

变压吸附制氧在密闭鼓风炉富氧熔炼中的应用

许国洪 赵家锦

(杭州富春江冶炼有限公司 富阳 311407)

摘要:简述了富冶二期技改中,选用的VPSA-O₂设备的性能及在密闭鼓风炉铜冶炼中的应用实践,认为VPSA制氧装置是铜冶炼行业富氧熔炼供氧设备的理想选择。

关键词:密闭鼓风炉;炼铜;富氧熔炼;变压吸附制氧

1 概述

富氧熔炼是密闭鼓风炉炼铜的发展趋势,它不但能强化单位设备生产能力,更重要的是能节能降耗,提高烟气中SO₂浓度,有利于SO₂回收制酸,并使尾气达标排放。为此,富冶在1992~1995年的一期易地技改中采用了当时成熟的深冷制氧工艺,在氧浓度(22~24)%的情况下,达到了较好的技术指标:焦率从(8.8~9.8)%下降到(7.0~8.0)%,混合烟气中SO₂浓度从(3.8~4.0)%提高到(4.0~5.2)%,冰铜日产量从60~65t提高到70~75t。但是由于该制氧机能力小(300Nm³/h),电耗大,产氧成本高,富氧熔炼强化生产后所产生的效益不足以抵消因制氧所引起的成本上升,每吨粗铜的加工成本反而增加125.8元,不得不于1995年初改回到空气熔炼。

为了提升企业技术水平,降低生产成本,改善企业的环保状况,增强企业市场竞争力,实现可持续发展战略,富冶于1999年底确定二期技改采用“变压吸附分子筛制氧、富氧熔炼、两转两吸制酸工艺”,主工艺为:2600Nm³/h变压吸附制氧—8.4m²密闭鼓风炉—10m²连吹炉—两转两吸制酸。项目总投资4000万元,于2000年4月破土动工,7月15日老系统停车进入全面施工,11月15日投料试产并一次成功。该工艺不但重现了一期技改富氧熔炼时的良好技术效果,而且经济效益明显。

2 变压吸附制氧

2.1 VPSA制氧特点

变压吸附制氧的基本原理是利用合成吸附材料(分子筛)对氧、氮等吸附能力的差异以及吸附能力随压力变化而变化的特性,实现空气中氧和氮的分离。变压吸附制氧最早采用的是多塔流程(三塔或四塔),随着技术的发展,目前一般采用双塔流程,通过两塔吸附与解吸的交替持续地产出氧气。

与低温法相比,变压吸附装置有以下特点:

1)占地面积小,安装方便,4000m³/h以下的VPSA制氧装置总投资比低温法装置低(20~30)%;

2)操作简单,可以实现自动控制,并且维修保养工作量少;

3)开停车方便,一般开车30min后即可送氧,需临时停车时只通过简单调节就能进行自动无负荷运转;

4)在4000m³/h规模以下的制氧装置中,VPSA-O₂装置的电单耗更低,运行成本更低;

5)变压吸附制氧不能分离氩气,产品氧气的纯度低,不能同时生产多种气体产品。

2.2 2600m³/h VPSA-O₂工艺流程

根据冶金计算,富冶密闭鼓风炉需要鼓风量16000Nm³/h,富氧浓度设定为30%,需纯氧2000Nm³/h。经四川天一科技股份有限公司优化设计,确定装置规模为2600Nm³/h,氧纯度80%。

密闭鼓风炉的用气量有周期性,需氧量在50%~100%之间。设计配置了由三组各二塔组成的制氧系统,其工艺流程简图见图1。原料空气过滤后由罗茨鼓风机升压,再经冷却器冷却后从底部进入一处于吸附步骤的吸附塔,空气中的N₂、CO₂、H₂O

等杂质被吸附,未吸附的氧气穿过床层进入产品氧气缓冲罐,同时另一吸附塔进行再生。每组两只吸附塔循环交替进行吸附与再生,连续稳定地输出产品氧气。

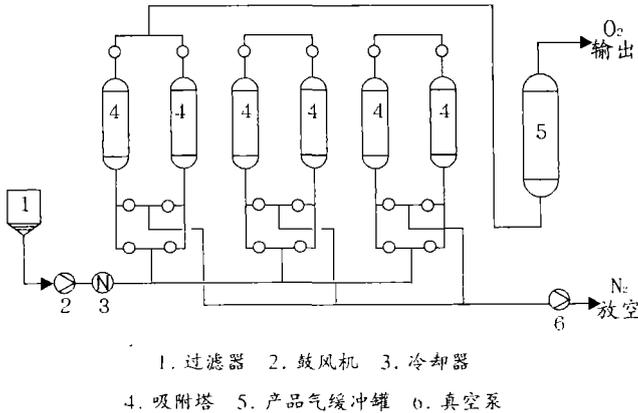


图1 制氧系统工艺流程简图

2.3 主要技术指标(见表1)

表1 2600Nm³/hVPSA-O₂ 主要技术指标

原料空气	处理气量/(Nm ³ ·h ⁻¹)	15 238
	湿度/%	≤95
	风机出口压力/MPa	0.04
氧气	流量/(Nm ³ /h ⁻¹)	2600
	氧浓度/%	80
	输出压力/MPa	0.02
	循环水量/(t·h ⁻¹)	115
	电单耗/(kW·h·Nm ⁻³ O ₂)	0.48
	吸附压力/MPa	0.04
	解吸压力/MPa	-0.07

注:表内压力均指表压

2.4 主要设备和材料

主要设备规格型号见表2。VPSA-O₂ 装置吸附剂为四川天一科技股份有限公司变压吸附分离工程研究所研制的CNA-198制氧专用分子筛。

该装置分别设置在室内和室外两区,室内配置鼓风机、真空泵及控制室,室外配置吸附器及工艺管线,总占地面积约400m²,装置总投资910万元,于2000年4月底开始现场施工,6月上旬基本完成安装工程。为与主工艺改造一致,于10月下旬才进行吸附剂装填和试车,经设计单位现场细调,于11月18日正式用于富氧熔炼。

3 运行状况和富氧熔炼效果

3.1 制氧系统

3.1.1 系列并联运行

表2 主要设备和材料一览表

名称	台件数	型号和规格	备注
鼓风机	1	RG-445 350m ³ /min 39.2kPa	电机 280kW/6kV
真空泵	3	2BE1 605-1 233m ³ /min 0.016MPa	电机 280kW/6kV
吸附器	6	φ3000mm V=39.7m ³	
冷却器	1	φ1000mm V=220.3m ³	
缓冲罐	1	φ3500mm V=200m ³	
消声器	1	F型	
程控阀	12	φ400mm	
程控阀	6	φ300mm	
程控阀	12	φ200mm	
自控装置	1	C200H	

为适应主工艺不同时期的用氧量,对全开三系列与开二系列两个状况进行了调试,有关数据见表3。从运行情况看,装置达到了设计要求,开二系列比全开时产品气的流量、压力的周期性波动相对较大,但因波动周期在20~30S之间,对冶炼没有任何影响。

表3 系列并联运行数据

	时次	产品流量/(Nm ³ ·h ⁻¹)	氧浓度/%	产品输出压力/MPa	吸附压力/MPa	解吸压力/MPa
全开三系列	1	2608	80.4	0.03	0.039	-0.065
	2	2583	80.1	0.02	0.039	-0.066
	3	2620	80.4	0.02	0.039	-0.065
	4	2603	80.2	0.03	0.39	-0.066
电单耗(4次平均)为0.475kW·h/Nm ³ O ₂ (以100%氧气计)						
开二系列	1	1757	80.7	0.022	0.038	-0.069
	2	1739	80.3	0.022	0.038	-0.068
	3	1744	80.4	0.022	0.038	-0.068
电单耗(3次平均)为0.480kW·h/Nm ³ O ₂ (以100%氧气计)						

注:表内压力均指表压。

3.1.2 运行中暴露的主要问题及处理措施

1)开车初期程控阀球套有一定磨损。更换球套和加强维护后运行良好。

2)由于利用了旧管道作冷却水管,通径小,阻力损失大,水量不够,导致解吸压力低于设计要求,

对装置的产量有一定的负面影响。改进供、回水管路和添加分子筛后,解吸压力和产氧量达到了设计要求。

3)消声器中的纤维曾经堵塞冷却器内管道和真空泵进口滤网。清除堵塞物后运行正常。

4)在开停车过程中,启动真空泵时系统会跳闸,主要原因在于开真空泵时泵内水量太多,负荷过大。调整进水量和掌握开泵时机后,开停车正常。

3.2 密闭鼓风炉富氧熔炼的效果

表4 富氧熔炼与空气熔炼的指标比较

序号	指标	空气熔炼	富氧熔炼
1	氧浓度/%	21	27~28
2	床能力/ $t \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$	45~48	52~56
3	粉料率/%	45~48	50~55
4	冰铜品位/%	32~37	38~45
5	粗铜生产强度/ $t \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$	4.5~5.5	7~9
6	焦率/%	9~10	6.5~7.5
7	鼓风炉烟气 SO_2 浓度/%	3	4~5
8	混合烟气 SO_2 浓度/%	3~5	5~7
9	SO_2 利用率/%	89	94
10	SO_2 转化率/%	94	99
11	硫酸生产强度/ $t \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$	16	21
12	粗铜加工费/ $元 \cdot t^{-1}$	1299	1175
13	硫酸加工费/ $元 \cdot t^{-1}$	166.6	111.0

注:床能力、粗铜和硫酸生产强度均按每平方米鼓风炉面积进行计算。序号9~13的数据为2001年1~11月指标的平均值。

富冶采用的鼓风炉熔炼、连吹炉吹炼是国内中

小型铜冶炼企业广泛采用的工艺。因连吹炉炉龄一般为80天左右,两台炉子需定期轮换检修,故鼓风炉作业需随连吹炉的作业期加以调整。当开一台连吹炉时,制氧装置只需开二系列即能满足生产用氧需求。试生产期间熔炼制酸系统因设备或操作故障停车时,制氧装置可以随时开停车,且停、送氧及时,方便了生产系统的调整。经过一年的运行,效果明显,生产操作条件得到改善,劳动强度降低,产品加工成本下降幅度大,企业经济效益明显。富氧熔炼与改造前空气熔炼的有关指标见表4。

在氧浓度为(27~28)%时,粗铜生产强度和制酸生产能力均提高30%以上,粗铜与硫酸的加工成本都有大幅度的降低。以2001年1~11月生产粗铜16549t、硫酸56737t计,富氧熔炼比空气熔炼加工成本下降了520万元,并由于烟气中 SO_2 浓度大幅提高,使两转两吸制酸工艺得以顺利运行,提高了 SO_2 的转化率和利用率。

4 结语

经过一年多的试生产、生产运行表明,VPSA- O_2 装置投资少,设计合理,运行稳定,开停车简便,停、送氧及时。密闭鼓风炉各项指标均优于空气熔炼,粗铜加工费下降124元/t,下降幅度10%;与两转两吸制酸工艺配套,硫酸加工费下降55.6元/t,下降幅度33%。富冶在密闭鼓风炉富氧熔炼的供氧装置中选用变压吸附制氧工艺是合理的,VPSA- O_2 装置用于铜熔炼密闭鼓风炉所带来的经济效益是十分明显的。

收稿日期:2001-12-28

审稿:吴根土

编辑:吴根土