

铜冶炼多段余热三级叠加高效利用实践

陈全坤

(易门铜业有限公司, 云南 玉溪 651100)

[摘要] 本文以某公司为例, 遵循匹配用能和能量梯级利用原则, 详细介绍了铜冶炼各工序余热回收利用方式, 获得的过热蒸汽进入余热发电系统发电将蒸汽热能转换为电能使用, 为避免因冶炼系统工艺作业变化导致进入汽轮机发电的蒸汽品位变化, 在汽轮机前增设了蓄热装置, 通过以上余热的三级叠加利用发电, 吨蒸汽发电量达到 200 kW·h/t 蒸汽。

[关键词] 余热; 梯级利用; 高效利用

[中图分类号] TF811

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2021)04-0080-05

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.04.018

0 前言

某公司采用的熔炼工艺为复杂难处理铜精矿底吹高效熔炼技术+转炉高品位吹炼技术, 硫酸工艺为高浓度非平衡态预转化预吸收+两转两吸+双氧水尾气吸收的制酸技术。熔炼工序熔化入炉物料所需的热量, 满足维持熔体流动持续熔炼进行的热量, 以及满足后续电收尘处理烟气 320~380℃对应的烟气热量, 以上热量属于熔炼及后续生产系统所需有效热量, 其余热量都可视为余热, 笔者期望通过合理方式将余热回收利用。同样, 吹炼工序及硫酸生产也都存在可回收利用余热。下文以该公司为例, 介绍余热利用情况。

1 生产系统余热产生点统计分析

1.1 各工序余热现状及余热分布情况

通过生产系统工艺流程图分析, 熔炼、吹炼系统余热由熔炼和吹炼化学反应产生, 主要包括炉体散热及 1 000~1 050℃的冶炼烟气余热; 硫酸系统余热主要包括硫酸生产预转化系统、主转化系统的转

化反应放热; 渣选系统(随热态熔炼、吹炼渣带来)余热主要包括冶炼渣缓冷时散去的热量。

熔炼、吹炼系统热量平衡分别如表 1、表 2 所示。

结合全流程测算发现, 能耗的构成中冶炼过程的余热资源占总能耗的 60%, 而这些余热资源中烟气余热占的比例高达 80% 左右; 在制酸转化器中, SO₂生成 SO₃的化学反应为强放热反应, 转化器温度超过 600℃将降低转化效率, 甚至导致设备事故, 经初步统计分析, 预转化处还有 60~100℃的烟气余热, 主转化系统发生转化反应有 50~60℃的烟气余热。

1.2 各工序余热分析及余热利用方式选择

以上冶炼、制酸全流程的余热是可观的, 熔炼、吹炼工序烟气余热量大, 有回收利用价值; 硫酸转化反应余热量大, 有回收利用价值, 但目前的余热利用情况存在以下几个问题: (1) 以上各工序分散, 余热点相对分散, 常规余热利用方式未进行全流程余热的集中利用; (2) 转炉周期性作业, 吹炼过程中蒸汽产生量及蒸汽压力呈不规律性变化, 与连续生产的熔炼炉相比, 产生不同品位的蒸汽。熔炼炉和吹炼炉产生的蒸汽混合后得到品位波动的饱和蒸汽, 不能满足连续稳定利用要求; (3) 制酸系统预转化工序、主转化工序的转化反应放出的余热仍然随着烟气带走, 与熔炼系统的余热的载体蒸汽不是同一载体, 不经过转换, 载体不统一, 余热也不能整合统一利用。

[收稿日期] 2020-10-16

[作者简介] 陈全坤(1990-), 男, 云南曲靖人, 工程师, 在职硕士研究生, 主要从事冶炼生产及技术管理工作, 现任易门铜业有限公司生产技术部副主任。

[引用格式] 陈全坤. 铜冶炼多段余热三级叠加高效利用实践[J]. 有色设备, 2021, 35(4): 80-84.

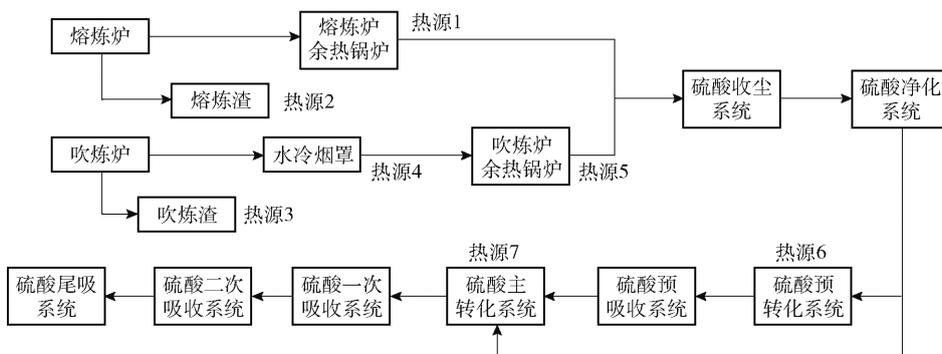


图1 某公司生产系统热源分布图

表1 熔炼系统热量收支平衡表

热收入	MJ/h	%	热支出	MJ/h	%
物料带入热	26.00	0.00	烟气带出热	70 562.00	41.00
燃烧热	16 932.00	10.00	铜铈带出热	15 457.00	9.00
反应热	154 990.00	90.00	渣带出热	72 529.00	42.00
			烟尘带出热	900.00	1.00
			热损失	12 501.00	7.00
合计	171 949.00	100.00	合计	171 949.00	100.00

表2 吹炼系统热量收支平衡表

热收入	MJ/炉	%	热支出	MJ/炉	%
冰铜带入热	88 489.24	32.24	渣带出热	18 302.44	6.67
固态物料带入热	0.07	0.00	粗铜带出热	56 786.19	20.69
底渣带入热	6 697.74	2.44	烟气带出热	145 210.43	52.90
鼓风带入热	1.26	0.00	烟尘带出热	2 380.58	0.87
反应热	179 298.34	65.32	底渣带出热	6 697.74	2.44
			热损失及炉壁蓄热	45 109.27	16.43
合计	274 486.66	100.00	合计	274 486.66	100.00

针对以上情况,该公司遵循匹配用能和能量梯级利用原则对全流程的热源进行挖掘,集合了熔炼余热锅炉、吹炼炉水冷烟罩、吹炼余热锅炉、硫酸预转化段、硫酸主转化段五段余热并进行集中利用。结合行业及公司和周边地区余热利用情况,选择了余热发电方式进行余热利用。

2 多段余热三级叠加高效利用

2.1 冶炼系统余热一级回收

熔炼炉、吹炼炉产生的高温烟气,分别配置1台4.2 MPa的余热锅炉用于烟气降温和热量回收^[1]。

熔炼余热锅炉产生流量21.29 t/h的稳定饱和蒸汽,吹炼余热锅炉因吹炼过程间断性作业,产生流量0~9 t/h的不稳定饱和蒸汽。

吹炼炉由于工艺操作的间歇性,吹炼炉与吹炼余热锅炉间的过渡段采用低压水套结构的水冷烟罩。水冷烟罩与吹炼余热锅炉统一使用纯水(除盐水)^[2]。本部分的水循环流程为纯水站供给的除盐水先进入中间水箱,由中间水箱经循环泵供入吹炼炉水冷烟罩,与烟气进行热交换回收部分烟气余热后回到中间水箱,水温由25℃上升至80.3℃,水温提高了55.3℃。以上是第一级冶炼余热回收。吹

炼炉水冷烟罩结构示意图如图2所示。

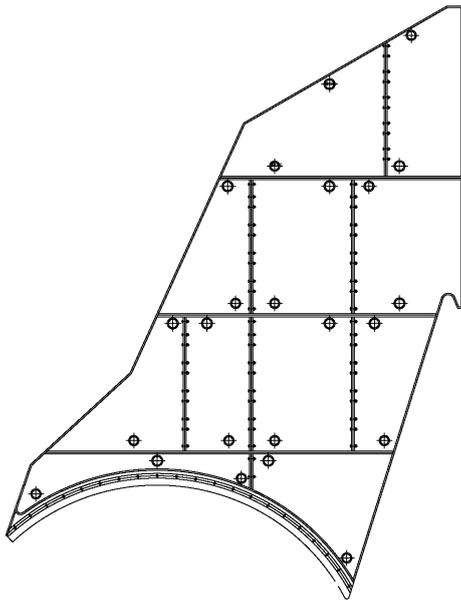


图2 吹炼炉水冷烟罩图

如图2所示,对水冷烟罩水套采用多块水套单独配置水路,这样可避免水套内因为汽化而导致水套供水不足,同时可单独对水套进行检修或更换。

2.2 冶炼系统余热二级回收

通过转炉水冷烟罩初步升温达到 80.3℃ 的除盐水回到中间水箱经加压泵供至熔炼和吹炼余热锅炉的除氧器,由除氧器分别供至各自的余热锅炉循环系统。熔炼炉是稳定连续运行的,熔炼烟气经过熔炼余热锅炉换热降温获得了连续稳定的饱和蒸汽;吹炼炉要经过周期性的加料、放渣,每次加料、放渣均要进行炉体的转入转出,吹炼作业周期性的产

生吹炼烟气,周期性的吹炼烟气经吹炼余热锅炉换热降温获得了周期性变化的饱和蒸汽。

以上两台余热锅炉得到了不同品位的饱和蒸汽。以上一级、二级余热叠加回收的工艺流程如图3所示。

采用以上工艺向余热锅炉除氧器供给 80.3℃ 的除盐水,与传统的从除盐水处理站供给余热锅炉 25℃ 的除盐水相比,尽可能的实现了余热利用,同时供给的加热水减少了余热锅炉对除氧器供应水的蒸汽加热,除氧器热水中氧含量少,降低了除氧器的氧腐蚀。

2.3 硫酸转化余热三级回收

该公司采用的是预转化预吸收+两转两吸的制酸工艺,在预转化预吸收工序处理 13%~19% 的高浓度 SO₂ 烟气,两转两吸系统处理浓度 8%~10% 的 SO₂ 烟气,预转化工序和主转化工序发生 SO₂ 生成 SO₃ 的转化反应放出大量化学反应热,转化器内发生壳程与管程的气气换热^[3],但经初步统计分析,预转化处还有 60~100℃ 的烟气余热;同理,主转化系统发生转化反应有 50~60℃ 的烟气余热可供利用。

此处创新采用“气—汽换热”装置过热器,冶炼系统两台余热锅炉得到的不同品位的饱和蒸汽通过蒸汽管网混合后送入过热器,通过过热器发生烟气与饱和蒸汽的换热反应,饱和蒸汽在移走转化余热的同时进行蒸汽过热得到了过热蒸汽。预转化工序和主转化工序各配置一台过热器发生“气—汽换热”反应,冶炼系统来的蒸汽通过官网分配分别进

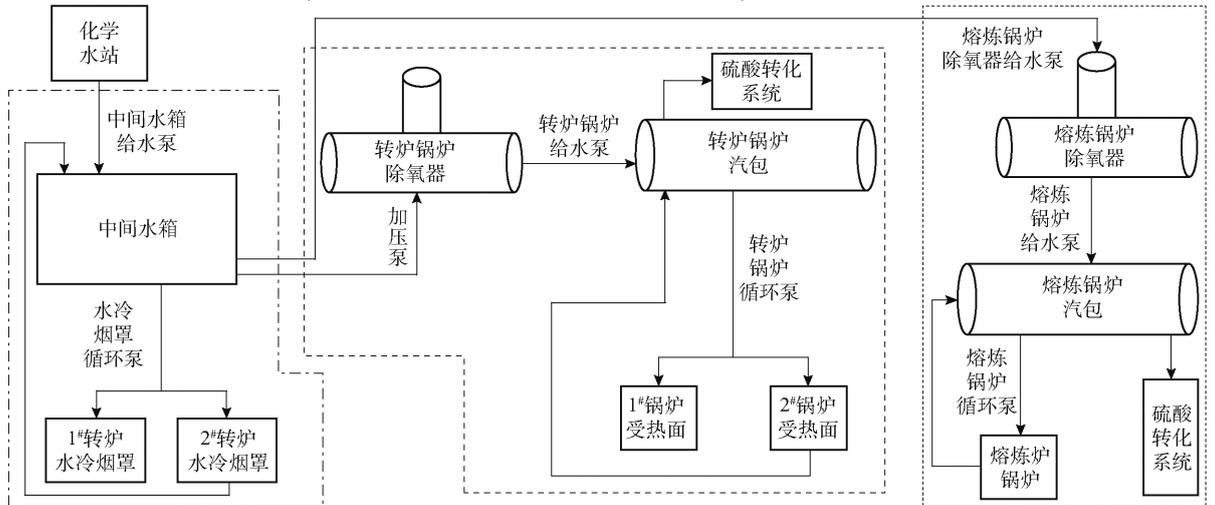


图3 冶炼一级、二级余热叠加工艺流程图

入两台过热器,具体的分配量根据实际操作过程中的转化烟温控制,得到的过热蒸汽再进行混合,在转

化工序完成了第三级余热叠加。三级余热叠加如图4所示。

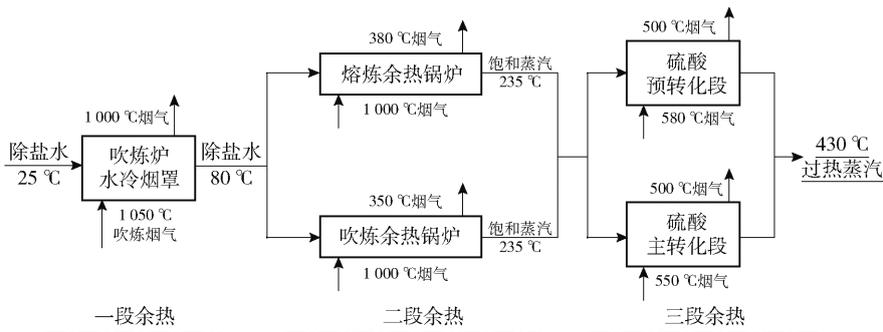


图4 三级余热叠加图示

2.4 过热蒸汽发电技术

吹炼炉余热锅炉蒸汽因为转炉作业的周期性,与熔炼炉余热锅炉蒸汽相比,转炉余热锅炉蒸汽流量和蒸汽压力均是变化的,不连续的,两种余热锅炉产出的蒸汽品位是不同的;同时来自余热锅炉系统的饱和蒸汽经硫酸系统预转化工序和主转化工序过热器后得到的过热蒸汽,实际生产过程中只是一部分饱和蒸汽得到过热成为过热蒸汽,剩下部分的饱和蒸汽则与过热蒸汽混合后一同进入余热发电系统发电^[4-5]。

下面介绍过热蒸汽产生及进入余热发电系统过程是如何进行的,如图5所示。

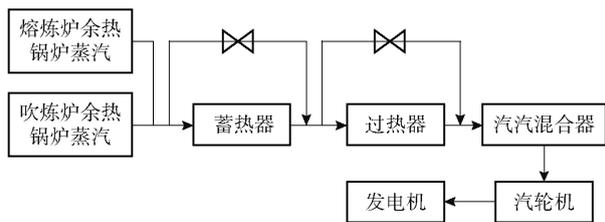


图5 过热蒸汽发电工艺流程图

如图5所示,来自冶炼系统的饱和蒸汽是变化的,具有周期性,当转炉吹炼作业稳定进行,吹炼炉余热锅炉产生连续稳定的蒸汽,与熔炼炉余热锅炉蒸汽则通过蓄热器旁通管路后进入过热系统过热;当吹炼炉余热锅炉蒸汽不稳定时,与熔炼炉余热锅炉蒸汽进入蓄热器稳压后进入过热系统。对于过热器及其旁通管路的蒸汽运行工艺则是:当过热器出口烟气温度偏高时,则调节甚至关闭过热器旁通阀;当过热器出口烟气温度降低时,则控制过热器旁路调节阀开度增大,通过以上调整模式保证制酸高温烟气过热器的出口制酸烟气温

度,得到过热蒸汽。具有一定过热度的过热蒸汽与饱和蒸汽通过汽汽混合器混合后进入汽轮机组及发电系统发电。蒸汽发电后得到的冷凝水返回冶炼系统回用。

通过以上三级余热叠加高效利用技术的运用,将普通蒸汽温度由235℃过热至430℃,提高了82.98%,蒸汽发电量达到200kW·h/t蒸汽以上,而一般饱和蒸汽发电量为145kW·h/t蒸汽,吨蒸汽发电量提高了37.93%,吨蒸汽节能21.45kgce/t,全流程余热利用率由70.3%提高到81.2%,提高了10.9%,实现了全流程余热高效回收利用。

3 结论及展望

(1)该公司余热利用方式体现出过热蒸汽发电的优越性,能满足不同品位、不同周期变化的多台冶炼余热锅炉余热的高效利用,可实现吹炼炉蒸汽并网发电,该公司成为有色冶炼行业采用转化余热过热蒸汽发电的炼铜企业之一。

(2)熔炼系统渣液冷余热及硫酸低温位余热利用目前还没有得到利用,将是下步攻关的重点,以便最大程度利用余热^[6]。

[参考文献]

- [1] 彭丹武.典型有色金属冶炼烟气余热回收利用研究[J].福建建材,2015(10):88-89.
- [2] 葛增才.铜冶炼余热资源开发利用途径的探讨[J].节能技术,1991(1):14-15.
- [3] 安正军.有色金属冶炼过程中烟气余热回收装置经济性分析[J].世界有色金属,2016(13):194-195.
- [4] 李秀福,张芳玮,徐敬.转炉余热锅炉饱和蒸汽发电应用探讨[J].中国战略新兴产业,2018(16):201.
- [5] 白海军,杨源满,张风坡.蒸汽过热装置在过热蒸汽发电

技术中的应用[J]. 节能,2016(5):67-68.

腐措施及利用方式的探讨[J]. 上海节能,2011(1):

[6] 胡深亚,潘卫国,姜未汀,等. 中低温烟气余热利用中防

30-34.

Practice of Efficient Utilization of Multi-stage Waste Heat in Copper Smelting by Three-stage Superposition

CHEN Quan-kun

Abstract: Taking a company as an example, following the principles of matching energy utilization and energy cascade utilization, this paper introduces the recovery and utilization mode of waste heat in each procedure of copper smelting in details. The obtained superheated steam enters the waste heat power generation system to generate electricity, thus the steam heat energy is converted into electric energy. In order to avoid the change of steam grade entering the steam turbine due to the change of process operation in smelting system, a heat storage device is added before the steam turbine. Through the three-stage superposition utilization of the above waste heat, the power generation can reach 200 kW·h/t steam.

Key words: waste heat; cascade utilization; efficient utilization



(上接第 64 页)

Study on Structural Transformation of Power End of Diaphragm Pump

YU Ji-hong

Abstract: Diaphragm pump is a “heart” equipment in the remote slurry transportation system. Especially in the long-distance pipeline transportation system of high abrasion and high concentration of solid-liquid two-phase medium, diaphragm pump is irreplaceable by others. Diaphragm pump is of simple structure, sturdy and durable, easy to operate, and most of the parts are easy to be fabricated; the power end is the part with most technological difficulties of the entire diaphragm pump, including relatively precise parts such as crankshafts, connecting rods, piston cylinders, crossheads, etc. Especially for crankshafts, it requires specific equipment to complete the processing. This paper discusses the structural transformation of the power end to reduce the difficulty of processing key parts, thereby reducing costs and improving efficiency.

Key words: diaphragm pump; power end; crankshaft

