

工艺与设备

染料纳滤脱盐浓缩工艺与传统盐析压滤工艺的经济性比较

贺高红¹ 刘红晶¹ 栾雪梅² 姚辉¹

(1.大连理工大学化工学院,辽宁大连 116011; 2.大连染料厂,辽宁大连 116100)

摘要:介绍了染料的纳滤脱盐和浓缩工艺,并与某些染料后处理中的盐析、压滤过程比较,进行了经济性的估算。用纳滤方法代替盐析和压滤工艺,对于 1 000 t/a 染料工厂,每年可节约 240 万元,同时可提高染料的品质。

关键词:纳滤;染料;脱盐;浓缩;经济比较

中图分类号:TQ610.6

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2003)05-0039-03

Economic comparisons between desalination and concentration of dyes by nanofiltration membrane and traditional salting-out and filter press process

HE Gao-hong¹, LIU Hong-jing¹, LUAN Xue-mei², YAO Hui¹

(1.College of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116011, China;

2.Dalian Dyes Plant, Dalian 116100, China)

Abstract: The process of desalination and concentration of dyes by nanofiltration is introduced, and an economic evaluation of this process is made on the basis of the comparison between it and the traditional process of filter press and salting-out of dyes. According to the economic evaluation results, about 2.4 million yuan can be saved per year in a plant with a capacity of 1 kt/a of dyes, for example. And this process can also enhance the product's quality.

Key words: nanofiltration; dyes; desalination; concentration; economic comparison

在一些固体染料的生产过程中,合成染料从水溶液中的分离通常是经过盐析和压滤工序来实现的。该过程存在着如下弊端:①由于盐析过程带入的盐分使染料的纯度降低,从而降低了染料在染色过程的溶解性能,影响着色,同时耗费大量的盐;②压滤过程会造成主体染料的流失,损失率大于 5%,这将使生产厂蒙受很大的经济损失;③两个过程为间歇操作,劳动强度高,耗时多。所以用新的更有效的方法代替传统的盐析压滤过程是很有意义的。

膜分离技术具有节能高效的特点,是解决当代人类能源危机及环境污染等重大问题的高新技术。纳滤(NF)是纳米级过滤的简称,是由压力驱动的新型膜分离过程^[1]。纳滤用于染料脱盐和浓缩时有如下特点:①分离过程中能够截留中低分子质量的有机物,同时可部分透过一价盐,所以纳滤可以集染料

脱盐与浓缩为一体;②操作压力低,可节约动力;③某些性能优良的纳滤膜有良好的耐热性能,耐酸碱性能,在有机溶剂中有较好的稳定性^[2]。用纳滤技术来进行水溶性染料的脱盐和浓缩已显示出较好的应用前景^[3],它可以代替传统的盐析、压滤工序,使单元操作数减少,工人的劳动强度降低。笔者主要针对纳滤方法脱盐和浓缩染料的过程与传统盐析压滤过程进行经济性比较。

1 染料纳滤脱盐浓缩的工艺介绍

1.1 染料生产中纳滤方法与传统方法的工艺比较

纳滤脱盐浓缩工艺为:

合成染料 → 纳滤脱盐浓缩 → 喷雾干燥

传统盐析压滤工艺为:

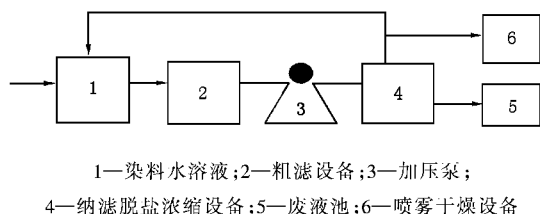
合成染料 → 盐析 → 压滤 → 喷雾干燥

收稿日期:2003-01-07

作者简介:贺高红(1966-),女,教授,博导,从事膜分离技术研究,hgaohong@dlut.edu.cn。

1.2 纳滤脱盐浓缩的流程分析

纳滤脱盐浓缩的流程如图 1。



1—染料水溶液;2—粗滤设备;3—加压泵;

4—纳滤脱盐浓缩设备;5—废液池;6—喷雾干燥设备

图 1 纳滤脱盐浓缩的工艺流程

纳滤脱盐和浓缩采用同一套设备。首先,染料水溶液经过粗滤设备预处理,然后经过加压泵加压送入纳滤设备进行脱盐和浓缩,被除去一部分盐的截留液返回染料水溶液中,继续脱盐和浓缩,达到所要求的盐浓度和浓缩度后,被送去喷雾干燥。

1.3 纳滤脱盐浓缩过程数学模型的建立

纳滤脱盐浓缩过程可以有 2 个方案来执行。方案一是恒容纳滤过程,这是针对盐含量有严格要求,要进行严格脱盐的染料处理过程。处理过程中要不断地向染料水溶液中补加水分,保持染料溶液的体积不变,染料的浓度基本不变,盐含量逐渐减少,待盐含量达到要求后,停止加水进行浓缩。方案二是非恒容纳滤过程,此过程是针对盐含量要求并不严格的染料,以浓缩为主要目的,过程中不向染料溶液中补水或补少量的水,待溶液浓缩达到要求时,停止操作。

设膜对盐的截留率为 r ,假定在整个过程中截留率 r 为一个定值,染料溶液的初始体积为 V_0 (m^3),初始含盐质量浓度为 C_0 (g/L),染料溶液最终盐质量浓度为 C_t (g/L),透过液的最终体积为 V_p (m^3)。

方案一:恒容纳滤的数学模型

$$V_0 dC = -C(1-r)dV \quad (1)$$

经整理后得:

$$\ln(C_0/C_t) = (1-r)V_p/V_0 \quad (2)$$

方案二:非恒容纳滤的数学模型

$$d(CV) = C(1-r)dV \quad (3)$$

经整理后得:

$$C_t = (1 - V_p/V_0)^{-1} C_0 \quad (4)$$

据资料显示,绝大多数的活性染料和酸性染料通常可以采用纳滤浓缩代替原工艺,同时用纳滤方法进行这些染料的脱盐,以提高其品质。

2 纳滤脱盐浓缩与盐析压滤过程的经济比较

2.1 比较的基础条件

假定某工厂染料的年产量为 1 000 t;染料的价格以 1998 年活性染料和酸性染料的平均出口价格为基准。

格以 1998 年活性染料和酸性染料的平均出口价格为基准。

2.2 纳滤脱盐浓缩代替盐析压滤取得的经济收益

(1) 原料无机盐的节省

显而易见,盐析被取代后,用于盐析的大量的盐被节省下来。在原工艺中,所加入的无机盐多为元明粉或者精盐,现盐以 NaCl 计,因为不同染料盐析所加入的精盐量不同,有的酸性染料盐析过程加入的盐与染料的质量比约是 4:1,有的染料盐析中盐和染料的质量比低一些,一般均在 2:1 左右^[4]。由于盐析后得到的盐中混有染料,而染料和盐的分离较为困难,从经济的角度来讲分离染料和盐并不合适,所以工厂一般并不回收盐。假定盐量和染料的比例为 2:1,即 1 t 染料盐析需 2 t 无机盐。现市场工业氯化钠的价格是 500 元/t,所以年耗资金 100 万元。即去掉盐析过程每年就可以为工厂节省百万元资金。

在工厂的实际操作过程中,一般要盐析 2 次。一次盐析的染料经压滤后,要重新打浆,经盐析压滤洗涤后,再用水打浆调整强度后送去喷雾干燥,这样的过程耗时、耗力。而纳滤过程则合并了盐析和压滤 2 个化工单元操作,降低了工人的劳动强度并且减少了劳动时间。

(2) 主体染料流失的减少

在染料的生产过程中,收率低是困扰染料生产的主要问题之一。在染料后处理过程中,压滤是染料流失的一个环节。通常压滤造成的染料损失大于 5%。在纳滤脱盐浓缩中,要使得纳滤膜与染料相匹配,若匹配良好,主体染料的损失在 1% 左右,远比普通压滤的损失要小。假定压滤过程染料的损失率为 5%,纳滤脱盐浓缩过程的损失率为 1%,染料的价格为 5 万元/t,那么改用纳滤方法每年可节约资金 200 万元。

(3) 膜损耗

在膜分离过程中因为膜的寿命问题,使得膜要定期更换。染料生产中膜损失为 600 元/t^[5],那么每年生产 1 000 t 的染料膜损失为 60 万元。

表 1 采用纳滤方法每年节约资金

项目	节盐资金	减少染料损失节省资金	膜损耗	全年共节约资金
金额/万元	100	200	-60	240

由表 1 可知,采用纳滤脱盐浓缩工艺每年可节

约资金 240 万元。

(4) 设备费

在染料纳滤脱盐浓缩过程中,恒容纳滤的渗透通量是最大的,所以笔者用恒容纳滤脱盐浓缩模型来估算设备费用。假定每年纳滤脱盐浓缩的时间为 7 500 h,所选纳滤膜的通量为 $60 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,对于年产量为 1 000 t 染料的工厂,则每小时需要生产的染料量为 0.13 t。如果合成染料中盐占 40%,染料质量浓度为 100 g/L,则盐的质量浓度为 67 g/L,如要求盐的最终质量浓度为 0.3 g/L,初始染料体积为 1 m^3 , r 取 0.4,则由公式(2)得到脱盐后的渗透液量为 9.01 m^3 。因为恒容,所以脱盐过程中染料的浓度基本不变,脱盐后的染料将继续浓缩。一般而言,经过纳滤浓缩后,染料溶液浓度通常可以由 10% (质量分数)增加到 30%,0.1 t 染料约含 0.9 t 水,浓缩到 30%后,需脱出约 0.67 m^3 的水。所以 0.1 t 染料纳滤脱盐浓缩后一共渗透 9.68 m^3 的水。那么 0.13 t 染料需渗透 12.9 m^3 的水量。所以 1 h 内满足这样的处理量所需的纳滤膜为 215 m^2 ,再加上一定的裕度, 250 m^2 的纳滤膜是可以满足要求的。而每平方米的纳滤膜约为 500 元左右,膜费用占设备费用的 $1/3$,则设备费用为 25 万元。这样一年节约的资金足可以回收一次性的设备投资。

我国是染料生产大国,但产品品质低,市场竞争不强是阻碍我国染料发展的主要问题。染料经过纳滤处理后,有效成分提高了 20% 以上^[6],达到了国外同类产品的水平,增强了在国际市场的竞争能力和出口创汇能力,将极大地促进染料行业的发展。

2.3 纳滤脱盐浓缩在染料生产中的节能效应

某些染料,如很多的活性染料,它们的常规生产工艺是将染料溶液直接送去喷雾干燥。这样若用纳滤脱盐浓缩工艺,一方面达到了脱盐效果,得到高品

质的产品,另一方面浓缩了染料,提高了染料的含固率,使得染料干燥能耗减少。干燥过程在染料的后处理过程中是高能耗操作工序之一,干燥操作的平均热效率约为 30% ~ 50%,所以节能在生产中有很重要的经济意义。常规的生产工艺条件下,染料溶液质量分数只有 10% 左右,经纳滤浓缩后的染料溶液质量分数可达 30% 左右。浓缩前每吨干染料约含 9 t 水,浓缩到 30% 后约为 1 t 干染料含 2.33 t 水。

表 2 为 2 种方法脱水操作成本比较,由此可估算出产量为 1 000 t 的染料厂,采用纳滤方法每年可节约资金 67.5 万元。

表 2 两种脱水方法操作成本的比较

脱水方法	价格/美元·m ⁻³
纳滤	1.0
喷雾干燥	13.21

3 结论

(1) 用纳滤脱盐浓缩代替盐析压滤过程,既省去了盐的消耗,节省了资金,又增加了染料的收率,对年产量为 1 000 t 染料的工厂,每年可节约资金近 240 万元,给工厂带来了很好的经济效益。

(2) 用纳滤脱盐方法处理过的染料,有效成分明显增加,其品质提高,增强了染料在国际市场的竞争能力,更利于出口创汇,同时具有很好的节能效果。

参考文献

- [1] 王金保.[J].膜科学与技术,2000,20(6):59.
- [2] 高从■,张建飞,等.[J].水处理技术,1996,22(3):147-150.
- [3] 朱乐平译.膜组件与设备[M].北京:化学工业出版社,1998.
- [4] 斯闰平.[J].印染助剂,2000,17(3):16.
- [5] 苏鹤祥,洪建华,等.[J].上海化工,1993,18(3):10.
- [6] 刘文广.[J].上海染料,2000,28(2):33.■

2003 年世界制药原料中国展 (CPhI CHINA)将在上海举办

由中国医药保健品进出口商会和欧洲博闻有限公司(CMPI)共同主办的 2003 年世界制药原料中国展(CPhI CHINA)将于 2003 年 6 月 17 日至 19 日在上海光大会展中心举办。

2003 年世界制药原料中国展(CPhI CHINA)是中国医药保健品进出口商会同欧洲博闻有限公司合作在中国举办的第三届制药原料国际性专业展览会。该展会已连续在上海举办了 2 届,展会面积从 $6\,000 \text{ m}^2$ 扩展到 $12\,000 \text{ m}^2$,参展商由 200 家发展到 300 多家。为了满足行业需求,本届展会将继续扩大规模,会展面积达 $16\,000 \text{ m}^2$,现已有来自 20 多个国家 100 多家外商和 360 多家国内企业报名参展。展会期间还将安排多场专业研讨会和新产品发布会,使业内人士充分掌握市场先机和行业发展动态。(任韦)