

绿色环保

侧吹浸没燃烧技术在工业危废处置行业的应用

许欣

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 本文回顾了国内危废行业发展历程,分析了目前工业危废处置技术的优势和不足,详细介绍了中国恩菲自主研发的侧吹浸没燃烧技术的原理、核心装备,及其在工业危废处置行业的推广应用。侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术通过侧吹喷枪将富氧空气和燃料以接近声速的速度喷入熔池内部,使燃料在熔池内充分燃烧,直接为熔池中的反应提供热量。同时,由喷枪喷入的气体及燃烧产生的气体对熔池形成搅拌,加快熔池内部的传热、传质。处理工业危废的核心设备为综合回收处理炉。采用侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术处理危废具有原料适应性强、作业率高、安全性好、烟尘率低、有价金属回收率高等优势,可实现工业危废的无害化处置和资源综合回收。

[关键词] 工业危险废物; 无害化处置; 综合回收处理炉; 侧吹浸没燃烧技术; 焚烧法; 固化填埋法; 生化物化法; 危险源识别分析

[中图分类号] TF803.11

[文献标志码] B

[文章编号] 1008-5122(2021)04-0041-04

DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.04.010

Application of Side-submerged Combustion Smelting Process (SSC) to the Industrial Hazardous Waste Disposal Industry

XU Xin

Abstract: This paper reviewed the development history of hazardous waste industry in China, analyzed the advantages and disadvantages of current industrial hazardous waste disposal technology and highlighted the principle and core development of SSC independently developed by China ENFI as well as its promotion and application in the hazardous waste disposal industry. SSC refers to the injection of oxygen-enriched air and fuel into the bath through the side-blowing lance at an approximately sound velocity, making the fuel fully burnt in the bath and providing energy for the reaction. Meanwhile, the gas injected by lance and produced from combustion stirs the bath and accelerates the heat and mass transfer in the bath. The core equipment for industrial hazardous waste treatment is the comprehensive recovery treatment furnace. SSC is characterized by advantages of strong adaptability of raw materials, high availability, good safety, low dust yield and high recovery date of valuable metals, which can achieve hazard-free disposal of industrial hazardous waste and comprehensive resources recovery.

Key words: industrial hazardous waste; hazard-free disposal; comprehensive recovery treatment furnace; SSC; incineration; solidification landfill; biochemical and physical-chemical method; HAZID

[收稿日期] 2021-04-21

[作者简介] 许欣(1983—),女,河北唐山人,硕士,高级工程师,主要从事有色冶金炉窑设计工作。

[引用格式] 许欣. 侧吹浸没燃烧技术在工业危废处置行业的应用[J]. 有色冶金节能,2021,37(4):41-44.

0 前言

2008年,初版《国家危险废物名录》公布,“十一五”期间,我国的危险废物处置行业开始快速发展;2010年,全国持危险废物经营许可证单位利用处置的危险废物共840万t,较2006年提高了180%;2012年,多部门联合发布《“十二五”危险废物污染防治规划》,“十二五”期间,全国危险废物污染防治法规体系日渐完善,利用处置能力逐渐提升。

2016年,新版《国家危险废物名录》发布,危险废物被划分为46大类约479种,随后多个省市出台危废处置“十三五”规划。2017年,环境保护部印发《“十三五”全国危险废物规范化管理督察考核工作方案》,大力加强危险废物污染防治工作。最新版《国家危险废物名录(2021年版)》于2020年11月发布,共列入467种危险废物。相较2016年版《国家危险废物名录》,2021年版并不是简单地减少了危险废物种类,而是将有关内容作进一步完善和细化后纳入附表中,表明国家以更加科学及谨慎的态度,对危废处置行业提出了更高的要求。

随着国家相关政策的相继出台,危废处置技术向安全、环保、高效的方向不断发展。本文对行业现行处置技术进行了梳理,对其优势和不足进行了分析,并重点对近年新兴的用侧吹浸没燃烧技术处理工业危废的工艺及装备进行了详细介绍。

1 工业危废领域现行技术

工业危废行业的现行技术主要有资源化利用和无害化处置两种。我国危废主要包括工业废物、医疗废物及其他废物。实现危废资源化的途径主要有三种:回收利用、转换利用和焚烧回收利用能量^[1]。在工业危废无害化处置技术方面,国内外主流处理方式:焚烧处置法、固化填埋法、生物物化法。

焚烧处置技术既能实现工业危废的无害化处置,又能回收部分能源,是目前应用最为广泛的处置方法。该方法采用的核心设备通常是回转窑^[2],具体过程是采用适当的预处理方式(破碎、混合等)处理工业废物后,将其和辅助燃料从倾斜的回转窑高端加入,物料在通过回转窑窑体的过程中被氧化、分解^[3]。灰渣在窑体低端排放并收集,排放的废气进行脱酸和除尘处理,飞灰在填埋前进行固化处理。焚烧处理技术最大的优势是物料适用性广,但该技术先在较大空间中独立完成燃烧,再利用余热锅炉

回收烟气热量,热量利用方式单一,且回收效率低,同时存在占地面积大、造价高等缺点^[4]。

固化填埋法主要采用水泥、石灰、特定药剂等固化剂将有害废物固化或转变,再将其填埋。该方法工艺简单,成本较低,但填埋场占地大,对土壤及地下水源仍存在一定的污染风险。

生物物化法是通过化学反应或溶剂萃取的方法,将危险废物转化为非危险废物,具有针对性强、回收利用价值高等优点,但存在专用设备多、设备通用性差、处理成本较高等缺点。

随着处置量的不断增长和国家对绿色生产要求的不断提高,上述危废处置行业的现有技术已经难以满足需求。

2 侧吹浸没燃烧技术

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(以下简称“中国恩菲”)开发的具有自主知识产权的一种强化熔池熔炼技术。该技术已在锡精矿还原、液态铅渣直接还原、铅膏等二次铅杂料的连续熔化还原、锌浸渣等二次锌杂料的处理等有色冶金领域实现工业化应用^[5],近年来其应用拓展到了工业危废处置行业。

2.1 技术原理

侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术将燃烧发生过程引入熔池中,通过侧吹喷枪将富氧空气和燃料以接近声速的速度喷入熔池内部,燃料在熔池内充分燃烧,直接为熔池中的反应提供热量。同时,由喷枪喷入的气体及燃烧产生的气体对熔池形成搅拌,为熔池提供了良好的动力学条件,从而加快了熔池内部的传热、传质,使炉料的加热、熔化、反应等过程得以加速完成。该技术特别适用于不发热物料的处理^[6]。

2.2 核心设备

该技术核心设备为综合回收处理炉,其主要由砖体内衬、水套炉壁、钢板外壳、骨架、侧吹喷枪、下料口、金属放出口、渣放出口、出烟口、电极等部件组成,炉体结构如图1所示。

配料后的物料经炉顶下料口加入炉内,作为补充热源的天然气及助燃空气经炉身侧墙上的喷枪直接鼓入熔池,喷枪为中国恩菲专利产品。为适应工业废物来料不稳定、成分波动大的特点,在综合回收处理炉上装备了两种结构形式的喷枪:一种为补充热量的天然气喷枪;另一种为保证熔池反应的富氧

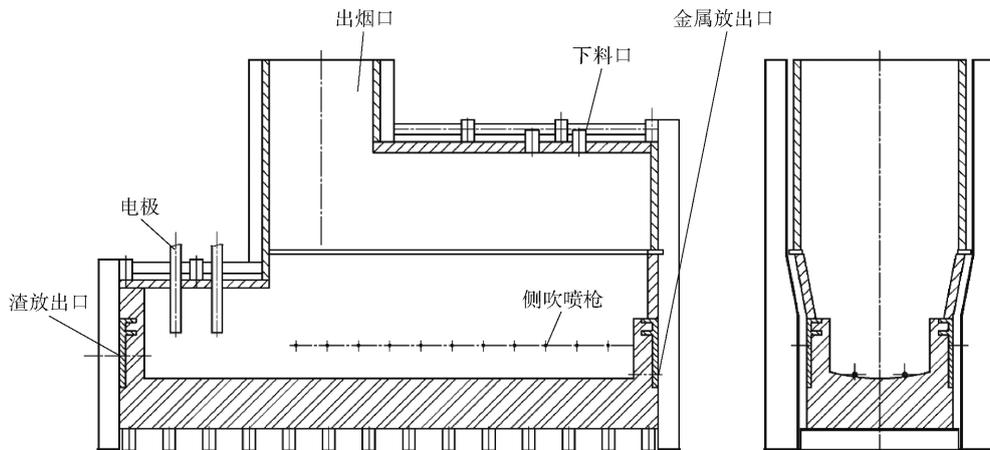


图1 综合回收处理炉炉体示意图

风喷枪。两种喷枪的数量及放置位置可根据炉况灵活调整。

入炉物料中的炭精末和废活性炭作为还原剂,控制炉缸熔池处于弱还原性气氛中。物料中的铜等金属氧化物发生还原反应,生成金属,同时赤铁矿与造渣剂造渣,在重力作用下,密度相差较大的金属和渣得以分层,金属相富集于炉底,由炉底金属放出口放出。根据不同的使用场景,在炉身不同高度上设置上渣口、下渣口、紧急泄渣口各一个。正常生产过程中,渣相浮于熔池表面,定期从上渣口排出;侧吹喷枪口维护时,需要将渣面降至侧吹喷枪以下,此时需启用下渣口;为防止喷炉,设置了紧急泄渣口,一旦产生泡沫渣,即启用紧急泄渣口。

拌入物料中的可燃有机物在熔池中剧烈燃烧,熔池中反应生成的CO及天然气未完全燃烧产生的CO从熔池溢出,需在烟气出炉前完全燃烧转化为CO₂。为保证燃烧充分,在综合回收处理炉上部炉膛侧壁设置了大量二次风兑入口,二次风富氧浓度可根据炉况进行调整。

处理固体工业废物的同时,该炉型也可处理废有机溶剂等可燃性液态工业废物。在炉身扩大段侧墙上设置溶剂喷嘴,液态工业废物在高压下喷入高温炉膛中,充足的富氧风及较大的炉膛空间为其充分燃烧提供了良好的条件,燃烧释放的热量可在一定程度上补给熔池。为确保燃烧充分,在上升烟道设置三次风兑入口,同时在烟道出口设置烟气成分在线检测仪,对烟气温度、残氧、CO浓度、SO₂浓度进行实时监测。

2.3 技术特点

近年来,侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术在实践过

程中不断升级,形成了一系列的技术优势。

1) 安全可靠。炉体采用全包围式炉壳,不易发生燃气泄漏。

2) 热利用率高。燃料及助燃气体由喷枪直接鼓入熔池,在熔池内充分燃烧,单位容积热强度大,同时充分的搅拌使得熔池内的传热、传质迅速发生。

3) 环保效果好。综合回收处理炉采用微负压操作,同时炉顶密封性好,可有效控制有毒有害气体的低空逸散。

4) 作业率高。通过采用强制冷却的方式,带走砖体热面的大量热量,延长砖体使用寿命;在炉缸区的渣线附近,采用特殊结构形式的铜水套,通过挂渣的方式保护砖体,减少因更换炉衬而带来的停炉次数,使炉体年作业率达300~330d。

2.4 引入危险源识别分析

2019年初,国务院办公厅部署开展“无废城市”建设试点工作,其中的一项主要任务就是提升风险防控能力,强化危险废物全面安全管控。为从根本上实现安全管控,侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术在应用过程中,采用了危险源识别分析(Hazard Identification, HAZID)技术,对整个工艺流程及核心装备可能存在的危险源进行梳理,分析危害因素及危险场景发生原因,评估风险等级,提出相应的保护或控制措施。

进行危险源识别分析时,若发现高风险场景,即提出缓解措施或合理可行的替代方案,将风险降低至可接受水平。例如,在针对综合回收处理炉进行危险源识别分析中,识别到冷却水系统存在断流风险,该风险一旦发生可能会导致炉体烧穿,高温熔体泄漏引发火灾,同时烟气逸散也会对环境造成污染,

风险严重度评价为6,为中等风险。因此在每个回收管路设置回水温度及流量监测,同时采取断流报警、不间断供水等一系列措施。上述方案的实施使该种风险的可能性评价变为2,为罕见风险。在HAZID风险矩阵中,这种风险综合评价为12,属于低风险。危险源识别分析的采用,可以使安全隐患在源头上得以判别并控制,大大提高了侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术在工业危废处置领域推广过程中的安全性。

3 侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术应用

广东某金属有限公司专门从事危险废物收集、处理、贮存及工业废物综合利用,委托中国恩菲对 20.5×10^4 t/a 危险废物(包括HW17、HW22、HW46、HW48、HW49等五大类)及 3×10^4 t/a 其他固废(包括含铜污泥、废活性炭、含铜固废等)进行无害化处置及资源化利用,计划年产黑铜17 330 t(含铜量约85%),年产冰铜2 430 t(含铜量约60%)。目前该项目处于建设阶段。

该项目采用的主要工艺流程为:干燥机干燥→综合回收处理炉(SSC技术)→烟气余热回收→骤冷→收尘→半干法脱硫→脱二噁英→湿法脱硫→烟气升温脱白→达标外排。

综合回收处理炉产生的高温烟气经余热锅炉冷却,同时烟气热量经余热锅炉回收,在余热锅炉高温段设置SNCR脱硝流程,消除 NO_x 。为了减少烟气治理过程中的二噁英再生,采用喷水骤冷方式将烟气温度从 $500\text{ }^\circ\text{C}$ 骤降至 $200\text{ }^\circ\text{C}$,然后将烟气送入静电除尘器。电除尘器及骤冷塔收集的烟尘通过机械输灰方式返综合回收处理炉配料,满足环保要求的同时最大限度回收有价元素。

收尘后的烟气,采用两级密相半干塔脱硫工艺,以降低烟气含硫率及酸露点。半干法脱硫后向烟气中添加活性炭,用于分解少量残留二噁英,使二噁英浓度降低至小于 0.5 TEQng/m^3 ,并通过二噁英捕集器收集活性炭,实现循环利用。处理后烟气经风机送湿法深度脱硫处理,外排脱硫尾气、环保烟气、含尘废气、含酸雾废气中的各污染物排放浓度均低于

《危险废物焚烧污染控制标准》(GB 18484—2020)的要求。

综合回收处理炉产出的熔融金属通过金属放出口定期放出,浇铸成金属锭。熔炼渣经过水碎系统变成玻璃态无害渣,玻璃态无害渣属于一般固体废物,由汽车运出外售。

近两年来,中国恩菲在数十个工业危废处置及二次资源综合回收项目中应用侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术,针对所需处理的不同种类工业危废,设计了数十台不同规格、不同结构的综合回收处理炉,目前部分项目已完成制造安装,将于2021年相继建成投产。

4 结束语

我国工业危废处置行业正处在一个飞速发展时期,随着《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《国家危险废物名录》的不断修订,大量新纳入统计范围的工业危废必然会加大已有危废产生量与处置量之间的缺口。侧吹浸没燃烧熔池熔炼技术因其具有原料适应性强、作业率高、安全性好、烟尘率低、有价金属回收率高等优势,有利于实现工业危废的无害化处置,同时也有利于最大程度地实现资源综合回收,符合国家产业政策和循环经济理念,具有广阔的市场前景。

[参考文献]

- [1] 孙瑞,于鲁油,傅忠君,等.工业固体危险废弃物处置技术[J].现代化工,2013,33(12):11-14.
- [2] 卢卫凌,黄开东.危险废物回转窑焚烧系统的工艺探讨及优化[J].工业加热,2020,49(5):21-24.
- [3] 陈敬军.危险废物回转窑焚烧炉的工艺设计[J].有色冶金设计与研究,2007,28(Z1):81-83,87.
- [4] 邹昌武,颜华,孙永贵,等.氯碱工业含氯危险废物焚烧处理技术[J].中国氯碱,2017(2):37-39.
- [5] 冯双杰.锌浸出渣侧吹熔化炉的设计[J].有色设备,2020,34(1):30-32.
- [6] 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.