

四环锌锗综合回收厂烟气余热利用现状分析

孟庆雨¹, 冯卫华², 刘升会¹

(1. 四川四环锌锗科技有限公司, 四川 汉源 625399; 2. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 本文介绍了汉源四环锌锗综合回收厂的烟气余热利用,对余热锅炉进行了热力分析,通过余热锅炉产生的蒸汽与全厂蒸汽使用量比较,余热发电和低温热法水处理是该厂烟气余热利用较好的途径。同时,对余热利用的经济和社会环保效益进行了分析。

[关键词] 烟气余热; 余热发电; 低温热法水处理

[中图分类号] TF843; X758

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2022)06-0093-04

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.06.017

0 前言

烟气余热是冶炼企业中常见的能量,合理及充分利用烟气余热,可以提高企业对能源的利用率,减轻降低企业的能耗,减少温室气体的排放量,减小对生态环境的热污染。因此,如何提高烟气余热的利用率,越来越引起企业的重视。

汉源四环锌锗科技有限公司综合回收厂(以下简称“综合回收厂”)有侧吹熔炼炉、侧吹还原炉和烟化炉,三台冶炼炉产生的烟气余热是非常好的余热资源,回收厂将该烟气余热主要用来作为余热锅炉的热源,余热锅炉产生的蒸汽满足全厂蒸汽使用,富裕的蒸汽进行余热发电及供低温热法废水处理站使用,充分利用了烟气余热创造经济和环境效益。

1 综合回收厂烟气余热利用现状

1.1 烟气余热特点

综合回收厂的火法冶炼工艺烟气余热具有温度高、烟尘量大、热负荷不稳定的特点。熔炼炉、还原炉烟气温度均在1000℃以上,烟化炉烟气温度甚至达到1500℃,具有较高的余热回收价值。虽然

热值高,但烟气中含尘量达120~150 g/Nm³,侧吹还原炉还原期烟气含尘量甚至达到370 g/Nm³,远超过一般的工业窑炉,并且烟尘的物化性质极其恶劣,在烟气温度高、含低熔点烟尘量大的情况下,容易粘结、积灰,并磨损和堵塞余热回收设备。同时由于原料来源为各类冶金废渣(料),成分较为复杂,主要工艺生产过程一般不连续或周期性变动,烟气温度、流量、成分变化较大,导致热负荷不稳定。

1.2 余热锅炉热力分析

利用冶炼烟气作为余热锅炉的热源,其正常生产时烟气条件为:侧吹熔化炉为24 h连续作业;侧吹还原炉周期作业,每天熔化期20 h、还原期2 h、放渣期2 h;烟化炉周期作业,每天还原期12 h、排渣期12 h。生产出来的烟气条件如表1所示。

根据烟气条件,侧吹熔化炉烟气露点温度约220℃,侧吹还原炉烟气露点温度约226℃,烟化炉烟气露点温度约147℃。为了避免露点腐蚀,受热面温度需要比露点温度高15℃以上,余热锅炉设计压力为4.0 MPa。综合回收厂采用了2台余热锅炉来利用烟气余热,单台余热锅炉参数如表2所示。

两台余热锅炉均由上升烟道、下降烟道和水平布置的辐射室和对流区组成,采用强制循环,半露天布置。余热锅炉入口通过柔性织物补偿器与冶金炉出口相接,烟气经过受热面后温度降到约360℃排出余热锅炉进入收尘系统。

由化学水处理站来的除盐水先送至锅炉房内的除氧器进行除氧,脱除水中的氧气后贮存在除氧水箱。除氧水由给水泵加压后送入余热锅炉锅筒,在

[收稿日期] 2022-09-22

[作者简介] 孟庆雨(1972—),男,内蒙古赤峰人,大学学历,工程师,主要从事湿法冶炼技术研究和生产工艺管理相关的工作,现任四川四环锌锗科技有限公司副总经理。

[引用格式] 孟庆雨,冯卫华,刘升会. 四环锌锗综合回收厂烟气余热利用现状分析[J]. 有色设备,2022,36(6):93-96.

表 1 冶炼炉的烟气条件表

序号	项目	单位	侧吹熔化炉	侧吹还原炉			烟化炉	
				熔化期	还原期	放渣期	还原期	排渣期
1	烟气量	Nm ³ /h	20 397. 924	8 367. 51	8 439. 421	5 404. 443	48 940. 975	34 954. 377
2	烟气烟温	℃	1 030	1 00	1 340	600		
	N ₂		37. 917	41. 708	63. 676	75. 327	76. 710	77. 018
	O ₂		3. 500	3. 500	3. 000	10. 220	3. 500	8. 889
	H ₂ O		27. 144	26. 791	8. 786	3. 981	4. 894	3. 891
	烟气成分	% (Vol)	27. 004	21. 734	24. 430	10. 420	14. 761	10. 150
	SO ₂		4. 316	6. 130	0. 087	0. 051	0. 122	0. 051
	SO ₃		0. 088	0. 125	0. 002	0. 001	0. 002	0. 001
	其它		0. 031	0. 012	0. 019	—	0. 011	—
3	含尘量	g/Nm ³	126. 028	128. 112	370. 074	0	149. 248	0
4	炉窑数量	台	1		1		1	
5	操作制度	d/a	310		310		310	

表 2 单台余热锅炉参数表

序号	项目	单位	侧吹熔化炉	侧吹还原炉			烟化炉	
				熔化期	还原期	放渣期	还原期	排渣期
1	锅炉蒸发量	t/h	10. 6	4. 0	6. 6	0. 7	40. 5	11. 7
2	工作压力	MPa	4		4		4	
3	工作温度	℃	252		252		252	
4	锅炉台数	台	1		1		1	
5	给水温度	℃	104		104		104	
6	排烟温度	℃	360 ± 30		360 ± 30		360 ± 30	
7	漏风系数	%	10		10		10	
8	水循环方式		强制循环		强制循环		强制循环	

锅筒中与炉水混合后通过下降管进入热水循环泵。循环水经热水循环泵加压后送往余热锅炉的各组受热面。循环水在余热锅炉的各组受热面中吸热后返回锅筒,在锅筒中进行汽水分离,分离出来的水继续循环,4.0 MPa 饱和蒸汽引出锅筒通过管网输送至用热装置。

1.3 全厂用汽需求量分析

综合回收厂需要使用蒸汽的地方有湿法工段浸出及净液车间、电解车间、除氧器等处使用,另外还有部分管网损失。具体蒸汽需求量如表 3 所示。

表 3 全厂蒸汽需求量表

蒸汽用户	蒸汽用量 t/h	压力/ MPa(G)	备注
浸出及净液车间	平均 22 最大 26	0. 3	连续使用 无凝结水返回
电解车间	平均 0. 5 最大 1	0. 3	间断使用 无凝结水返回
除氧器	平均 6. 1 最大 8. 7	0. 3	连续使用 凝结水返回
管网损失	4. 8	—	—

余热锅炉正常运行时总产汽量约为 74.4 t/h, 综合厂蒸汽使用量与官网损失热量总共约为 33.4 t/h, 产汽量大于用汽量, 富余蒸汽若不加以利用而通过消声器放空, 必将造成能源和水资源的浪费以及环境的噪声污染。

1.4 余热发电系统

热锅炉产生的蒸汽量与全厂范围内蒸汽用量相比, 不仅过量且压力过大, 需要考虑余热锅炉蒸汽的综合利用。因此, 综合回收厂新建了一个余热发电站, 不仅将余热锅炉产生的多余的蒸汽使用, 使用蒸汽进行发电并网, 节约全厂用电, 而且能够将蒸汽冷却成冷凝水, 作为余热锅炉的化学水补充水, 节约水资源。余热锅炉生产的 4.0 MPa 饱和蒸汽通过管网送往余热发电站, 驱动汽轮机发电, 蒸汽在汽轮机中做功后, 压力降至 0.6 MPa 左右排出汽轮机还满足全厂其他工艺使用。

余热发电站两台发电机组, 最大进气量 65 t/h, 1 台额定发电量 2 500 kW·h; 1 台发电机组额定发电量为 3 000 kW·h, 在生产正常, 蒸汽充足的情况, 余热发电站每小时发电 5 500 kW·h。

余热发电的同时, 余热电站的冷却循环水同时将饱和蒸汽冷却为软化水, 作为锅炉的补给水。这在水资源紧缺的生产厂区, 余热发电冷却水量对于水回用十分有意义。

1.5 低温热法水处理系统

从余热发电排出的低压蒸汽还可以作为低温多效蒸发器的热源, 进行深度处理污酸处理后液。低温多效蒸发系统采用中国恩菲专利技术低温热法短流程(ENFI-LTE)工艺和成套装置对生产厂区污酸处理后形成的高盐高钙废水 300 m³/d 进行深度浓缩, 产水回用, 浓水冲渣, 实现全厂节水减排, 提高水重复利用率, 降低废水处理成本。

低温热法是一种脱盐技术, 其特点是在最高蒸发温度不超过 85 ℃ 的条件下, 通过将一系列的水平管降膜蒸发器或垂直降膜蒸发器串联起来并被分成若干效, 用一定量的蒸汽输入, 经过多次蒸发和冷凝, 得到多倍于加热蒸汽量的蒸馏水的脱盐技术。限值顶温在 85 ℃ 的优点是可以有效减缓换热器结垢, 降低材质要求以减少投资。效间温差 4 ~ 5 ℃, 30 ℃ 温差可安排 6 ~ 7 效, 大大增加了能源利用效

率。蒸发热源采用低压蒸汽或乏汽等低品位热源, 有效利用废热, 降低设备能耗。

低温热法污水处理装置的热源为余热锅炉产生的低压蒸汽或经过余热发电后的低压蒸汽, 供汽量 60 ~ 72 t/d (2.5 ~ 3.0 t/h), 蒸汽压力 ≥ 0.20 MPa。低温热法污水处理装置作为余热回收利用中的低温余热回收, 很好的作为了余热发电的补充, 能够将余热发电后的抽出的低压蒸汽进一步充分利用, 提高了全厂余热的总体利用率, 并且对污酸处理后液进行深度处理, 同时获得 270 t/d 的制酸冷却循环水, 一举多得。

2 综合回收厂烟气余热回收效益分析

2.1 余热回收经济效益

(1) 余热发电收益

额定发电量为 5 500 kW·h, 计算发电量为 5 000 kW·h。

$5\ 000\ \text{kW}\cdot\text{h} \times 24\ \text{h} \times 330\ \text{d} = 3\ 960\ \text{万}\ \text{kW}\cdot\text{h}$

本地电解以 0.5 元计算, 每年产生经济效益 1 980 万元。

蒸汽凝结水约 40 t/h, 主要作为余热锅炉的补给水, 循环利用, 每年节约用水 31.7 万 t。工业软化水以 10 元计算, 每年产生经济效益 317 万元。

(2) 低温热法污水处理系统经济效益

低压蒸汽冷凝水: $60\ \text{t}/\text{d} \times 330\ \text{d} = 19\ 800\ \text{t}/\text{a}$

低温热法装置产水: $270\ \text{t}/\text{d} \times 330\ \text{d} = 89\ 100\ \text{t}/\text{a}$

工业软化水以 10 元计算, 每年产生经济效益 109 万元。

其他用于浸出车间、电解车间的余热作为工艺生产需要, 不做统计。

余热回收年经济效益约为: $1\ 980 + 317 + 109 = 2\ 406\ \text{万}$

2.2 余热回收社会效益及环境效益分析

通过回收冶炼炉烟气余热, 利用余热锅炉产生的蒸汽进行余热发电, 可等量替代燃煤发电, 减少燃煤发电产生的 CO₂、SO₂、NO_x 对环境的污染。根据区域电力折标系数和排放系数计算, 每年可节约标准煤 1.22 万 t、年减排 CO₂ 3.04 万 t、SO₂ 0.091 万 t、NO_x 0.048 万 t, 具有较好的环境效益。

表 4 余热发电环境效益计算表

环境效益指标	年供应量	计算系数	年减少量
节能减排	3 960 万 kW·h	折标准煤系数:0.308 kgce/kW·h	1.22 万 tce
		CO ₂ 排放系数:0.768 kg/kW·h	3.04 万 t
		SO ₂ 排放系数:0.023 kg/kW·h	0.091 万 t
		NO _x 排放系数:0.012 kg/kW·h	0.048 万 t

3 结论

用余热锅炉对冶炼炉烟尘余热进行余热回收,同时余热锅炉的蒸汽除了满足全厂生产装置、生活设施之外,进行余热发电,是节约能源、节约资源的有效途径。利用烟气余热进行发电,可以在厂区直接并网利用,不仅可缓解电力供应紧张的局面,而且是较低成本电力的补充,减少了对外部供电的依赖性,为企业创造了较好的经济效益和环境效益。

低温热法污水处理站是对余热中低压蒸汽利用的一次大胆尝试,有效解决了污酸处理后液的去路,

产生了大量回用水用于生产,既利用了余热,同时也为全厂减轻了用水压力,此做法值得冶炼厂借鉴。

[参考文献]

- [1] 尹代冬. 稀贵金属综合回收项目冶炼烟气余热利用研究[J]. 湖南有色金属,2021,37(3):52-55.
- [2] 谈河君. 中温余热发电技术在镍铁冶炼工程中的应用[J]. 有色冶金设计与研究,2016,37(1):12-14.
- [3] 陈逢胜,陈芹. 中国恩菲有色冶炼余热锅炉[J]. 有色设备,2021,35(4):12-14,32.
- [4] 黄龙,陈宋璇,徐建炎,等. 有色冶金高含盐废水处理技术研究进展[J]. 中国有色冶金,2019,48(3):61-64.

Analysis of the Current Situation of Offgas Waste Heat Utilization in Sihuan Zinc & Germanium Comprehensive Recovery Plant

MENG Qing-yu, FENG Wei-hua, LIU Sheng-hui

Abstract: This paper introduces the offgas waste heat utilization of the Hanyuan Sihuan Zinc Germanium Comprehensive Recovery Plant and presents the thermal analysis of the waste heat boiler. By comparing the usage amount of the steam from the waste heat boiler with that from the whole plant, the paper believes that power generation from waste heat and low-temperature hydrothermal treatment are better ways to utilize the waste heat of the plant. The economic and social environmental benefits of waste heat utilization are also analyzed.

Key words: offgas waste heat; power generation from waste heat; low-temperature hydrothermal treatment

