

酒精糟清液蒸发浓缩结垢机理 及其防垢 除垢

王培进 孙廷琮 周作伸

(吉林工业大学)

提 要 通过对酒精糟清液的成份分析及其垢的特性分析,揭示了酒精糟清液蒸发浓缩过程中垢的形成机理,指出了影响垢形成的主要因素及降低垢层厚度的方法,介绍了通过试验得出的除垢方法,对生产实际有重要参考价值。

关键词 酒精糟 蒸发浓缩 垢

Formation, Prevention and Clearance of Foul for Evaporative Condensation in the Clarified Spent Wash

Wang Pei-jin Sun Ting-zong Zhou Zuo-shen

(Jilin University of Technology, Changchun)

Abstract The component of the clarified spent wash and the characters of foul were analysed, the fouling behavior in the process of evaporative condensation in clarified spent wash, the main factors to affect fouling behavior and the methods to decrease fouling film thickness were discussed in the paper. The method to clear foul was tested by experiments

Key words Spent wash Evaporative condensation Foul

1 引 言

以玉米为原料生产酒精的过程中,要产生大量的蒸馏废糟(又称废醪)。废糟经分离设备,分离出糟渣和清液。清液经过蒸发浓缩后,与糟渣一起干燥,生产出饲料(DDGS)。

清液的组份比较复杂(表1),含有还原糖、总糖这类碳水化合物和以玉米中醇溶谷蛋白和粗纤维为主的不溶性固形物,还有以蛋白质高分子有机物为主的可溶性固形物和来自于水、玉米和发酵工艺的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 Si^{2+} 等无机物元素。

所以,清液在蒸发过程中形成的垢(以下简称清液垢)是有机垢和无机垢的混合物(如图1、2、3)。清液垢直接影响多效蒸发系统的正常操作,如何有效地防垢、除垢,是生产中的一大难题。

° 收稿日期: 1996- 04- 15

° 王培进, 博士生, 长春市斯大林大街 吉林工业大学博95级, 130025

表1 清液成份

pH	酸度	还原糖	总糖	不溶物	可溶物	总固形物	水分
3.71	5	0.24 %	0.52 %	0.034 %	1.64 %	1.674 %	98.32 %

说明: 1) 清液是由真空吸滤机分离而得, 故其不溶性固形物含量较低。对于倾析式离心机分离的清液, 其不溶性固形物为0.8%左右。 2) 分离设备不同, 仅影响固形物含量, 对其它成份无影响。

2 清液垢的形成机理^[1]

2.1 换热表面成垢的一般机理

传热表面的成垢一般为三个阶段:

1) 诱导期 具有一定浓度成垢物的液体, 其中的晶核沉积物由于受重力和金属壁面的吸引力(如静电力等)的作用, 首先被吸附在金属表面的活性点上或积聚在流速较低的部位, 从而为晶核的成长提供了场所, 这就是诱导期。

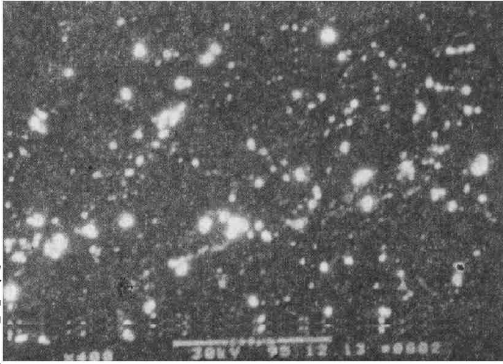


图1 靠近管壁表面(内表面)的结构

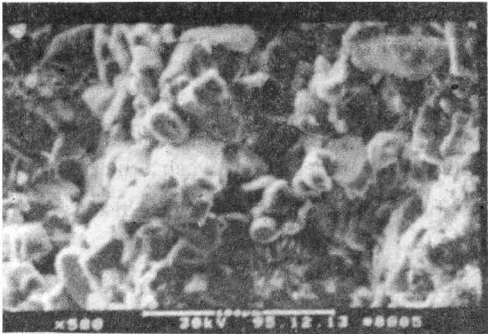


图2 外表面结构

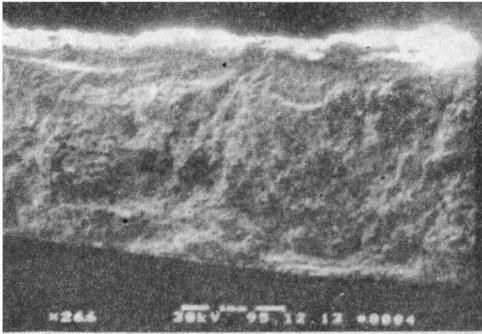


图3 断面结构

2) 沉积物生长期 在该时期内, 热阻随着时间而增加。其净增长速率为沉积速率和迁移速率之差。迁移速率取决于沉积物的机械强度、剪切率, 以及它的老化特性。

3) 稳定状态期 在这个时期, 热阻保持常数, 因为在该时期内污垢的沉积速率和迁移速率相等, 净成垢率为零。

对于清液垢的形成过程, 理论分析和生产实际都表明, 无稳定状态期。垢层的厚度随着时间的增加而增加, 这主要由清液的特殊性质及蒸发浓缩的特点所决定。多效蒸发系统的清垢周期较短, 一般为10 d 左右, 否则随着时间的增加, 垢层厚度逐渐增加, 影响蒸发效果, 以至于停产。

2.2 清液垢的形成机理

1) 蛋白质的热变性^[2] 蛋白质加热时, 极易变性, 使蛋白质分子结构发生根本变化, 导

致理化性质的改变,失去生物活性。蛋白质受热变性的机理是因为在较高的温度下,保持蛋白质空间构象的那些肽键断裂,破坏了肽键的特定排列,原来在分子内部的一些非极性基团暴露到了分子的表面,因而降低了蛋白质的溶解度,促进了蛋白质分子之间相结合而凝聚,形成了不可逆的凝胶而凝固。温度越高,变性越严重。清液垢主要是清液蒸发浓缩过程中蛋白质变性沉淀析出。

2) 羰氨反应^[2] 在较高的温度下,赖氨酸、色氨酸、苏氨酸和组氨酸等很容易与还原糖(如葡萄糖)发生羰氨反应,其产品为带有棕褐色的不溶性物质。清液中还原糖含量越高,反应越强烈,垢的颜色就可能成为棕褐色。而清液中还原糖的含量,又取决于玉米生产酒精工艺过程中糖份的利用率。

3) 垢的形成过程浅析 清液沿管(或板)壁呈膜状流动,该液膜内仍有速度边界层存在,靠近管壁的液体速度等于零。液膜内的不溶性固形物首先吸附在管壁的活性点上,成为晶核沉积物;由于蛋白质的变性及其羰氨反应形成的不溶性高分子有机物同时沉积在管壁,将不溶性固形物粘结在一起,形成了初始垢层。该垢层很薄且光滑(图1)。

由于初始垢层的存在,其粘附不溶性固形物的能力增强,变性有机物垢继续生成沉积,在速度边界层的作用下,垢层增长,分层排列,形成第二垢层(图3)。

随着垢层的增长,当其厚度超过了速度边界厚度时,汽液固三相(沸腾)紊流流动。在此区域内,形成的垢以颗粒状沉积为第三垢层,随着时间的增加而增加(图2)。在第一、第二、第三垢层形成过程中,伴随着无机物垢的沉积。无机物垢,主要是醋酸钙、碳酸钙、碳酸镁等无机盐类。

3 影响成垢的主要因素及降低垢层厚度方法

由上所述,清液蒸发浓缩过程中,垢的形成是必然的,一旦形成就是难溶的变性物质。因此,要主动防垢,尽量降低垢层的厚度,延长清垢周期,不能只被动地除垢。

3.1 不溶性固形物的含量^[3]

清液中不溶性固形物含量的多少,一方面直接影响垢的形成速度和厚度;另一方面也影响最终浓缩液的总固形物含量。试验表明,若不溶性固形物含量超过1%,蒸发器将迅速结垢,产品质量降低,机器正常运行将遭到破坏。所以要尽量降低清液中不溶性固形物含量。为此要求:

- 1) 玉米在粉碎、过筛阶段,保证颗粒直径在300 μm 以下的,不大于25%。
- 2) 提高废醪的温度,尽量降低废醪的粘度,便于分离。
- 3) 选用良好的分离设备,确定分离设备的最佳工作参数,保证其分离效果最好。

3.2 蒸发温度

蛋白质的凝固温度一般在50~70 之间,蛋白质的变性温度与蛋白质的结构、蛋白质的强度、溶液的pH值等因素有关。据资料和试验表明,清液的蒸发温度不能超过120 ,否则,蛋白质中的各种营养成分受到严重破坏,形成的垢难以除掉。

表2是某厂家六效工艺参数,一、二、三效温度较高,其蒸发器产生的垢变性严重,呈棕褐色,硬度较高,不易除掉(羰氨反应严重)。

表2 六效操作工艺参数

设 备	第一效	第二效	第三效	第四效	第五效	第六效
蒸发器压力 /M Pa	0 06~ 0 075	0 04~ 0 05	0 015~ 0 03	0~ 0 01	-0 053~ 0 04	-0 077~ 0 06
分离器压力 /M Pa	0 04~ 0 05	0 015~ 0 03	0~ 0 01	-0 053~ 0 04	-0 077~ 0 06	-0 07~ 0 08
蒸发液温度 /	108~ 111	103~ 107	100~ 102	83~ 87	64~ 72	52~ 64

表3是某厂家两效工艺参数, 负压蒸发, 其垢呈浅棕褐色, 较易除掉。

试验表明, 清液蒸发浓缩温度在60~ 90

较好, 既保证其流动性, 又保证所形成的垢
变性不严重, 易去掉。

3 3 水 质

水的硬度、杂质含量是影响无机垢形成的主要原因。若水的硬度太高, Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 等离子能使溶液中的蛋白质产生盐析现象, 沉淀析出。因此, 自来水使用之前, 必须进行软化处理。

3 4 生产管理

实际生产中, 若出现停电、停机等情况, 要对蒸发器进行及时清理, 这是很关键的因素。

3 5 清垢周期

从技术要求上讲, 工厂的清垢周期为7~ 10 d。

4 清液垢的清除

清液垢作为一种特殊的垢, 不溶于水, 不溶于丙酮、乙醚、甲醇等有机溶剂, 不溶于酸和碱。通过试验, 我们提出了碱洗和机械除垢相结合的方法。

先用3 %~ 8 %左右的NaOH 溶液, 煮沸至100 左右。冲洗蒸发管, 约30 m in; 然后仍用NaOH 溶液浸泡24 h 左右, 这时有10 %~ 20 %左右的垢溶解, 未溶解部分软化。再用较粗糙的长刷, 进行机械刷垢。

5 结 论

酒精糟清液是一种特殊的液体, 蒸发浓缩过程中形成的垢是一种特殊的垢。垢的形成是不可避免的, 要尽量控制影响垢形成速度和厚度的因素, 做到“主动防垢, 被动除垢”。清液垢的清除较为困难。

参 考 文 献

- 1 杨祖荣 浅谈换热表面的成垢和控制方法 化学工程, 1991(2): 19~ 23
- 2 徐寿昌 有机化学 北京: 高等教育出版社, 1989. 431~ 466
- 3 胡嗣明 酒精蒸馏废糟治理新技术及其利用途径 食品与发酵工业, 1986(4): 43~ 46