

## 技术进展

# 笼式活性炭纤维溶剂回收装置 现状与进展

陆书明<sup>1</sup>, 杨苏川<sup>2</sup>

(1. 南通醋酸纤维有限公司, 江苏南通 226008; 2. 江苏苏通碳纤维有限公司, 江苏南通 226000)

**摘要:**介绍了笼式活性炭纤维溶剂回收装置现状和进展, 从活性炭纤维材料和笼式装置两方面分析笼式活性炭纤维溶剂回收装置使用时存在的问题, 并提出溶剂回收用活性炭纤维细旦化和低气阻的研发方向, 以及笼式溶剂回收装置应用中的积水问题解决办法。

**关键词:**颗粒活性炭; 活性炭纤维; 溶剂回收; 装置

中图分类号: TQ576.18

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2007)10-0014-02

## Improvement and status of active carbon fiber basket equipment for solvent recovery

LU Shu-ming<sup>1</sup>, YANG Su-chuan<sup>2</sup>

(1. Nantong Cellulose Fiber Co. Ltd., Nantong 226008, China; 2. Jiangsu Sutong ACF Co. Ltd., Nantong 226000, China)

**Abstract:** The progress in and status of active carbon fiber (ACF) basket equipment for solvent recovery are introduced. The problems which occur in their use process are analyzed from the view of active carbon fiber and basket equipment. The development direction should be the fine denier of ACF with low gas pressure resistance suitable for solvent recovery basket equipment, and the methods for solving the problem of hydrocele in ACF basket are also put forward.

**Key words:** GAC; ACF; solvent recovery; equipment

活性炭纤维(简称 ACF)毡缠绕于笼式骨架, 制成过风面积大的吸附装置, 称之为笼式活性炭纤维装置。第一套笼式活性炭纤维溶剂回收装置自 20 世纪 80 年代末从国外引进以来, 其技术目前已经被较好地消化吸收, 为环保事业做出了贡献, 并为相关企业带来经济效益。伴随笼式活性炭纤维装置的成功应用, 溶剂回收用活性炭纤维制造技术和规模化生产得到同步发展, 与煤炭和果壳类颗粒活性炭(简称 GAC)相比, 其比表面积更大, 并具备颗粒类活性炭没有的较大外比表面积, 使活性炭纤维具备更多用途, 例如, 针对大分子有机溶剂, 使用活性炭纤维来吸附回收非常有效。江苏苏通碳纤维有限公司凭借上海复旦大学、同济大学、南京大学和南京工业大学等高校科技力量的支撑, 始终致力于优质活性炭纤维材料的开发与生产, 并和回收装置厂家共同关注溶剂回收环保事业的健康发展, 推动了活性炭纤维应用于溶剂回收的技术改进与发展。

### 1 笼式活性炭纤维溶剂回收装置现状

除工艺设计和工况管理外, 活性炭纤维材料质

量和装置制造技术是影响笼式活性炭装置高效运行的 2 个重要方面。

#### 1.1 活性炭纤维材料

活性炭纤维为非极性吸附剂, 其比表面积可达 1 000 m<sup>2</sup>/g 以上, 具有很大的应用价值。活性炭纤维经过极性处理, 不但可以吸附非极性化工溶剂, 还可以吸附极性化工溶剂。溶剂回收中主要使用的活性炭主要有 2 种, 一种为颗粒活性炭, 一种为笼式溶剂回收装置中使用的活性炭纤维。2 种炭材料的性能区别见表 1。

表 1 颗粒活性炭和活性炭纤维的性能

	颗粒活性炭(GAC)	活性炭纤维(ACF)
比表面积/m <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup>	1000 ~ 2000	1000 ~ 2000
外比表面积	小	大
堆密度	大	小
吸收溶剂的速度	慢	快
静态吸苯率 <sup>①</sup>	相同	
动态吸苯速率	小	大
解吸速率	慢	快
能耗	高	低

注: ①是指相同的比表面积、相同温度、相同的甲苯环境下单位质量活性炭对苯的饱和吸附质量。

收稿日期: 2007-06-01

作者简介: 陆书明(1968-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事活性炭纤维生产和溶剂回收设备方面的研究, 0513-85232645, lu.sm66@yahoo.com.cn。

活性炭纤维最大的优势在于具有较大的外比表面积。以往在评价颗粒活性炭质量优劣时,比较注重于比表面积,颗粒活性炭外比表面积和颗粒内大孔的表面积可以忽略不计。细旦化的纤维活性炭不仅具有和颗粒活性炭一样丰富的内比表面积,同时具有达到特征性的外比表面积,使其具备快速吸附有机溶剂(如甲苯和二甲苯等)的能力,这类有机溶剂是颗粒活性炭因动力学吸附速率因素而无法很好处理的,活性炭纤维的外比表面积此时应予以重视。

此外,活性炭纤维的纤维间吸附能力体现在笼式活性炭吸附回收装置的处理大分子长链有机溶剂的能力和动态吸附解吸速率快的优势之上,弥补了颗粒活性炭在大分子有机溶剂吸附处理上的不足。溶剂回收用活性炭纤维在有机溶剂回收领域具有不可替代的作用,并且和颗粒活性炭一样在特殊功能化应用领域(如催化载体等)有待开发。

## 1.2 笼式活性炭纤维装置

笼式活性炭纤维装置通过“吸附—解吸—干燥—再吸附”的循环工艺实现了活性炭纤维溶剂回收的功能。装置的回收效率是重要参数,高回收效率来自于合理的工艺设计、精密的设备制造、适用的活性炭纤维以及良好的工艺维护4个方面。在所接触的笼式活性炭纤维回收装置中,我国台湾一家企业的装置回收甲苯效率达95%以上,达到了节约成本和环境保护的目的。颗粒活性炭装置主要用于像丙酮一类的低分子质量有机溶剂的回收。国内一家企业的装置吸附效率达99.75%,回收再用的纯丙酮为20 t/h。其他国内企业的装置溶剂回收效率也在80%左右。

在溶剂回收装置运转工艺方面,理论上,蒸汽解吸的活性炭纤维吸附工艺包括4个步骤:吸附、解吸、干燥和冷却。水在活性炭纤维中会影响吸附,并且低温有利于吸附,故干燥和冷却工艺对吸附有利,但四步法工艺会增加设备投资成本和工艺运行成本,而笼式活性炭纤维装置将干燥和冷却合二为一,是一大工艺进步。

## 2 存在的问题

在现有运行中的笼式装置中回收效率高低区别很大,从工艺设计、活性炭纤维材料和设备状况加以分析,存在一些常见的问题。

### 2.1 活性炭纤维材料方面

(1)活性炭纤维较高的制造成本导致材料价格较高,工艺设计时活性炭纤维富余量低甚至用量

不足。

(2)相比于颗粒活性炭,活性炭纤维独有的应用特性,如活性炭纤维及其纤维间外比表面积特殊的吸附解吸动力学因素,这些支撑理论还有待探索。

(3)降低气阻延长使用寿命的工艺探讨。活性炭纤维较颗粒活性炭具有较大的风阻,工艺设计时要考虑较低的气速,否则容易导致纤维的挤压磨损,缩短材料使用寿命。

### 2.2 笼式装置方面

(1)待处理的含溶剂气流的预处理工艺优化问题,以防止活性炭纤维表面污染劣化。

(2)吸附解吸工艺流程优化问题。气流流向和气体通量的设计很重要,一些设备底部有活性炭纤维大量积水的现象,致使活性炭纤维回收溶剂的效率下降。

(3)笼子结构制造、活性炭纤维缠绕均衡和固定方式的改进。笔者曾发现使用过的笼子钢筋在焊接1 cm左右处易腐蚀断裂现象。

笼子骨架材料的选择要依据待处理气体的腐蚀性来确定,并且进行热处理,消除焊接处应力。首先根据不同的工况和待处理溶剂腐蚀性,合理选用金属结构材料;其次,热应力的存在有助于原电池的形成,加速金属钢骨架的腐蚀断裂。

## 3 笼式溶剂回收装置的改进

结合现有笼式溶剂回收装置运行和工艺特点,在优质活性炭纤维的开发生产、工艺设计和运行优化技术方面有提高改进之处,目的是使吸附装置保持高的吸附效率和延长活性炭纤维材料使用寿命。

(1)开发细旦化活性炭纤维。相同质量时,纤维越细,外比表面积越大,对提高活性炭纤维吸附解吸溶剂速率越有益。在确保内比表面积前提下,提高纤维的外比表面积,满足活性炭纤维处理甲苯等大尺寸有机多碳长链物质吸附回收的功能化需求。

(2)开发低气阻活性炭纤维。致密的活性炭纤维毡材料气阻较大,气流通过时会增加纤维磨损,降低材料寿命,而且会增加动力损耗。开发低气阻新型活性炭纤维将增加纤维的容尘率,降低纤维间的磨损,延长材料使用寿命,并对节约回收运行成本有益。

江苏苏通活性炭纤维有限公司开发的4种(分别表示为A1、A2、A3、A4)规格活性炭纤维的气阻图,其中4种规格活性炭纤维具有相同的比表面积

(下转第17页)

粉的耐水性较差,极大地制约了它们在涂料、油墨、塑料等领域中的进一步应用。特别是在涂料工业领域,由于碱土铝酸盐等发光粉的耐水性较差,目前的发光涂料制品大部分还是溶剂型发光涂料,而且户外耐久性较差,尚不能完全满足户外应用要求。此外,世界各国对涂料中挥发性成分(VOC)的控制越来越严格,对环保型水性发光涂料的需求也会越来越多,因此开发耐水性好的发光粉具有非常重要的经济价值。

(4)抗高温氧化性(或耐温性)。抗高温氧化性能主要是指发光粉在空气气氛中耐高温氧化的能力。发光粉的抗高温氧化性能越好,在陶瓷、玻璃等领域中的应用潜力就越大。在现有的蓄光型发光材料中,硅酸盐系列抗高温氧化性能最好,铝酸盐次之,硫化物和硫氧化物最差。但即使是硅酸盐蓄光型发光材料,其极限温度也低于 $1110^{\circ}\text{C}$ (约30 min),仍不适用于釉下彩和釉中彩高温陶瓷(烧结温度在 $1200\sim 1300^{\circ}\text{C}$ ,如景德镇的工艺陶瓷)。另外,即使是用于中低温陶瓷,所得制品的发光亮度和余辉时间仍然不理想。

(5)耐光性。主要是指发光粉的紫外线辐照稳定性,这是影响制品光老化性能的主要原因之一。在现有的蓄光型发光材料中,铝酸盐和硅酸盐的耐光性能好,硫化物和硫氧化物的耐光性较差,严重影响了其相关制品的耐久性能。

以上是蓄光型发光材料在不同应用领域中所存

在的一些问题,已经成为蓄光型发光材料及其制品应用研究开发中的突出问题。

## 2 功能化应用改性研究现状

发光粉颗粒的功能性应用改性,就是为了弥补发光粉的一些功能性缺失或不足,有针对性地对发光粉进行表面修饰与包覆改性,从而赋予或改善发光粉的某些特性或功能。关于颗粒包覆,国内外研究者已经进行了一些工作。日本学者 Okubo<sup>[14]</sup>曾提出“粒子设计”的概念,其他国家的学者也开展了纳米颗粒表面包覆处理研究,其包覆结构为包膜<sup>[15-18]</sup>。

然而,目前国内外对于蓄光型发光材料的表面包覆改性研究处于刚刚起步阶段,相关的研究报道不多。国外虽然对蓄光型发光材料的表面修饰与包覆改性研究报道很少,但对其他发光材料(如灯用和平板显示用发光材料等)的表面改性研究报道很多,在改性手段和方法方面仍然有许多可借鉴的地方<sup>[13,19-21]</sup>。在国内,由于蓄光型发光材料产业的长足发展,相应的表面改性研究报道逐渐增多。

### 2.1 表面无机包覆改性

蓄光型发光材料的表面无机包覆改性的实质就是在发光粉母颗粒表面包覆一层纳米无机氧化物颗粒,利用纳米化颗粒的特性来改善母颗粒的界面物化性能,而发光粉母(核)颗粒的原始结构并未发生明显的改变。目前蓄光型发光材料的表面无机包覆改性主要有纳米二氧化硅包覆改性以及金属氧化物

(上接第15页)

( $1300\text{ m}^2/\text{g}$ ), 填充厚度和填充方式相同。见图1。

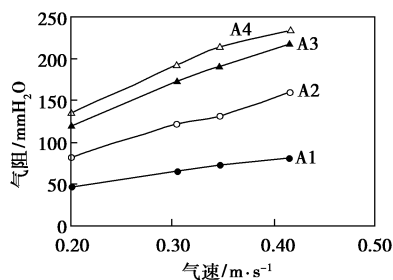


图1 4种规格活性炭纤维的气阻图

(3)探讨改进笼式活性炭纤维的填充技术。要避免活性炭纤维笼底部容易积水的现象,需采取以下措施:①改变人工缠绕活性炭纤维笼子的做法,使用带张力控制的机械缠绕机,保证笼子缠绕活性炭的透风均匀性;②对活性炭笼子结构进行改造,提高强度和疏水性。

苏通碳纤维有限公司开发的新式炭笼装置,采

用不锈钢栅格笼芯骨架形式,提高骨架的强度和稳定性。通过在托板上开孔,解决笼子下部碳纤维容易积水的问题。

(4)优化笼式溶剂回收装置的工艺设计,延长材料使用寿命,并降低运行成本,如吸附-解吸-再吸附的两步工艺法。简化工艺工序,节约投资成本和工艺运行成本,提高效益。

## 4 结语

(1)活性炭纤维因其具有较大外比表面积,在大分子有机溶剂吸附回收应用领域具有颗粒活性炭不可替代的优势,活性炭纤维的细旦化是其高品质的标志之一。

(2)笼式装置回收效率以及活性炭纤维使用寿命涉及到工艺设计、设备制造、活性炭纤维材料质量等,低气阻新型活性炭纤维有利于提高使用寿命,并降低设备运行成本。活性炭纤维笼子骨架结构改进有利于彻底解决活性炭纤维笼子积水现象。■