

金川铜合成炉生产实践

陆金忠¹, 岳占斌²

(1. 金川镍钴研究设计院, 金昌 737100; 2. 金川集团有限公司冶炼厂, 金昌 737100)

摘要:金川铜合成炉是世界上首次用于炼铜工艺的合成熔炼炉,投产后经过近两年的运行,随着控制技术的逐渐成熟和运行工艺参数的优化调节,暴露出来的问题得到逐步解决,铜合成炉的各项技术经济指标趋于稳定,实现了较高负荷连续稳定运行。

关键词:铜合成炉;生产;实践

中图分类号:TF811;X703 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7545(2009)02-0002-03

The Plant Practice of Jinchuan Copper Synthesized Flash Smelting Furnace

LU Jin-zhong¹, YUE Zhan-bin²

(1. Jinchuan Nickel and Cobalt Research and Design Institute, Jinchang 737100, China;

2. Smelter of Jinchuan Group Ltd., Jinchang 737100, China)

Abstract: Jinchuan Copper Synthesized Flash Smelting Furnace (CSFSF) is the first synthesized smelting furnace compiled in copper smelting process in the world, after its having been putted into production followed by two years running, the problems revealed during the past two years from preproduction have been gradually solved, the respective technical and economic indexes of CSFSF trend to stabilization and realizing the higher capacity steadily running of CSFSF.

Key words: Copper Synthesized Flash Smelting Furnace (CSFSF); Production; Practice

由金川集团有限公司和中国有色工程设计研究院联合开发的、具有自主知识产权的金川铜合成炉于2005年8月8日点火烤炉,9月12日投料,经过了投产、试生产调试和达产达标3个阶段,已经具备了高负荷连续稳定生产的条件。截至2007年6月,系统累计处理了铜精矿87万t,生产优质阳极板37万t。

1 铜合成熔炼炉简介

铜合成炉是我公司依靠自身技术力量,将镍冶炼技术开发应用于铜冶炼工艺,该炉型是将闪速炉与电炉熔炼技术融合为一体,在富氧熔炼技术发展的今天,该技术是唯一的直接生产弃渣的熔炼工艺,是目前世界上第一座用于炼铜的合成熔炼炉,具有

劳动定员少、控制简单、能耗低、回收率高、环保效果好的优势。

铜合成熔炼炉由反应塔、上升烟道、沉淀池和贫化区组成,设计反应塔尺寸6m×7m、渣线32.4m×7.05m,是目前世界上首座用于炼铜的合成炉。在具体结构设计上:沉淀池和贫化区炉体采用了一体化设计,整体采用“弹性捆绑式”骨架结构;反应塔和上升烟道采用悬挂式结构,与炉顶采用“齿形”水套连接,形成各自独立的受力体系,炉体上所有冷却水套炉体上所有冷却水套均采用了三段密封技术。炉型结构见图1。

2 铜合成炉生产回顾

2.1 投产后出现的问题

作者简介:陆金忠(1969-),男,甘肃省永昌县人,教授级高工。

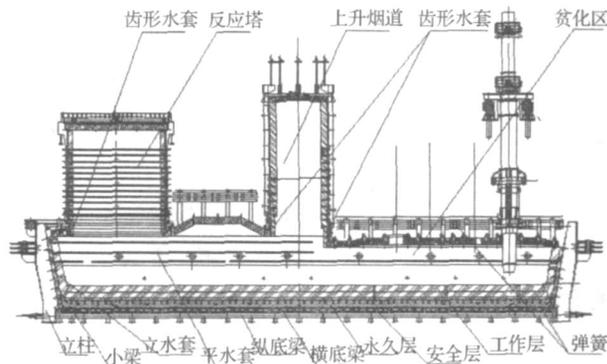


图1 铜合成熔炼炉示意图

Fig 1 Sketch map of CSFSF

铜合成炉系统自投产后,出现了一些问题,造成合成炉的炉膛负压不能提高,炉膛过剩热量不能及时排出等,严重制约着系统的安全、高效运行,主要表现在:(1)余热锅炉进入对流区的烟气温度高、烟尘发红,引起烟尘粘结、输送不畅;(2)受余热锅炉振动的制约,炉膛负压不能提高,炉膛过剩热量不能及时排出,造成炉内温度高;(3)烟尘含硫很不稳定,返回反应塔后,使精矿的氧化熔炼过程控制较为困难,冰铜品位、渣含铜指标波动大;(4)炉壁挂渣困难,耐火材料侵蚀速度快。

2.2 铜合成炉试生产工艺调试

2.2.1 问题研究分析

通过技术分析认为:合成炉排烟收尘系统的黏结是由于合成炉烟灰中的铜、铅、锌等金属氧化物在高温下形成的,需要进行工艺参数调试解决以下问题:(1)合理补充过量的氧和减少还原剂量,解决燃料和还原剂产生CO在排烟系统燃烧消耗氧和烟尘硫酸盐化氧不足的矛盾;同时可以解决炉壁挂渣困难的问题;(2)调整排烟系统气流速度,以解决余热炉与电收尘烟尘分配不合理的问题;(3)查清余热锅炉振动原因,解决炉膛负压低而不能满足合成炉生产的问题。

2.2.2 技术措施

(1)控制反应塔和贫化区总还原剂量,沉淀池和贫化区鼓入空气来补充CO燃烧和烟尘硫酸盐化需要的氧气;

(2)提高反应塔鼓风量,使出炉烟气量达到55 000 m³/h以上来提高烟气流速,使烟尘在余热炉与电收尘的分配接近设计要求;

(3)提高反应塔精矿喷嘴的风速,强化风和料的混合效果,改善反应塔内的反应状况,悬浮在烟气中未完全参与反应的烟尘在后段二次反应的状况很大

程度上得以减弱。

2.3 达产达标

铜合成熔炼炉设计精矿处理量为106 t/h精矿处理量,2006年8月份,组织了铜合成熔炼系统的达产达标调试工作。按照设计处理能力组织生产,炉子处于自热状态,通过调整反应塔鼓风量来控制冶炼温度,鼓风量为34 500~39 000 m³/h,产出冰铜品位56%~58%,炉渣含铜0.6%~0.8%,平均0.74%,烟尘成份稳定。

3 铜合成熔炼炉的生产实践

铜合成熔炼炉投产以来,经过了投产、试生产和达产达标阶段,在对出现的问题进行总结和分析的基础上,形成了一套比较成熟的铜合成熔炼炉工艺控制技术。

3.1 反应塔控制技术

(1)反应塔理论燃烧温度和炉子热平衡

首先确定塔下冰铜放出温度1 200~1 220,沉淀池炉底冻结层200~300 mm,根据大量的试生产数据统计整理,进行物料平衡和热平衡验算,来确定反应塔理论燃烧温度,计算温度为1 450~1 480,以此作为反应塔热平衡计算的依据。通过调节反应塔鼓风量、燃油量和贫化区电极用电来控制温度和炉内总热平衡。

(2)精矿喷嘴调节

铜合成炉熔炼部分核心技术是反应塔的精矿喷嘴,精矿喷嘴是将精矿、富氧空气进行充分混合并合理分布的一种设施。铜合成熔炼炉精矿喷嘴是依据涡混动力学原理进行模拟计算设计的。利用了精矿喷嘴产生的漩涡状气流的动能,与同时喷入的物料进行混合,在此过程中将气流的动能消耗,精矿喷嘴的气流速度为无级手动调节。反应塔鼓风量的下限是产出的烟气速度足以克服热烟气上浮的力。

实践表明:控制反应塔内气流速度大于2.5 m/s(鼓风量为28 000 m³/h)以克服热烟气产生的悬浮力,保证反应塔内烟气排出;精矿喷嘴风速90~100 m/s,通过微调气流速度来控制反应塔内温度分布、物料着火点高度及喷嘴的结渣状况。适当提高风速可以提高物料在反应塔内的着火点位置、使反应塔高温区域上移并减少喷嘴结渣状况;控制适当的风速可以形成少量的结渣保护炉衬同时保证反应塔内物料得到充分的反应。

3.2 贫化区控制

反应塔和贫化区之间有节奏的协调控制是合成

炉工艺控制重要环节。反应塔温度的变化、冰铜品位的变化以及炉渣硅酸度的控制,直接影响到贫化区的电气制度和配加料控制。适时合理的从贫化区补充热能、石英石和还原剂,是控制炉渣渣型、保证合成炉渣含铜的重要手段,也能够增强合成炉对炉况、原料的适应性。

3.3 烟尘硫酸盐化控制

铜合成熔炼炉产出 1 250 的高温烟气带走的高温烟尘,在排烟系统需经过 650 ~ 720 硫酸盐化过程的转变,氧化铜的比热容只有 204.8 kJ/mol,而硫酸铜的比热容为 422.2 kJ/mol^[1],在同样烟气条件下,氧化铜为熔融状,易在锅炉管束上黏结;而硫酸铜为粉末状,不会在锅炉管束上黏结。

(1) 依据硫酸化焙烧的原理,温度应控制在 650 ~ 720^[2],投产初期由于余热锅炉换热能力存在问题,烟气温度的在 730 ~ 780,烟尘在排烟系统黏结严重,多次造成停产;2006年10月,余热锅炉辐射区增加了两组管屏,烟气温度的才控制在 700 以下,烟尘性质得以稳定。

(2) 铜合成熔炼炉产出烟气 SO₂ 在 20% 以上,根据热力学计算出 P_{O₂} = 0.01 Pa,就能使铜烟尘硫酸盐化正常进行^[3];根据烟尘产出量,控制从贫化区鼓入的空气量就能使烟尘硫酸盐化进行完全。实践中控制贫化区空气量吨矿投料量为 100 m³,使烟尘含 S 在稳定在 9% ~ 11%,能够有效的保证合成炉烟尘的硫酸盐化率 80% 以上,避免了由于余热锅炉内出现二次反应造成烟尘的黏结。

3.4 合成炉渣含铜的控制

研究表明铜在渣中的损失主要由三种途径:一是 Cu₂S 在炉渣中溶解损失,二是渣中 Fe₃O₄ 升高引起 Cu₂O 在炉渣中化学损失,三是机械夹带损失^[4]。目前铜合成熔炼炉在设计能力运行条件下,弃渣含铜已经达到了设计 0.7% 的指标,已经形成了从反应塔、沉淀池到贫化区的炉渣控制技术,建立了过程控制指标体系,能够稳定的控制合成炉渣含铜。

3.4.1 与炉渣 Fe/ SiO₂ 的关系

Cu₂S 在炉渣中溶解损失与炉渣的 Fe/ SiO₂ 有关,Fe/ SiO₂ 降低,利于减少 Fe₃O₄ 的生成,还可提高冰铜和炉渣之间的界面张力,利于炉渣沉降,虽然过量的 SiO₂ 又使渣量增大和炉渣排放温度升高,但就硫微粒的聚集来看,却是非常有利的;所以,选择控制合理的炉渣 Fe/ SiO₂,要综合考虑回收率、炉体安全和节约能耗等因素^[4]。

金川铜合成熔炼炉 Fe/ SiO₂ 的工艺调试和生产实践表明,在反应塔加入足量 SiO₂,能够满足 Fe/ SiO₂ 的控制;由于该炉型设计有贫化区,可以通过贫化区补充适量的 SiO₂ 对渣型微调,对降低炉渣含铜更有利。

3.4.2 与冰铜品位、还原剂加入量的关系

冰铜品位降低,FeO 活度降低,炉渣中 Fe₃O₄ 的含量也相应降低。但是现代闪速熔炼技术向强氧化熔炼、高品位和高处理量的方向发展,控制较高的冰铜品位以减少中间产物,可以弥补火法精炼设备能力不足,提高闪速炉产量,所以不能采取降低冰铜品位的方式来降低炉渣含铜。

铜合成熔炼炉反应塔和贫化区加入块煤作为还原剂就是为了解决这一矛盾,经理论计算,加入渣量 0.6% 的块煤就可以完全破坏炉渣中 Fe₃O₄。

(1) 块煤在反应塔加入

由于铜精矿在反应塔内,若氧气足量时可以产出白冰铜甚至是粗铜,在该气氛下,反应塔加入的块煤主要生成 CO;所以,在反应塔若加入过量的块煤产生大量的 CO,会破坏炉壁已经形成的挂渣,而且在沉淀池和排烟系统二次燃烧引起烟气温度的急剧升高。

(2) 块煤在贫化区加入

由于贫化区鼓入硫酸盐化空气,块煤还原产生的 CO 在贫化区内二次燃烧,贫化区炉膛温度 900,燃烧不会对炉体造成危害。

3.4.3 温度的影响

温度对渣含铜的影响总体上来说,温度过高溶解损失增大;温度过低,炉渣黏度增大,不利于有价金属液滴的沉降;合理的炉渣温度范围是 1 260 ~ 1 280。

3.5 主要技术经济指标

铜合成炉熔炼系统主要指标见表 1。

4 结论

金川铜合成熔炼炉投产后经历了试生产、调试和达产达标,出现了不少问题,在生产过程中逐步得到解决,形成了其特有的控制技术,也充分证明了采用该工艺炼铜尤其先进性、合理性和独特性。提高了我国铜的火法冶炼工艺技术和装备水平,相信也会拓宽国内有色冶金工作者思路,在冶炼技术上有更大更多的创新,来推动我国的有色冶炼事业。

(下转第 10 页)

能力,但从目前的运行情况看,装入量提高、送风氧浓提高后的35万t操作反应塔可能会出现一定程度的过热,需要进行配料、烟尘处理、氧浓控制、冰铜品位等优化。沉淀池的热流量加大,渣线区的腐蚀可能加剧,顶部H形梁的冷却强度不足、放铜口放铜频度提高后转体寿命缩短等问题,都可能成为生产的“瓶颈”。熔炼强度提高后,对工艺控制的要求更高,控制不当对上升烟道、锅炉、电收尘、电炉等作业的影响更大,因此操作、维护水平亟待提高。

(2) 电炉渣含铜

电炉渣含铜与熔体在熔池中的停留时间有一定的关系,因此多数冶炼厂在扩产时都相应扩大了电炉的容积。然而金隆35万t扩产没有扩大电炉容积,这对操作、管理提出了更高的要求。

(3) 转炉炉寿命

由于日吹炼炉数提高,为维持转炉的周转,炉寿

命必须提高至250炉左右(29天修炉时间)。目前的炉寿命仅达到200炉,而且还存在突发性的炉衬故障。要达到250炉的炉寿命,完全避免突发性的炉衬故障目前还存在一定的困难。

(4) 阳极铜的杂质控制

随着铜精矿供应的日趋紧张,处理杂质较高的铜精矿是必然的趋势;转炉每年将处理5万t外购杂铜,而处理高杂质的杂铜也是必然的趋势,因此,为了保证电铜质量的稳定,需要在工艺、操作上进行改善,将阳极铜杂质控制在要求的范围内,这将是一个较难的课题。

参考文献

[1]周俊. 铜闪速熔炼贫化电炉渣含铜的线性回归分析[J]. 矿冶,2003(2):58-62.

(上接第4页)

表1 铜合成炉熔炼系统主要指标

Table 1 Main indexes of CSFSF

序号	指标	设计值	实际值	备注
1	精矿处理量/(t·d ⁻¹)	2 416	1 965	吊车、转炉能力限制
2	入炉精矿品位/%	25	27.32	
3	合成炉投料量/(t·h ⁻¹)	106	80~105	
4	弃渣含铜/%	0.7	0.7	
5	作业率/%	86	90	作业时间/日历时间

参考文献

[1]北京有色冶金设计研究总院. 重有色金属冶炼设计手册

(冶炼烟气收尘、通用工程、常用数据卷)[M]. 北京:冶金工业出版社,1996:716-717.

[2]彭容秋. 重金属冶金学[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1991:160-163.

[3]傅崇说. 有色冶金原理[M]. 北京:冶金工业出版社,1984:108-116.

[4]朱祖泽,马克毅. 铜冶金学[M]. 昆明:云南科技出版社,1995:26-27.