

蒸汽喷射热泵蒸馏应用于 废水预处理的研究与探讨

王以清, 张显球, 王力友, 侯小刚

(南京师范大学动力工程学院, 210042, 南京)

[摘要] 采用热泵蒸馏技术对橡胶促进剂 CBS 的废水进行预处理作了探讨和实验. 试验和研究结果表明, 该技术设备简单, 投资少, 操作方便, 运行成本低, 并能达到较理想的预处理效果.

[关键词] 热泵蒸馏, 废水处理, 蒸汽喷射器

[中图分类号] X783; [文献标识码] B; [文章编号] 1672-1292(2002)02-0069-03

0 引言

随着我国国民经济的发展, 人民生活水平的提高, 交通运输和汽车工业已处于迅速发展期, 橡胶促进剂的产量也将迅速增长. 但是, 橡胶促进剂工业废水的污染治理, 却是当前环保工作中的一道难题.

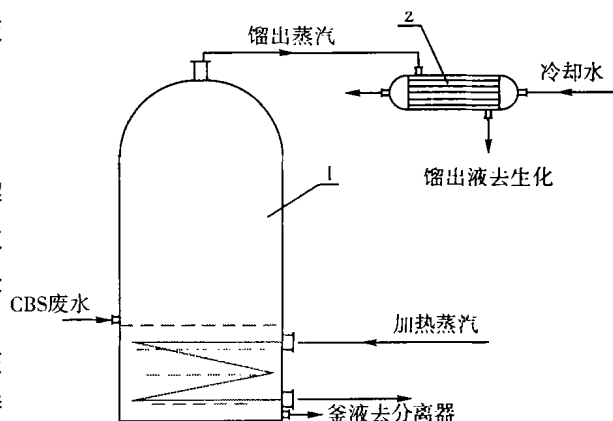
橡胶促进剂 CBS(N-环己基-2-苯并噻唑次磺酰胺), DM(二硫化二苯并噻唑)广泛应用于轮胎等橡胶工业的生产中. 每生产 1 t 橡胶促进剂约产生 6~7 t 工业废水. 橡胶促进剂生产中产生的废水是较难处理的一类废水, 尤其是生产 CBS 产生的废水. 该废水的 COD(化学需氧量)浓度很高, 达到 400 00 mg/L 以上. 废水中含有大量杂环类有害化合物, 难降解、难生化. 目前国内对该类废水尚无有效治理技术. 因此展开该类废水的治理研究, 开发其有效治理技术具有重要的现实意义.

1 热泵蒸馏技术进行预处理

经过调查和研究认为, 对这类高浓度、难降解的废水先进行有效预处理, 使废水的 COD 浓度大大降低, 提高废水的可生化性可以为后继的生化处理创造良好条件.

我们用南京化工厂生产的橡胶促进剂 CBS 在生产中产生的废水作实验水样, 针对该类废水的特点, 做了絮凝沉淀、化学氧化、电化学法、吸附法等预处理实验. 但结果都不是十分理想. 有的方法不能使 COD 达到预期效果, 有的方法虽然有效可是成本又太高. 最后, 我们应用简单蒸馏技术对 CBS 废水进行预处理, 并采用一些特殊方法达到了较满意的效果. 其流程见图 1.

橡胶促进剂 CBS 生产中产生的废水含有多种有机物和无机盐. 蒸馏操作利用这些有机物中各种组



1. 蒸馏釜; 2. 冷凝器

图1 简单蒸馏流程

收稿日期: 2002-05-25

基金项目: 江苏省教育厅科研开发项目(00KJD610001).

作者简介: 王以清, 1952-, 女, 南京师范大学动力工程学院副教授, 主要从事能源管理及化学工程教学与科研

成挥发性能的差异来进行分离. 经过化学分析可以看到 CBS 废水中, 引起 COD 浓度很高的成份基本上是由难挥发成份组成. 将 CBS 废水经过过滤进入蒸馏釜, 蒸馏釜底部用加热蒸汽进行加热, 温度升高到沸点后, CBS 废水溶液开始部分汽化, 其中大量的水分及部分易挥发组成进入汽相. 将此蒸汽引出, 进入冷凝器中冷凝, 得到馏出液. 此馏出液的 COD 浓度可降至 1 600 mg/L 左右. 实验数据详见表 1.

这部分馏出液占 CBS 废水的比例约为 70%. 经过活性污泥法处理及过滤试验, 出水 COD 150 mg/L, 达到国家二级排放标准(GB8978- 1996). 釜液经过滤, 结晶分离, 其中部分残液再回流; 另有 10% 左右的氯化钠, 可回收利用去烧碱车间.

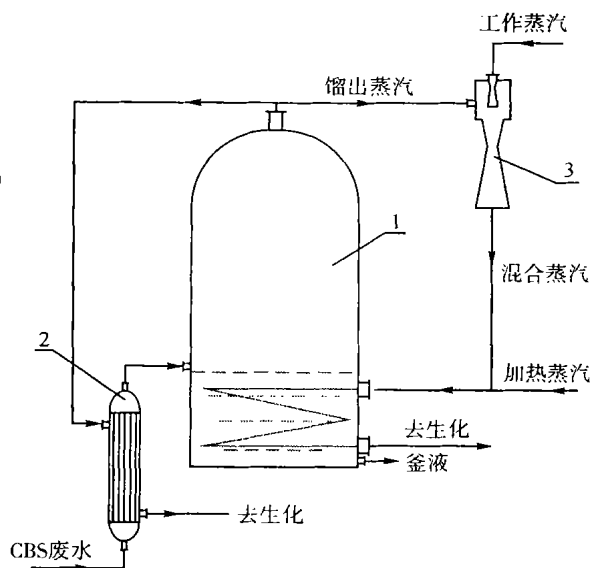
由于蒸馏过程要借助于热源加热, 是一个消耗热量相当大的操作过程, 而且近年来随着生产的发展, 能源价格上升较快, 同样面临一个成本问题. 从图 1 可见: 蒸馏釜底部需加热蒸汽加热, 而顶部蒸汽冷凝需冷却水, 此冷却水量也相当大, 带走大量的冷凝潜热. 根据蒸馏过程实测数据, 加料量 GBS 废水 1 000 kg/h, 进料温度为 20 , 沸点为 110 , 采用 0. 2 Mpa 的加热蒸汽加热. 馏出蒸汽为 690 kg/h. 对蒸馏釜进行物料衡算和热量衡算, 不计热损失, 可知此时所需的加热蒸汽量为 876 kg/h. 其中馏出蒸汽汽化所需热量为 1 559 055 kJ/h, 折合加热蒸汽量为 713 kg/h. 物料预热所需热量为 354 873 kJ/h, 折合加热蒸汽量为 163 kg/h. 这样造成加热蒸汽消耗量较大, 并且每小时冷凝馏出蒸汽的冷却水量也大, 运行操作成本较高. 按 1 000 kg 蒸汽 55 元计算, 处理 1 000 kg/h CBS 废水, 加热蒸汽量就需要 48. 2 元. 另外, 根据南京化工厂的供热条件, 该厂提供的蒸汽为 0. 8 MPa 的饱和蒸汽, 而 CBS 废水的沸点较低, 用此新鲜蒸汽加热, 温差过大易引起液泛现象, 影响分离效果. 若将此 0. 8 MPa 蒸汽用减压阀降压, 蒸汽能源品位降低, 也是能源品质的损失. 根据此蒸馏过程的操作条件和企业现有条件, 我们认为采用蒸汽喷射压缩式热泵蒸馏技术较为妥当, 其流程见图 2.

蒸汽喷射压缩式热泵的主要设备是蒸汽喷射器. 在蒸汽喷射器中, 0. 8 MPa 饱和蒸汽作为工作蒸汽经过拉伐尔喷管, 在拉伐尔喷管中将蒸汽的压缩能转变为动能, 以很高的速度从喷管中喷出来, 进入接受室, 并把蒸馏釜中的馏出蒸汽(称引射蒸汽) 引射至蒸汽喷射压缩机中. 工作蒸汽与引射蒸汽在混合室中混合, 进行速度的均衡, 通常还伴随着压力的升高. 在混合过程中, 工作蒸汽将能量传递给引射蒸汽. 混合蒸汽经过扩压管时进行绝热压缩, 动能又转换成压能, 使混合蒸汽的压力提高. 当混合蒸汽压力提高到高于蒸馏压力, 同时混合蒸汽与废水沸点之间有足够温差, 进入蒸馏釜底部, 重新作为本蒸馏釜的热源.

按照该企业的生产条件, 工作蒸汽压力为 0. 8Mpa, 温度为 170. 4 . 混合蒸汽压力为 0. 2MPa, 温度为 120. 2 . 根据[苏] . . 索科洛夫, . . 津格尔著的 喷射器 进行计算, 可计算得出喷射系数为 0. 43. (喷射系数为引射流体的质量流量与工作蒸汽的质量流量之比) 当每小时处理 CBS 废水量为 1 000 kg, 在系统中增设一个废水预热器, 使废水预热至接近沸点时进入蒸馏釜. 这样混合蒸汽作为加热蒸汽时, 主要考虑馏出蒸汽汽化所需的加热蒸汽量及物料在蒸馏釜内温升 10 左右所需的蒸汽量, 合计为

表 1 实验数据

次数	进水 COD/(mg/L)	出水 COD/(mg/L)
1	41 500	1 425
2	45 000	1 514
3	44 560	1 536
4	47 530	1 670



1. 蒸馏釜; 2. 预热器; 3. 蒸汽喷射器

图2 蒸汽喷射压缩热泵蒸馏程图

730 kg/h. 由喷射系数计算所得, 采用 510 kg/h 的工作蒸汽可引射 220 kg/h 的馏出蒸汽, 混合升压后作为蒸馏釜的加热热源. 剩余 470 kg/h 的馏出蒸汽在 CBS 废水预热器中冷凝, 这部分热量的回收利用就节省了约占 18% 的原所需的预热热量. 又由于所需工作蒸汽量 510 kg/h 远小于原加热蒸汽量 876 kg/h, 使运行成本下降 40%. 采用蒸汽喷射热泵, 可使新鲜蒸汽消耗量减少, 同时不用另外设置冷凝器, 节省了冷却水的消耗量.

3 结果分析与探讨

(1) 在橡胶促进剂 CBS 废水处理中采用蒸汽喷射热泵蒸馏可使 CBS 废水的 COD 从 40 000 mg/L 降低至 1 600 mg/L, 并可生化达到较满意的预处理效果. 虽然馏出蒸汽中带有部分易挥发的环己胺. 但此馏出蒸汽与工作蒸汽混合后作为加热热源, 不会对设备腐蚀.

(2) 蒸汽喷射压缩式热泵蒸馏系统, 主要设备是蒸馏釜、蒸汽喷射压缩器和预热器. 这些设备结构简单, 不需防腐, 设备投资成本较低. 蒸汽喷射器无转动部件, 运行操作方便. 运行费用主要是加热蒸汽, 按每吨蒸汽 55 元计算, 处理每吨 CBS 废水约 30 元, 成本比较低.

(3) 此蒸汽喷射热泵蒸馏系统中, 混合蒸汽冷凝水的显热及部分剩余的馏出蒸汽的汽化潜热, 如能够在生产中综合利用, 必将使运行成本进一步降低.

(4) 用热泵蒸馏进行预处理, 在处理过程中不发生化学反应, 没有新的污染源产生. 特别是西气东输后采用清洁能源天然气产生蒸汽, 对环保更有利.

(5) CBS 废水经蒸馏后, 其釜液中含有难挥发成份, 难挥发成份中除了有部分无机盐之外, 还有部分高沸点有机物, 如果能将这部分有机物回收利用, 则该系统更完善.

橡胶促进剂 CBS 废水预处理中应用热泵蒸馏技术, 使废水处理得到较满意的效果. 热泵蒸馏技术不仅可以用于 CBS 废水处理, 对于其它橡胶促进剂如 DM 等废水的处理, 也具有一定的适用性. 同时, 化学工业生产过程中的许多有机物的废水也属于难降解, 难生化, 采用热泵蒸馏进行预处理, 也是可以考虑的方法之一.

[参考文献]

[苏] 索科洛夫, 津格尔, 著 喷射器[M]. 黄秋云译. 北京: 科学出版社, 1977, 17~36.

Study and Investigation of Steam Jet Heat Pump Distillation for Pre-treatment of Wastewater

Wang Yiqing, Zhang Xianqiu, Wang Liyou, Hou Xiaogang

(College of Power Engineering, Nanjing Normal University, 210042, Nanjing, PRC)

Abstract: With the technique of heat pump distillation adopted, the pre-treatment of rubber promoter CBS wastewater is studied and tested. It is indicated that the technique has such features as simple equipment, lower investment, convenient operation, lower cost of treatment and high efficiency.

Key words: heat pump distillation, treatment of wastewater, steam ejector

[责任编辑: 刘健]