

超重力法吸收醋酸尾气中试研究

焦伟洲, 刘有智, 崔磊军

(山西省超重力化工工程技术研究中心, 山西 太原 030051)

摘要:为解决在用醋酐法生产HMX的过程中挥发出来的大量醋酸溶剂,采用中试用的超重力旋转填料床对醋酸尾气进行吸收。采用生消水作为循环吸收剂,考察了超重力因子、液体流量和循环时间对液相醋酸质量分数的影响。结果表明,在超重力因子111、液体循环量 0.3 m^3 、液体流量 $1.0\text{ m}^3/\text{h}$ 、循环时间12h后,液相醋酸的质量分数达到60%以上,每年回收的醋酸直接经济效益可达135万元。

关键词:超重力法;旋转填料床;吸收;醋酸尾气

中图分类号: TJ55;TQ560.9

文献标志码: A

文章编号: 1007-7812(2009)01-0059-03

Pilot-scale Research on Absorption of Acetic Acid Tail Gas by High-Gravity Technology

JIAO Wei-zhou, LIU You-zhi, CUI Lei-jun

(Research Center of Shanxi Province for High Gravity Chemical Engineering and Technology, North University of China, Taiyuan 030051)

Abstract: In order to absorb the acetic acid solvent volatilized in the process of producing HMX by acetic anhydride method, a research was made to absorb the acetic acid tail gas with the high-gravity rotating packed bed used in a pilot-scale experiment. The effect of the high-gravity factor, liquid flux and circulation time on the liquid acetic acid mass fraction was investigated. The results showed that under the conditions of high-gravity factor 111, liquid circulation 0.3 m^3 , liquid flux $1.0\text{ m}^3/\text{h}$, circulation time 12h, the liquid acetic acid mass fraction reached more than 60% and the economic benefit of the recuperated acetic acid is 1.35 million Yuan annually.

Key words: high-gravity method; rotating packed bed; absorption; acetic acid tail gas

引言

HMX是当前使用的能量水平最高、综合性能最好的单质猛炸药。目前,工业上普遍采用醋酐法生产HMX。醋酐法是以醋酐、硝酸为硝解剂,在硝酸铵的参与下,硝解乌洛托品^[1]。在此过程中,由于温度不断升高,很大一部分醋酸挥发,给工房的工作环境和人的身体带来很大的危害,至今我国还没有乙酸的国家卫生标准。目前,工厂采用单级塔设备对醋酸进行吸收,但是经过单级塔后仍然有很大一部分醋酸不能被吸收。

超重力技术是20世纪70年代兴起的一种强化过程传质的新技术。目前,该技术已经在脱硫除尘、氨氮废水、燃速催化剂、废气废水等行业^[2-3]中取得一定的进展。本研究采用超重力技术对塔后的醋酸

进行了吸收中试研究。以生消水为吸收剂,考察了超重力因子、液体流量、循环时间对液相醋酸质量分数的影响。

1 实验部分

1.1 实验设备

超重机,自制;除雾器,自制;涡街流量计,烟台泰华仪表有限公司;SB61变频器,成都希望森兰变频器制造有限公司;循环泵, $0\sim 5\text{ m}^3/\text{h}$ (扬程20m),靖江市凯阳泵业有限公司;循环槽,自制, 0.6 m^3 。

1.2 实验流程

醋酸尾气经涡街流量计计量后,从气体入口进入旋转填料床,同时开启液泵,调节好液体流量后,生消水从旋转填料床液体进口进入,经过气液错流接触后,气体经过除雾器后排空,液体可重复循环使

收稿日期:2007-07-06; 修回日期:2008-06-05

作者简介:焦伟洲(1981—),男,博士研究生,从事超重力技术基础应用研究。

用。当液体中醋酸浓度达到一定值后,更换吸收液。实验流程如图1。

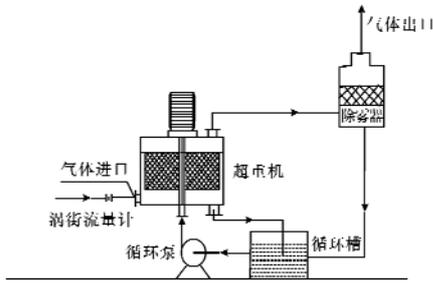


图1 超重力法吸收醋酸尾气工艺流程图

Fig 1 Schematic diagram of recovering acetic acid tail gas by high-gravity method

1.3 检测方法

目前关于气相醋酸质量分数的检测还缺少较好的方法,因此,采用滴定法检测液相醋酸质量分数。

2 结果及讨论

2.1 超重力因子对液相醋酸质量分数的影响

超重力因子 β 是旋转填料床的平均重力加速度与重力加速度之比。表达式^[8]为:

$$\beta = \omega^2 r / g$$

式中: $\omega = 2n\pi/60$; r 为转子的几何半径; $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

考察在气体流量为 $450 \text{ m}^3/\text{h}$ 、液体流量(L)为 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 、液体循环总量为 0.3 m^3 时,超重力因子对液相醋酸质量分数(w)的影响,其结果如图2所示。

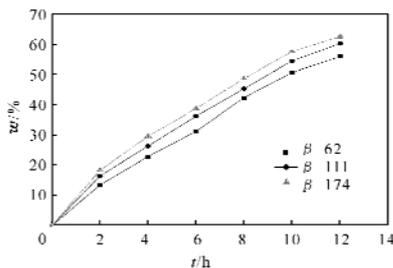


图2 超重力因子对液相醋酸质量分数的影响

Fig. 2 Effect of high-gravity factor on the mass fraction of liquid acetic acid

从图2可以看出,随着超重力因子的增大,液相醋酸的质量分数在不断增大。其原因可以分析为:在填料内部,随着超重力因子的不断增大,液体被粉碎为更薄更细的液膜和液丝,大大减小了液相阻力,同时增大了醋酸的溶解速度;随着超重力因子的增加,

相同体积的液体被分散为更多的细小液滴和液膜,有利于醋酸的吸收。但是,超重力因子的无限增加导致液体在填料中的停留时间越来越短,使得很大一部分醋酸气体来不及被吸收就被从气体出口排出。再者,超重力因子的增大也会导致电耗的增加。综合考虑,取 $\beta=111$ 为最佳参数。

2.2 液体流量对液相醋酸质量浓度的影响

气体流量为 $450 \text{ m}^3/\text{h}$ 、液体循环总量为 0.3 m^3 时,液体流量对液相醋酸质量分数的影响如图3所示。从图3可知,随液体流量的增加,液相醋酸的质量分数在不断增大,但增加的幅度不大。分析原因为:随液体流量的增加,液体的更新速度更快,填料的持液量更大,所以会吸收更多的醋酸。但另一方面,由于气相中醋酸的含量不变,如果较少的液体流量就足以完全吸收气相中的醋酸,那么增大液体流量对液相醋酸的质量分数不会有多人的影响。本试验的液体流量, L 取 $1.0 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

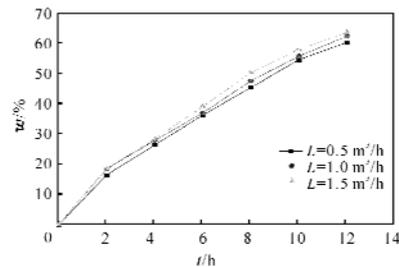


图3 液量对液相醋酸质量分数的影响

Fig. 3 Effect of fluid flow rate on the mass fraction of liquid acetic acid

2.3 循环时间对液相醋酸质量分数的影响

从图2和图3可以看出,随着循环时间的增加,液相醋酸的质量分数在不断增大。从理论上讲,由于醋酸在水中可以无限溶解,所以液相醋酸的质量分数随循环时间还可以继续增加,但根据工厂的实际应用,当液相醋酸的质量分数达到60%时,可以满足精馏工艺。因此,循环时间达到12h后可以把循环液体更换为生消水。

2.4 经济效益

在试验中,当气体流量保持 $450 \text{ m}^3/\text{h}$ 、液体循环总量保持 0.3 m^3 (300 kg),超重力因子 $\beta=111$,液体流量 $0.5 \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$,循环时间为12h后,液相醋酸的质量分数达到60%以上。

以纯醋酸价格6667元/t,气量为 $450 \text{ m}^3/\text{h}$,生消水总量 300 kg ,循环时间为12h,醋酸含量达60%来计算,则回收的纯醋酸质量为: $300 \text{ kg} \times 60/40 = 450 \text{ kg}$,根据生产时间计算,生产1吨HMX可回收

醋酸的质量约为: $450\text{ kg} \times 3 = 1350\text{ kg}$, 每年可回收醋酸的直接经济效益为: $1.35\text{ 吨} \times 150\text{ 吨/年} \times 6667\text{ 元} = 135\text{ 万元/年}$ 。

3 结 论

(1) 随着超重力因子的增大,液相醋酸质量分数在不断增大。

(2) 随着液体流量的增大,醋酸液相的质量分数不断增大,增加的幅度比较缓和。

(3) 在气体流量为 $450\text{ m}^3/\text{h}$ 、液体循环总量为 0.3 m^3 、液体流量为 $0.5 \sim 1.5\text{ m}^3/\text{h}$ 、超重力因子为 111 时,循环时间 12 h,液相醋酸的质量分数达 60% 以上。每年可回收醋酸的直接经济效益为 135 万元。

参考文献:

- [1] 欧育湘. 炸药学[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2006:213-225.
- [2] 柳米栓,张艳辉,刘有智. 旋转填充床技术用于烟气脱硫试验研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2001,9(2-3):292-296.
LIU Lai-shuan, ZHANG Yan-hui, LIU You-zhi. Flue gas desulfurization by rotating packed Bed[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2001, 9(2-3): 292-296.
- [3] 宋云华,陈建铭,付纪文,等. 旋转填充床除尘技术的研究[J]. 化工进展,2003,22(5):499-502.
SONG Yun-hua, CHEN Jian-ming, FU Ji-wen, et al. Research on particle removal efficiency of the rotating packed bed [J]. Chemical Industry and Engineering progress, 2003, 22(5): 499-502.
- [4] 柳米栓,谢国勇,刘有智. 旋转填料床处理含氨废水实验研究[J]. 华北工学院学报,2002,23(3):222-225.
LIU Lai-shuan, XIE Guo-yong, LIU You-zhi. Experimental study on treatment of ammoniac nitrogen waste water with rotating packed bed [J]. Journal of North China Institute of Technology, 2002, 23(3): 222-225.
- [5] 李裕,郭雨,刘有智,等. 超细 2,4-二羟基苯甲酸铜粉体的合成及表征[J]. 火炸药学报,2006,6(3):32-35.
LI Yu, GUO Yu, LIU You-zhi et al. Synthesis and characterization of ultrafine cupric 2, 4-dihydroxybenzoate [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2006, 6(3): 32-35.
- [6] 崔磊军,刘有智,焦纬洲,等. 超重力法回收火炸药厂的混合溶剂[J]. 火炸药学报,2007,30(6):51-53.
CUI Lei-jun, LIU You-zhi, JIAO Wei-zhou, et al. Recovery of solvent mixture from propellant and explosive plant by high-gravity absorption technology [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2007, 30(6): 51-53.
- [7] 刘有智,刁金祥,王贺,等. 超重力-臭氧法处理TNT红水的试验研究[J]. 火炸药学报,2006,29(6):41-44.
LIU You-zhi, DIAO Jin-xiang, WANG He, et al. Experimental research on high-gravity ozone oxidative treatment of TNT red-water [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2006, 29(6): 41-44.
- [8] 李鹏,刘有智,李裕,等. 用旋转填料床治理火炸药厂的氮氧化物尾气[J]. 火炸药学报,2007,30(1):67-70.
LI Peng, LIU You-zhi, LI Yu, et al. Treatment of nitrogen oxides in explosive industry by rotating packed bed [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2007, 30(1): 67-70.
- [9] LI Yun-zhi, YUAN Jun-ming, WANG Bao-min. Developing of dust exploding study [J]. Journal of Taiyuan Normal University (Natural Science Edition), 2004, 3(2): 79-82.
- [7] 赵江平,王振成. 热爆炸理论在粉尘爆炸机理研究中的应用[J]. 中国安全科学学报,2004,14(5):80-83.
ZHAO Jiang-ping, WANG Zhen-cheng. Application of heat explosion theory to dust explosion mechanism research [J]. China Safety Science Journal, 2004, 14(5): 80-83.
- [8] 赵衡阳. 气体和粉尘爆炸原理[M]. 北京:北京理工大学出版社,1996.

(上接第54页)

CAO Hai-feng, WANG Guo-li. Evaluation of electrification safety of powder emulsion explosives [J]. Mining and Metallurgy, 2004, 13(3): 9-12.

- [5] 叶志文,吕春绪,周新利. 膨化硝酸铵的感度特征研究[J]. 火炸药学报,2002,25(3):4-6.
YE Zhi-wen, Lü Chun-xu, ZHOU Xin-li. Research on sensitivity characteristics of expanded ammonium nitrate [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2002, 25(3): 4-6.

- [6] 李运芝,袁俊明,王保民. 粉尘爆炸研究进展[J]. 太原师范学院学报(自然科学版),2004,3(2):79-82.