

气化及高温等离子体技术在废物处理中的应用

丁聚庆, 刘志云, 卞晓艳

(中国寰球工程公司, 北京 100029)

摘要 本文介绍了等离子体新技术的应用前景及气化等离子技术处理废物的工艺系统。采用气化及高温等离子体技术处理废物,可彻底焚毁废物中的有机物,减少污染排放,回收能源,降低运行成本,具有良好的综合效益。

关键词 废物处理; 气化炉; 高温热解反应炉; 等离子火炬

中图分类号 X705

文献标识码 B

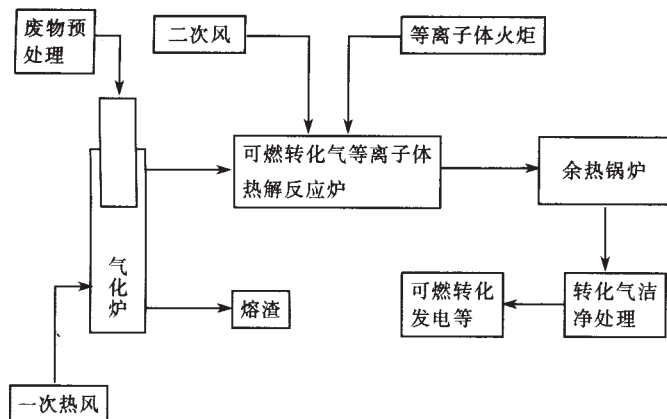
文章编号 1006-5377(2004)05-0036-02

Application of Gasification and Plasma Technology with High Temperature in Waste Treatment

DIN Jiu-qing, LIU Ze-yun, BIAN Xiao-yan

一、废物处理的工艺系统

气化及等离子体高温热解工艺系统包括: 废物的预处理过程; 气化及等离子热解处理过程; 余热回收利用过程; 可燃转化气洁净处理过程; 可燃转化气综合利用过程。核心是气化炉及等离子体高温热解反应炉(见图)。



气化及等离子体高温热解工艺图

1. 废物的预处理过程

由于气化炉对废物给料有一定要求,因此,需要对废物进行预处理。首先要保证废固的粒径在10~30mm之间,小于5mm的废物量不大于总给料量的5%,要尽量做到废物粒径均匀,以保证系统稳定运行。大块的废物需要破碎,小块或粉状废物,需要造粒。废物的含水量要少于30%,当含水量大于30%时,废物需干燥处理。进入气化炉的物料综合热值要大于3000kcal/kg,固定碳的含量不低于12%。因而,在处理低热值废物时,需要掺混焦炭或木头,以保证混合物的热值及固定碳含量。

2. 气化及等离子体热解处理过程

经过预处理的废物进入气化热解过程。气化热解主要由气化炉、等离子火炬、反应炉组成。气化炉原理就是小型炼铁高炉,用块状废物代替铁矿石。通过炉底送高温热风,燃烧固定碳,产生一氧化碳,使炉底温度达到1600℃,熔融炉底残渣还原产生金属及熔渣。高温一氧化碳从块状废物的缝隙加热从上落下的废物,使废物中的挥发分和水分挥发,残留的固定碳作为炉底燃料,在炉顶形成类似于高炉煤气的气化气,气化气的温度随着给料的性质而变化。气化气在送往反应炉的过程中,用等离子火炬加热,并送入适量空气,厌氧燃烧,提供部分热能,快速升温至1200~1300℃,最终使气化气在反应炉内完成分子重整,彻底分解有毒有机物,最后转化为小分子化合物,成为具有一定热值的高温可燃转化气,进入下一步的余热回收过程。

等离子火炬是废物热解需要能量的来源之一。其原理是首先将交流电转化为直流电,直流电正负极间在一定的电压下放电,将电极间的气体介质电离,产生高温电弧,高温电弧加热流过的气体介质,产生等离子体,等离子体火焰的温度一般在4000~7000℃,最高可达到一万多度;等离子体加热气化气至1200~1300℃,将大分子有机物分解成简单化合物或元素。火炬输入的电功率转化为等离子体能量的效率与等离子体的温度有关,一般效率在75%~85%,火炬本体需要软化水冷却,以保护其在高温下连续工作。等离子体能量的输出功率,可以根据加热后的可燃转化气温度进行自动调节。

对于废液或废气的处理,气化及等离子体技术也非常适合。将经过过滤的废液或废气直接喷射在等离子体火焰加热区,在被加热至高温的情况下,废液和废气与

气化炉产生的气化气一起被转化为可燃气。

气化炉底部炉缸液态排渣,自然冷却。排出的熔渣,主要包括两部分:化学性质比较稳定的元素,如金、银、铜、铬、镍、铁被还原成金属,沉于熔渣底部;化学性质活泼的元素,如钙、镁、铝、钛,在熔渣中形成硅酸盐和硫酸盐。熔点低的金属,如铅、锌、汞,被气化,随着气化气进入气体洁净处理系统;铅、锌、部分汞被冷却洗掉,部分汞被排入大气,如果废物中的汞含量较高,则在烟气处理过程中,需要增加高效过滤器,使汞的排放满足标准。为了调节熔渣的物性,在给料中需适当加入少量石灰石或二氧化硅。产生的熔渣,可以回收金属或综合利用。

3. 余热回收利用过程

从等离子体热解反应器出来的1200~1300℃高温可燃转化气,经过余热锅炉吸热降温,产生蒸汽。蒸汽可用于发电、干燥废物、供热等。

4. 可燃转化气洁净处理过程

余热锅炉出来的低温可燃转化气,经过湿式碱水洗涤系统,除去气体中的HCl、SO₂、HF等有害酸性气体及灰尘,然后经湿式电除尘器,脱出水滴及剩下的灰尘,转化为洁净燃气,综合利用。

由于从气化炉排出的气化气被等离子体加热到1200~1300℃,在此温度下,大分子有机物全部热解,仅有小分子的化合物存在,包括CO、CO₂、H₂O、H₂、HCl、HF、NO等,使用这种技术处理废物,排放气体中的二恶英含量,将低于0.1ng/Nm³,大大小于5ng/Nm³的国家排放标准限值。

同样,由于采用适量的空气厌氧燃烧,使NO_x的形成也大大减少,燃烧热解过程中,空气量过少,在转化气中有HCN形成,助燃空气量过大,会有NO_x形成,维持适量的助燃空气,非常重要。采用此技术,即使处理含有大量硝酸盐的废物,转化气中NO_x的浓度,正常情况下也保持在10~30ppm,远低于国内危险废物焚烧500mg/Nm³(NO_x)排放标准的要求。

由于采用厌氧燃烧,转化气的流量,大约相当于废物完全焚烧产生的烟气量的30%~40%,这样,转化气洁净处理设备的尺寸要比完全焚烧少很多。

由于气化炉给料为颗粒,气化炉排出的气化气中的灰尘含量很低,净化设备洗涤下的灰尘,经干燥造粒后,可以送气化炉继续处理,转化为无害熔渣。如果废物中铅、锌含量高,则飞灰可以作为冶炼铅、锌的原料。

5. 可燃转化气综合利用过程

经处理后的可燃洁净转化气中的H₂和CO的体积含量在28%~45%,热值在820~1100kcal/Nm³,可燃洁净转化气燃烧产生的热量占系统总输入热量的60%~65%,可

燃转化气综合利用包括发电、供汽等,发电可以采用高效的联合循环系统。根据实际情况,规模小的装置可采用先进的高效率(30%~36%)发电机发电,规模大的可以采用燃气轮机发电,单级发电量即可完全满足全厂的用电。发电后排出的高温烟气,经余热锅炉,还可以产生蒸汽。产生的烟气可以直接排入大气。

二、气化及等离子体技术与焚烧技术的比较

用气化及等离子体技术处理废物,其优点首先是对能源的回收利用率要大于焚烧法。由于产生的可燃洁净转化气量仅相当于焚烧烟气量的30%~40%,因此,对于排烟的热量损失,等离子热解法要比焚烧少很多。特别是对于中小型的废物处理装置,如果焚烧法产生的余热蒸汽没有热用户,并且蒸汽量较少,而无法运用蒸汽透平发电时,只能将大部分余热浪费掉,这样就大大增加了运行成本。而气化-等离子技术产生的二次能源为洁净转化气,可以供发电机发电,最大限度地回收能源。

使用气化及等离子体技术处理废物,其辅助燃料为焦炭或木头,而焚烧方式使用的辅助燃料为柴油或天然气,在提供相同辅助热量的情况下,焦炭、木头的成本要远远低于柴油或天然气。

对于各种废物的处置,气化-等离子法产生的转化气洁净处理过程中,可以省略对二恶英的活性炭吸附和脱NO_x的处理过程。

焚烧法将产生需要安全填埋的灰渣;气化-等离子法通过系统内部处理,将飞灰转化为无害熔渣。

气化-等离子法处理废物的缺点在于对废物预处理的要求;而焚烧法则可以对各种粒径尺寸的散装废物直接焚烧处理。

三、等离子体技术的运营成本及前景

国内工业危险废物的处理,按标准GB18484-2001的要求,大部分烟气焚烧炉二燃室焚烧温度大于1100℃,并且要求具有较高的空气过量系数,这需要大量的柴油或天然气助燃。用气化-等离子体技术,由于使用焦炭或木头代替天然气/柴油作为辅助燃料,使处置废物的燃料成本大大下降;虽然使用等离子火炬的电耗高,但若采用完整的能量回收发电系统,完全可以满足系统的自用电。例如,采用每天处理24吨危险废物的系统,废物热值为2700kcal/kg,需添加20%的焦炭或木头,吨废物的电耗在910度左右,产生的气化气用效率为35%的引擎发电机发电,发电量在950kW左右,系统同时可以提供约3.5~4.0t/h的低压蒸汽。因此,这项技术具有广阔的市场空间,特别适合于含重金属的电子电器类废物,以及各种废液、废气的无害化处理。