

利用等离子技术治理再生纤维汽车内衬 生产过程中的烟气

孙春宝 邢 奕 黄鹂鸣

(北京科技大学环境工程系,北京 100083)

摘要 利用等离子技术,治理树脂聚合法生产再生纤维汽车内饰材料过程中产生的烟气,对等离子净化装置的结构参数、操作参数进行了优化,并对等离子体净化机理进行了分析。利用等离子技术,能够处理常规工艺设备无法治理的极微细可吸入颗粒物和气溶胶烟气;并可同时净化可吸入颗粒物和气态污染物。该设备结构简单、运行费用极低,可在产生烟气的很多行业和领域推广应用。

关键词 烟气净化 等离子体 汽车内衬 再生纺织物料

我国是一个纺织大国,随着人们生活水平的提高,每年约有百万吨废纺织边角料产生,这是一种十分宝贵的资源,弃置不用,十分可惜。在国外,再生纤维的利用已有较长的历史,而国内再生纤维利用率还不足40%。随着我国汽车工业的飞速发展,利用再生纤维生产汽车内饰材料是一个很有发展前途的废纺利用项目。

树脂聚合法生产的再生纤维汽车内饰材料具有点状三维立体空间结构,产品内部具有多微孔,吸音减震和保温隔热性能优越,是目前国内外市场上较高档的内饰材料。但在树脂聚合法生产的再生纤维汽车内饰材料过程中,由于利用树脂的高温聚合来粘结纤维,以及脱模剂的广泛使用,制毡和模压过程产生大量污染严重的烟气,给生产车间和厂区周围环境造成很大污染,成为酚醛树脂聚合法再生纤维汽车内衬生产企业亟待解决的难题。

1 烟气的产生

酚醛树脂聚合法再生纤维汽车内饰材料的生产工艺见图1。

再生纤维→混合定量喂入→预成网→撒粉→开松混合
成品→纵横向切割→冷却→高温聚合→气流成网

图1 酚醛树脂聚合法再生纤维汽车内饰材料生产工艺

根据产品的不同用途,改变工艺条件和工艺配方,控制聚合温度在80~110℃,可生产半聚合再生纤维衬垫材料,只完成酚醛的A反应阶段,B反应阶段可在成型模压厂家完成:如控制聚合温度在120~180℃,时间为1.0~1.5 min,可生产全聚合片型内饰材料;若控制聚合温度在180~240℃,时间为1.8~

2.0 min,可生产各种不同形状的再生纤维内饰件。

但在高温聚合过程中,由于温度较高,酚醛树脂在高温状态以及成型过程中使用的各种脱模剂都会发生分解、裂变,从而产生大量呛人的烟雾,严重污染了生产车间和周围的环境,尤其对现场的操作人员危害最大。

经检测分析,生产过程中排放烟气的主要污染物是非常细的可吸入颗粒物(0.01~10 μm),在空气中形成气溶胶,严重时污染物浓度可达200 mg/Nm³,这部分污染物对人体的危害最大,人在这样的环境中停留1~2 min,就会感到胸闷、呼吸困难、气喘、咳嗽,长时间在这样的环境中工作、生活,对人体健康,尤其对呼吸系统的危害非常大^[2]。

2 等离子体烟气净化装置的研制

由于烟气中的颗粒污染物粒度太细,常用的旋风除尘、袋式除尘、喷雾除尘及传统的电除尘技术不能发挥作用。低温等离子技术作为21世纪环境保护领域四大高新技术之一,可使大量微细颗粒在等离子场中因荷电而被除去;同时等离子体所激发的大量高能活性自由基可使有机废气(VOCs)得到降解^[3]。

等离子体烟气净化机利用先进的等离子技术,可消除目前其他空气净化设备无法去除的烟气。本研究采用烟气净化效率来评判烟气的净化效果。

2.1 工作原理

等离子体烟气净化装置工作原理如图2所示。在电离段装有一组直径0.5 mm的镍铬丝作为电离极,在集尘段安装一组厚度为1 mm的硬质铝合金板,极板表面经过电抛光处理,不留毛刺尖角,以免发生

火花放电,降低极间电压。电离段的负极板与集尘段的部分负集尘极板共用。

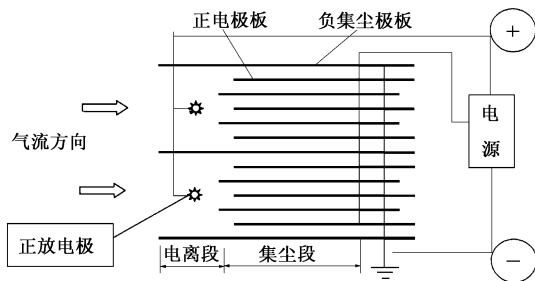


图2 等离子体烟气净化装置工作原理

当在放电极上施加直流高压电,放电极表面就产生电晕放电。当空气中的粉尘粒子通过该电离段的电场时,空气中的气体分子产生电离,变成离子。本装置是采用阳极放电,因此在靠近放电极表面的电场强度非常强的空间内产生电晕,形成数量相等的阳离子和阴离子。放电极吸引阴离子,而阳离子被对应的接地阴极吸引。因此,当粉尘粒子通过这一部分时带正电,粒径越大,带电量越多。

烟气经过电离段后,往下进入集尘段,集尘段的正负2个极板平行安置,产生一个平行电场。带正电的粒子随着空气流进入该平行电场中,被阳极板排斥,但很快被吸引在负集尘板上。

集尘段设有正负两种极板,在平行于气流的方向上相对放置,外侧接地作为负极,阳极板通过绝缘子与负极之间保持电气绝缘,阳极板和接地的阴极板交错并排,并保持一定间隔。在接地极板上,根据电压的大小开适当的圆孔,以保证阳极板连线与阴极板之间空气绝缘。

2.2 放电电极的选择与放电电压的确定

电离极要采用金属细丝,才能更易产生电晕放电,另外还要强度好,耐腐蚀,这样电离极才不会在短时间内因电晕放电而被腐蚀。因此选用直径0.5 mm的镍铬丝作为电离极。

放电电离段的放电电极和接地电极的距离不同,电离电压也不相同。空气电离程度是由电离段的电压梯度决定的。

图3为放电电压梯度与烟气净化效率的关系曲线。可以看出,当电离段的电压梯度为14~16 kV/cm时,烟气净化效率可达90%以上,但如果继续提高电压梯度,净化效率反而有下降的趋势,这是由于电压梯度太大时,被高度电离的污染空气中的污染粒子易

出现尚未到达吸附极板即排到外界的现象,甚至因静电效应吸附在外界其它物体上,形成“离子化黑烟”。

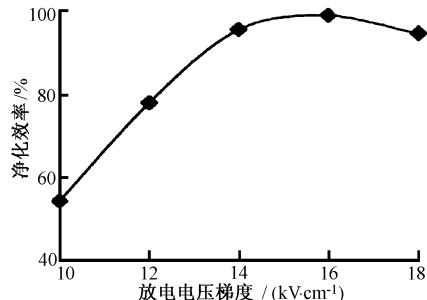


图3 放电电压梯度与净化率的关系

2.3 集尘极板长度的确定

吸附捕集过程是靠带电微粒和集尘极板之间的库仑作用力来完成的,所以集尘段的长度与气流速度、两极板之间的间距以及电压有关。

在烟气净化设备中,粉尘粒子在电离段首先被变成阳离子,然后进入集尘段的正负两极之间。1 μm以下的粒子以25 mm/s的速度向集尘极板移动,被吸附在集尘极板上。从移动到被吸附,若极板之间的距离为10 mm,则需要0.4 s,若为5 mm时,则需要0.2 s。该数值为估计值,它与微粒的质量、惯性、粘结力、密度、气温等条件有关。

集尘段的长度要根据集尘段内的风速决定,以便粒子在上述规定的时间内到达集尘极板。因此,缩短集尘段两极板之间的距离,便可缩短长度;要加大大极板间距,就必须增加集尘段的长度。

为使装置尽量小型化,应缩短两极板之间的间距。但是,如果间距太小,绝缘结构有问题,在此极板间距确定为8 mm。在风速为2 m/s情况下,集尘段的总长度确定为500 mm。

2.4 集尘极板间距的确定及电压的确定

集尘段的外加电压必须根据集尘极板(接地极板)和阳极板的间距来确定。理论上,集尘段两极板的间距越小越好,但此时,对系统的绝缘提出很高的要求,一般情况下不易达到,另外在设备的结构上也会出现很多问题,因此电极间隔一般在25~30 mm范围内。本研究设定极板间距为25 mm。

如图4所示为集尘极电压与净化率的关系曲线。可以看出电压在8~10 kV时烟气净化率已经很高,可达95%以上。

由于集尘段的阳极板呈板状,不产生电晕放电,所以加在电极之间单位间距的电压,即使达5 kV/cm

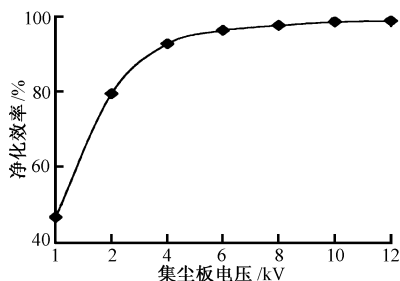


图4 集尘极电压与净化率的关系曲线

也不会产生火花、发生短路。

因此,缩短正负两极板之间的间距,可以提高集尘效率。待绝缘问题完善解决后,就可适当减小板间距,以进一步降低电压,提高烟气净化效率。

2.5 等离子体烟气净化装置现场应用

在对等离子体烟气净化技术进行系统研究的基础上,专门为某汽车内衬厂研制了小型等离子体烟气净化装置,安装在该厂的高压模压机上,处理风量为 2 000 m³/h。经长期使用,烟气净化效果稳定,烟气净化效率可达 90 % 以上,空气中烟尘含量可降至 0.15 mg/m³,使用效果良好。

3 烟气净化机理分析^[4]

3.1 粒子荷电量

粒子在电晕放电过程中的带电方式有两种:一是通过离子碰撞;二是通过粒子浓度差产生的扩散作用。从带电开始 t 秒钟内,粒子荷电量 n_e 可由下式求得:

$$n_e = \frac{3}{s+2} \frac{d_p^2 E_c}{t} \left(\frac{t}{s+1} \right)$$

式中 ϵ_0 ——真空中的介电常数 ($1/36 \times 10^9$) C/V·m;

ϵ_s ——粒子的介电常数;

E_c ——带电空间的电场强度 V/m;

t ——带电时间常数 s, 具有下列关系式:

$$t = \frac{4 \epsilon_0}{k_i} = \frac{4 \epsilon_0 E_c}{i}$$

式中 k ——粒子迁移率 m²/V·s;

i ——粒子空间电荷量 C/m³;

i ——粒子电流 A/m²。

可见,烟尘微粒的带电量与电场强度、带电时间、粒度成正比,与粒子的介电常数、带电时间常数等有关。

3.2 微粒偏移速度

带电粒子由于受到库仑力而沉积在集尘板上,其偏移速度 w_e , 在斯托克斯范围内可用下式表示:

$$w_e = \frac{n_e E_p}{3 \mu d_p} k_m$$

式中 E_p ——电场强度;

k_m ——坎宁安修正系数,在常温、常压空气

中, $k_m = 1 + \frac{2.48 l_m}{d_p}$, 其中, l_m 为气体分子的平均自由行程。

可见,微粒偏移速度与电场强度等成正比,与粒子直径成反比。一般情况下,电场越强,净化效果越好;微粒尺寸越小,越易净化。

3.3 捕集效率

静电集尘器的总捕集效率可由下式表示:

$$\tau = 1 - \exp \left[-k \frac{w_e l}{U_s h} \right]$$

式中 l ——集尘极板长度;

h ——两极板之间的间距;

U_s ——极板间的平均气流速度;

k ——在使用平板极板时, $k = 1$ 。

一般情况下,集尘极越长、极板间距越窄、极板间的气流速度越小,烟气净化效率越高。

4 结论

(1) 采用等离子技术,烟气净化效率高、能够处理其它工艺设备无法处理的极微细可吸入颗粒物和气溶胶烟气;可收集 0.001 ~ 0.01 μm 级的超细粒子,烟尘净化率可达 95 % 以上。

(2) 研制的烟气净化设备兼有净化可吸入颗粒物和治理气态污染物的双重功效,在有效脱除颗粒污染物的同时,有机挥发物 VOCs 去除率可达 85 % 以上。

(3) 现场运行表明,等离子体净化设备结构简单、运行费用极低,可在产生烟气的很多行业和领域推广应用。

参考文献

- [1] 冷纯廷. 再生纤维深加工及其应用技术. 产业用纺织品, 1996, 14(1).
- [2] 朱天乐. 室内空气污染控制. 北京: 化学工业出版社, 2003, 1.
- [3] 张仁熙, 侯建, 侯惠奇. 等离子体技术在环境保护中的应用(上、下). 上海化工, 2000, 20(21).
- [4] 何德林. 空气净化技术手册. 北京: 电子工业出版社, 1985, 1.

作者通讯处 孙春宝 100083 北京海淀区学院路 30 号 北京科技大学土木与环境工程学院

AN EXPERIMENTAL STUDY ON SPRAY PERFORMANCES OF TWIN FLUID NOZZLE FOR FLUE-GAS DECONTAMINATION Zhang Li Li Wushen Pu Ge (40)

Abstract Experiment has been done on a twin fluid nozzle in spray drying chamber of flue-gas decontamination. Factors affecting spray angle and distribution of liquid-drop diameter etc have been analyzed. It is found that air liquid ratio and slurry concentration are crucial to spraying character. A suitable liquid-drop diameter and spraying angle can be obtained by changing parameter of running. The nozzle can be used for decontaminating acid gas of drying flue gas to obtain better decontaminating efficiency.

Keywords spray drying ,twin fluid nozzle ,spray angle and spray particle size

TECHNICAL REFORM OF DEDUSTING SYSTEM OF DRY COAL SEPARATION Li Duosong Sun Jianming (44)

Abstract Through on-the-spot test ,analysis of the existing questions ,theoretical calculation ,etc ,the control project 's optimization of coal dust is realized ,connected with dust removal system 's reformation of Baijiazhuang dry coal separation. On this basis ,it is also put forward the control technique of special dust source that has multiple-point ,large quantity ,extensive area and so on according to the project 's actualization ,debugging and the running situation.

Keywords dry coal separation and dust removal technology

CLEANING OF FLUE GAS IN PRODUCTION OF AUTO-LINER MADE OF REGENERATIVE FIBER USING PLASMA Sun Chunbao Xing Yi Huang Liming (47)

Abstract Plasma air cleaning technology was used to control the flue gas by the production of auto-liner with regenerative fiber as material. Its structure and operation parameters were optimized ,and its cleaning principle was also studied. It is shown that plasma air cleaning technology can treat superfine particles and can also refine inhalant particulate and gas pollutant. Structure of the equipment is simple and the operation cost is low. It can be used in any industry field where the same kind of flue gas is produced.

Keywords cleaning of flue gas ,plasma ,auto-liner and regenerative fiber material

DISCUSSION ON THE FUNCTION AND PROCESS OPTIMIZATION OF MSW COMPOSTING—COMPREHENSIVE CONTROL OF OXYGEN CONTENT, TEMPERATURE AND MOISTURE IN COMPOSTING PROCESS Xu Wenlong Zhang Jing Ullus Leidel et al (50)

Abstract Taking into account the current situation in China ,the function and application of the MSW composting are discussed. In addition to the traditional application of the compost as fertilizer for farming ,forest or greening ,the composting can be understood as an important pretreatment of MSW prior to the landfilling or biological drying before the incineration ,in order to increase the heating value of the MSW. From the point of decreasing investment and operational costs ,the analysis is made that the priority should be given to the main reaction conditions of biological systems and ventilation optimization instead of simply emphasizing on mechanization. The main factors of process such as the oxygen content ,temperature and moisture are discussed ,and a new engineering technology as well as the control method are introduced accordingly.

Keywords municipal solid waste (MSW) ,composting ,biological treatment ,oxygen content ,temperature ,moisture and control

THE RESEARCH ON TREATING THE WASTE ACID OF CRUDE BENZOL REFINING Li Meixiang Su Guangwu Cheng Xiaodong (56)

Abstract Waste acid of crude benzol refining was processed with roasting method. It is studied the technical process of waste acid of crude benzol refining by employing roasting method ;the best operating parameters are discussed and the technical process is also optimized. Experimental results have shown that this method can treat waste acid effectively ,and has the advantages of easy operation ,no secondary pollution and good economic benefit.

Keywords roasting method ,crude benzol refining ,waste acid and research

EXPLORATION AND PRACTICE OF DEVELOPING BUILDING MATERIALS FROM FLUOR-GYPSUM DEBRIS Li Ruyi Li Li Cao Zuogang (58)

Abstract Fluor-gypsum debris from chemical production is used to make building materials ,such as cement retarder ,gypsum block and gypsum brick etc ,whose technical properties can meet the requirements. It can solve not only environmental pollution ,but also realize resource reuse of industrial debris.

Keywords fluor-gypsum ,environment protection and resource reuse

RESEARCH ON EXTRACTION AND MODIFICATION OF LIGNIN IN THE PAPER MILL SLUDGE Li Shumian Jiang Ling Li Zhancai et al (62)

Abstract The method of extracting lignin from paper mill sludge and its sulfonated condition for modification have been studied. Some influencing factors such as the reaction temperature ,reaction time ,pH value etc. have been researched in detail. The experiment results indicate :