

如何处理酒精生产过程中结垢问题的探讨

张茂芬,郭润峰,谭海峰

(吉林燃料乙醇有限责任公司,吉林 吉林 132101)

摘要: 发酵成熟醪在输送、换热、蒸馏过程中,尤其在蒸馏时微溶或可溶物质浓度不断增加,其浓度超过其溶解度达到过饱和状态后,便会在设备内表面析出而形成醪垢,会造成换热器、蒸馏塔(醪塔)结垢堵塞,影响生产。对发酵过程醪垢成分、醪垢的成因进行分析,提出醪垢防治的措施和清洗办法。

关键词: 酒精; 蒸馏; 醪垢; 预防; 清洗

中图分类号: TS262.2; TS261.4

文献标识码: B

文章编号: 1001- 9286(2008)07- 0071- 02

Investigation on the Treatment of Mash Deposition in Alcohol Production

ZHANG Mao-fen, GUO Run-feng and TAN Hai-feng

(Jilin Fuel Alcohol Co.Ltd., Jilin, Jilin 132101, China)

Abstract: Mash deposition usually formed on the inner surface of the equipments during the transportation, heating exchange and distillation of fermented mash especially when soluble substances concentration kept increasing in the distillation and their concentration finally exceeded their solubility and became oversaturated and finally formed precipitation. Mash deposition would block heating exchanger and distilling tower and seriously damage normal production. In this paper, the compositions and the formation of mash deposition were analyzed and the relative prevention measures of mash deposition formation and cleaning methods of mash deposition were put forward. (Trans. by YUE Yang)

Key words: alcohol; distilling; mash deposition; prevention; cleaning

当前,我国燃料乙醇市场需求迅速增加,生产单位必须认真对待、注重能源安全问题,保证燃料乙醇安全、稳定、长周期供应。对于以谷物为原料的酒精生产同其他生产一样,也有它的特殊性,如:塔底再沸器、蒸馏塔(醪塔)结垢堵塞问题,尤其是醪塔堵塔问题是蒸馏系统能不能长周期运行的主要制约因素,影响燃料乙醇的安全供应。一般采取定期或不定期物理法或化学法处理,虽然能收到一定效果,但短时间内又会产生同样的问题。本文试图对醪垢的成因、预防和清除进行探讨。希望对业界有所帮助。

1 醪垢的定义

醪垢是沉积在设备、管道内表面上的,由不溶性盐、泥砂、纤维、淀粉、蛋白质、糊精、糖、酵母菌体及其他糖酵解代谢副产物等所组成的多成分物质。

醪垢一般附着在成熟醪预热器、塔底再沸器的管壁及蒸馏塔塔盘和塔件上,常常造成进料温度降低,塔底各板间温差加大,塔顶真空度升高,严重时会造成塔底跑酒,最终导致生产不能正常进行。

2 醪垢的形成

2.1 发酵成熟醪成分

收稿日期: 2008-03-18

作者简介 张茂芬(1974-),女,吉林人,大学本科,工程师,多年从事酒精生产、工艺、设计管理和科研开发等工作,发表论文数篇。

发酵成熟醪中除上述挥发性杂质外,还含有不挥发性杂质。例如:甘油、琥珀酸、乳酸、脂肪酸、无机盐类、酵母以及其他各种夹杂物,如不发酵性糖、植物体中的皮壳、纤维等。发酵成熟醪是一种复杂的多组分非均相混合液。它由水(75%~90%,w/w)、干物质(4%~10%,w/w)、酒精及其他挥发性物质(6%~15%,w/w)构成。

2.2 醪垢成分分析

醪垢的化学成分受各种条件影响很大。分析结果表明,不同原料产地、不同的前处理方法、不同的酒精生产工艺,醪垢的成分都不同。即便是同一工厂不同生产时期、不同部位,醪垢成分也有一定差别。表1为某酒精厂塔底再沸器醪垢的化学成分。

从表1结果可知,醪垢的化学成分为碳酸钙、碳酸镁、磷酸钙、硫酸钙、有机酸钙、糖、糊精、蛋白质等,是由多种无机物、有机物构成的,并以无机物为主。

2.3 醪垢的成因

2.3.1 微溶或可溶物质在蒸馏过程中处于过饱和状态而析出

发酵成熟醪在蒸馏过程中沿塔板逐层而下。相对挥发性大的物质在醪塔内沿塔板逐层上升,从顶部排出;干物质和水,还有高级醇、酸、酯类等相对挥发性小的物质沿塔板逐层向下,微溶或可溶物质浓度不断增加,当

表 1 醪垢的化学成分分析结果 (%)

醪垢的化学成分	分析结果
灼烧减量 (450℃)	35.3
SiO ₂ 及盐酸不溶物	4.2
FeO +Al ₂ O ₃	6.9
CaO	45.7
MgO	4.5
SO ₃	1.2
其他	2.2

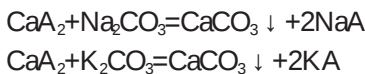
其浓度超过其溶解度达到过饱和状态后,便会在塔底再沸器的管壁及蒸馏塔塔盘和塔件表面析出。在蒸馏过程中首先析出的是溶解度较小的碳酸钙、碳酸镁、磷酸钙等,而溶解度稍大的一些物质也逐渐被浓缩沉积,如硫酸钙、有机酸钙等。

发酵成熟醪中的不溶性悬浮物质,如酵母菌体、纤维、淀粉及析出的无机盐形成晶核,加速了处于饱和状态下的无机盐、有机盐、糖、糊精、可溶性蛋白质等的析出。

众所周知,国内大部分酒精厂采用离心清液回配技术。离心清液的回配进一步提高了发酵成熟醪中干物质的含量,加剧了微溶或可溶物质在醪液中的输送、换热、蒸馏过程中的析出和结垢概率。

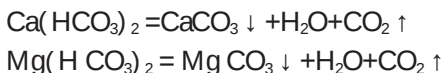
2.3.2 可溶性钙盐转化成碳酸钙垢

在蒸馏过程中,可溶性有机酸钙盐与醪液中的可溶性碳酸盐反应生成碳酸钙垢:



2.3.3 可溶性钙盐受热分解生成难溶碳酸钙垢

在蒸馏过程中,可溶性钙盐受热分解生成溶解度小的盐垢:



2.3.4 前处理的制浆工艺对醪垢的生成也有影响

在酒精生产中,前处理的制浆工艺可分为干法、半干法、湿法及改良湿法等,其对醪液输送、换热、蒸馏等过程中的结垢及积料影响程度从小到大依次为湿法、干法、半干法、改良湿法。无论哪种制浆工艺,造成堵塔或换热器效率下降的主要原因是醪垢的积累,物料粒度则是次要原因。

3 醪垢的预防

3.1 化学防垢法

投加阻垢剂。采取加入阻垢分散剂来抑制醪垢析出,这是一种经济上节约、操作上简便、效果上显著的方法。实践证明,投入(mg/L)级浓度的防垢剂即可起到很好的阻垢作用。由于酒精行业的特殊性,建议使用单宁、木质素等天然有机分散剂。

3.2 物理防垢法

物理防垢法又称电磁防垢法,即在醪管线相应位置加电磁防垢器,当醪通过电磁防垢器磁场时,钙、镁等成垢因子受强磁场感应而失去结晶能力,只能生成一种结构疏松易碎而不易牢固附着的沉渣,达到防垢的目的。

3.3 控制离心清液回配比,减少回配量

离心清液的回配进一步提高了发酵成熟醪中干物质含量,加剧了微溶或可溶物质在设备表面的析出,因此,只要适当控制回配比、增加新鲜工艺水量,就可以把成垢因子稳定在一定范围而不析出。也可给出最高上限,依据离心清液回配数学模型^[1],确定最佳回配率。

3.4 改善工艺、规范操作

醪垢形成除与机理有关外,还与温度、流速、浆料粒度、设备结构等因素有关。因此,新工厂要从工艺设计、设备选型、材料选择、施工安装质量抓起。已建成的工厂要从改进工艺、规范操作、加强管理抓起。

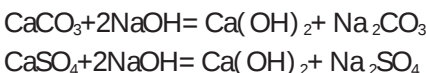
实践证明,当醪液在设备或管道内处于湍流状态下,醪垢形成概率大为减少;在生产运行中,合理控制生产负荷,稳定操作,避免蒸馏塔温度、压力波动过大,会有效降低系统醪垢形成速率;深入研究系统运行规律,正确确定设备清洗、检修周期,定期对系统进行有计划的清洗,也不失为防止醪垢形成和积累的一个有效途径。

4 醪垢的清洗

4.1 化学清洗法

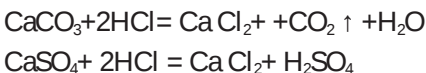
4.1.1 碱煮法

利用纯碱或烧碱与碳酸钙、硫酸钙等发生化学反应而除掉醪垢的方法。碱煮通常使用纯碱或烧碱,有时再加入少量磷酸钠和食盐作辅助除垢剂以提高煮洗除垢的协同效应。主要化学反应如下:



4.1.2 酸洗法

利用盐酸或硫酸与碳酸钙、磷酸钙等发生化学反应溶解醪垢的方法。主要化学反应如下:



4.2 CIP清洗法^[2]

4.2.1 CIP清洗(Clean In Place),是指不拆解或移动生产设备,采用适当的化学清洗配方,在一定温度、压力下进行清洗、杀菌和除垢。

4.2.2 CIP清洗技术具有减轻工人劳动强度、防止操作失误、清洗效率高、安全可靠等优点。通常分为预洗、碱洗、水洗、漂洗等几个阶段,是酒精工厂清洁生产的必备手段之一。

4.3 高压水射流清洗法

高压水清洗就是利用高压泵打出高压水经喷嘴转

(下转第 75 页)

表6 离子交换树脂再生后对原酒的降酸

项 目	总酸 (g/L)	降酸幅度 (%)	pH	色度
交换前	10.0			0.73
交换容量 1:10(v/v)	1.3	87	4.40	0.45
交换容量 1:20(v/v)	2.9	71	3.95	0.53
交换容量 1:30(v/v)	4.9	51	3.86	0.68

由表6可知,降酸效果比较满意,降酸后的酒口感圆润、醇和,光泽度良好。实验还发现,交换柱的流速与降酸效果变化较大,流速越小,处理酒的体积越大,降酸幅度更大。降酸处理的原酒,必须是澄清的,否则浑浊物质包裹树脂颗粒表面,直接影响降酸和再生处理效果。

每次使用或再生完毕后,用75%的食用酒精浸泡。树脂不能干放,以防止破裂。降酸处理时,首先用纯净水冲洗树脂至无酒精味时,再进行降酸操作。

树脂降酸后对杨梅干红酒的影响结果见表7。

表7 树脂降酸后杨梅干红酒的主要指标

序 号	酒度 (%vol)	总糖 (g/L)	总酸 (g/L)	挥发酸 (g/L)	总SO ₂ (mg/L)	干浸出物 (g/L)
A	11.1	1.5	6.5	0.7	98	18.4
B	10.9	2.5	6.7	0.6	106	17.6

冷稳定性试验:0 放置12h后,无沉淀。

热稳定性试验:80 水浴加热20min,冷却12h后,无沉淀。

感官:杨梅红色、澄清、香气纯正、口味醇和、圆润、酒体协调,典型性好。

由上述结果可知,树脂降酸后对杨梅干红的主要指标没有影响。证明此种降酸方法是可行的。

3 结论

通过降酸方法试验比较,采用DX₃树脂对澄清杨梅原酒进行降酸处理是一种较好的可行方法。

3.1 在交换量130(v/v)条件下,杨梅干红的降酸幅度达51%,对杨梅干红酒的主要指标没有影响。进一步证实DX₃树脂降酸的反复性和可行性。

3.2 杨梅干红酒降酸后,色泽艳丽呈红色,口味醇和圆润,酒体协调,同时抑制了金属离子引起的破败病,提高了酒体的稳定性。

3.3 实际大生产中易于操作。目前,公司按此试验方法进行降酸处理。在国内独家生产杨梅干红酒,适应大众口味,经济效益显著。实践证明是可行的。

3.4 DX₃树脂降酸法应用于杨梅干红酒的生产。对于工业化生产具有积极的作用,然而降酸过程中定量降酸控制、离子交换的运行连续化、再生液的循环利用等问题有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 陈宗良.杨梅栽培[M].北京:中国农业出版社,2001.
- [2] 李华.现代葡萄酒工艺学[M].西安:陕西人民出版社,2000.
- [3] 朱宝镛.葡萄酒工艺手册[M].北京:中国轻工业出版社,1995.
- [4] 高平发,李小刚,杨枫.葡萄及葡萄酒中的有机酸及降酸研究[J].中外葡萄与葡萄酒,1999,(4):6-11.
- [5] 徐怀德,寇利萍,姜莉.树莓干酒澄清和降酸技术研究[J].西北农学院学报,2004,19(3):113-115.
- [6] 吴雪辉,李琳,郭祀远,蔡妙颜,郑必胜.离子交换树脂在食品工业中的应用现状及其发展方向[J].食品与发酵工业,1998,24(2):70-73.

(上接第72页)

化成高流速的射流,沿着正向或切向冲击污垢,高压水在污垢上产生强大的冲击力将其击碎,从而露出被清洗的设备表面。高压水清洗需专业设备,已广为酒精厂采用。

5 小结

5.1 通过对酒精生产中污垢形成原因分析,找出结垢因子、结垢机理、结垢条件,为防治与清洗提供了理论依据,对污垢预防和处理具有普遍指导意义。

5.2 污垢的预防和清除,有些是从理论上给出的方法,

如化学防垢法,虽然在其他行业已成功应用,但在污垢处理上尚需实践;有些是从实践角度给出的方法,为成熟经验,如物理防垢法、CIP清洗法等可直接使用。

5.3 实践证明,利用离心清液回配数学模型,可随时监测结垢因子浓度,确定最佳回配量,使结垢因子浓度控制在允许范围内。

参考文献:

- [1] 姜树宽,吴立军,刘霄,等.离心清液回配数学模型建立的探讨[J].酿酒科技,2005,(11):58-60.
- [2] CIP原位清洗的控制[J].中国食品工业,2002,(3):29.

团结酿酒八方人士 传播科技四海知识