况的发生,且各反应阶段在同一炉内无缝转接,熔池有充足的底渣层蓄热缓解炉况波动。因此,燃料适应性强、生产平稳性高。

6) 采用铜水套衬砖炉体结构,砖层保护铜水套不被金属铅液侵蚀,且铜水套改善耐火砖高温工作环境;采用全面的炉体安全运行监控系统,及时发现炉体安全隐患;采用上扩形炉体结构,炉体衬砖结构更稳定;采用反拱形式耐火砖砌炉底,避免炉底出现浮砖的情况;采用炉底基座条形风冷通道,有利于炉底表面降温;采用炉膛上部二次燃烧消除出炉烟气中的 CO;采用密闭钢壳,消除熔池区可燃气体外逸的可能性。因此,SSC 炉安全性好、炉子服役期长、作业率高。

7) 采用全线 DCS 控制系统,无捅风眼作业^[11],常规人工操作内容仅有放渣和放铅。因此,劳动强度低、自动化程度高。

8) 针对中小规模再生铅项目,采用单台炉内完成铅膏的分解熔化、还原、放渣过程,则占地小、流程短、配套设施少、无热态铅渣周转污染,且工艺采用微负压操作,无烟气外逸。因此,投资省、环保好。

综上所述,SSC 技术完全适用于铅膏的处理,且由于原料成分相对稳定,探索最佳操作工艺参数后,侧吹炉即进入“傻瓜炉”的生产模式。

5 SSC 技术与瓦纽科夫炉技术对比

从工艺角度讲,瓦纽科夫炉铅膏熔炼技术具有熔炼强度大、效率高、对物料适应性强、自动化水平高等优点。与 SSC 技术处理铅膏相比,其有以下几点不同。

1) 炉体侧部风嘴仅鼓入富氧空气,其熔池补热困难,易造成泡沫渣,甚至出现喷炉等不利炉况。

2) 只喷富氧空气的风嘴无法直接给熔池补热,导致熔体在炉内风嘴上部形成炉结和隔层,如不及时更换风嘴消除炉结瘤,还原得到的液态铅将在隔层上积存,铅液与铜水套直接接触,铜水套被侵蚀烧穿而出现“跑渣、跑铅”现象。因此,每隔 3~8 h 须更换风口和封堵风口工作,操作人员劳动量较大。

3) 为了强化炉膛上部加入的块煤、焦炭与物料的反应,熔池搅拌强度过大,造成烟尘率极高,达 20%~30%,直收率低,操作成本高。

4) 炉体采用铜水套拼装方式,水套之间存在缝隙,炉体在生产时缝隙处容易泄漏一氧化碳等燃气导致频繁冒火,对生产的安全运行造成重大威胁。

综上所述,该炉型用于处理液态高铅渣时较方便、投资较低,安全性相对偏弱,需要生产厂家精细化操作,严格管理。

6 SSC 技术处理铅膏的主要技术经济指标

目前 SSC 技术处理铅膏工艺日臻完善,各项技术参数指标均达到了行业领先水平,具体指标见表 5。

表 5 SSC 技术处理铅膏的主要技术经济指标
Table 5 Main technical and economic indicators of SSC technology for treating lead paste

| 具体指标 | 数值 | 备注 |
|--------------------------|-------|---------------|
| 年有效作业天数/d | ≥310 | 现最高年作业率 95.4% |
| 铅回收率/% | >98.5 | |
| 弃渣含 Pb 量/% | 1.8 | |
| 富氧浓度/% | 50~80 | |
| 烟尘率/% | 8~12 | |
| 天然气/Nm ³ | <50 | 1 t 铅膏 |
| 料煤/kg | ~100 | 1 t 铅膏 |
| 吨铅膏产生烟气量/Nm ³ | <800 | |
| 吨铅综合能耗/kgce | <150 | |
| 喷枪寿命/a | >0.5 | |
| 炉子整体大修周期/a | >2 | |

7 结语

SSC 工艺已经发展为先进成熟的强化熔池熔炼技术,且处理铅膏在国内已有多年的成熟运行经验,应用成熟可靠,具有熔池热利用率高、冶炼废气量小、熔炼强度大、能耗低、熔炼温度低、渣量小、渣含铅低、铅含渣低、铅的回收率高、铅直收率高、便于制酸及集中脱 S、燃料适应性强、生产平稳性高、安全性好、炉寿长、作业率高、劳动强度低、自动化程度高、投资省、环保好的优点,已成为引领再生铅技术

发展方向的主要支撑技术之一。

SSC 技术可灵活组建反应模型:反应物料可从炉体或喷枪进入炉内;SSC 喷枪流体可提供反应物、作粉料反应物载体、为炉内物料反应提供搅拌动力;反应温度区间可控制在 1 600 ℃ 以内连续稳定工作,冲破传统火法冶炼 1 200 ℃ 上限对渣型的制约;反应物相可以是气相、渣相、金属或钎相;反应气氛可以是氧化氛围、弱氧化氛围、弱还原氛围、强还原氛围,并在一定区间进行灵活切换。因此 SSC 技术在火法冶炼领域具有巨大的潜力和广阔的应用前景。

[参考文献]

- [1] 徐磊. 富氧侧吹炉废铅蓄电池综合回收工艺设计[J]. 绿色矿冶,2023,39(6):33-38.
- [2] 曲俊月. 关于废旧铅酸蓄电池综合回收利用浅析[J]. 有色矿冶,2019,35(2):52-55.
- [3] 卫昱帆,卢雨繁,韩宏磊. 双侧吹工艺处理含铅混合物料

的生产实践[J]. 绿色矿冶,2023,39(5):23-27.

- [4] 张俊丰,陈彪,黄妍,等. 废铅酸蓄电池资源回收行业技术与发展[J]. 中国有色冶金,2023,52(1):2-15.
- [5] 杨翠婷,陈彪,张俊丰,等. 废铅酸蓄电池铅膏中物理性杂质的精细分离[J]. 中国有色冶金,2023,52(1):16-23.
- [6] 黄妍,邹伟钊,麻洋,等. 基于“储反分离”的废铅酸蓄电池铅膏碳酸氢铵脱硫新方法研究[J]. 中国有色冶金,2023,52(1):24-31.
- [7] 陈学刚. 侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术的现状与持续发展[J]. 中国有色冶金,2017,46(1):5-10,29.
- [8] 詹光,黄草明. 废铅酸蓄电池铅膏回收利用技术的现状与发展[J]. 有色矿冶,2016,32(1):48-52.
- [9] 彭容秋. 铅冶金[M]. 长沙:中南大学出版社,2004.
- [10] 冯双杰. 侧吹熔融还原炉的设计及应用[J]. 中国有色冶金,2015,44(3):19-21.
- [11] 陆志方,成全明,王忠实,等. 液态铅渣侧吹炉直接还原技术开发[Z]. 北京:TF812TF803.26,2011.

Research on side-submerged combustion smelting process and equipment for waste lead acid batteries

ZHANG Ge

(China ENFI Engineering Corporation, Beijing 100038, China)

Abstract: Under the dual pressure of supply and demand for lead, current recycled lead enterprises urgently need advanced and mature technology and equipment. The oxygen-enriched side-blown melt-pool smelting process for treating lead paste has been adopted by most newly built recycled lead plants in China. Among them, the side-submerged combustion smelting technology has been successfully applied in the smelting of metals such as zinc, lead, antimony, copper, and solid waste disposal. Through comprehensive research and analysis of the chemical reaction, operation system, furnace partition, furnace structure, spray gun and DCS system of the side-submerged combustion smelting process for treating lead paste, it is pointed out that the technology and equipment have the advantages of high melting strength, low energy consumption, safety and reliability, and good environmental protection effect after comparing with Vanukov Furnace technology. Its application prospect is optimistic, and it plays a positive role in promoting the improvement of China's regenerated lead smelting technology level.

Keywords: side-submerged combustion; strengthened smelting process; copper water jacket lined with bricks; multi-channel integrated spray gun; intelligent control; waste lead acid batteries; lead based solid waste

