

乳品浓缩中板式蒸发器结垢的形成及其预防措施

(广州鹰金钱企业集团公司技术中心,广州 510655) 简国华

摘要介绍了板式蒸发器的主要结构及工作原理,通过对板式蒸发设备表面成垢机理及结垢特点的分析,明确了供料不足、蒸汽太大、进料温度过低是造成结垢的主要原因。提出了控制进料流量和速度,改变加热介质以及加强乳品蒸发过程的浓度控制等措施,以便预防板面结垢。

关键词 乳品 板式蒸发 结垢

Abstract The paper introduced the main structure and the working principles of the plate evaporator. According to the analysis to the fouling basic principles and the fouling character on the plate evaporate surface, the material shortage, the steam surfeit, the material temperature subcooled as the main reason of the fouling was determined. The methods to prevent the fouling in the dairy concentrating, such as controlling the material discharge and velocity, changing the heating medium and strengthening the dairy concentration control, were mentioned.

Key words dairy; plate evaporate; fouling

中图分类号:TS252.3 文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2002)07-0060-03

在 90 年代,通过吸收国外先进技术,多效板式蒸发浓缩设备在我国食品、化工等行业中逐步得到应用。该类设备结构紧凑,体积小,传热效率高,物料受热时间短,节能,可以通过增减蒸发器的板片来调整蒸发面积,便于灵活调节生产能力,因而,其应用正越来越广泛。但片式蒸发浓缩设备也和其他加热浓缩设备一样,常遇到设备表面形成结垢的问题。结垢的形成会直接影响传热效率,增加清洗费用和能源消耗,情况严重时还需频繁拆洗设备,影响设备使用寿命。尽管片式蒸发器易于拆洗,但结垢的形成对生产和经济效益有一定的影响。为使板式蒸发器能在高效下长期运行,使板式蒸发技术能在乳品行业中得到更广泛的应用,本文针对乳品浓缩中板式蒸发器结垢的特点,分析其成垢过程和影响因素,提出

收稿日期:2002-01-12

作者简介:简国华(1961-),男,工程师,主要从事食品研究与新产品开发工作。

了符合生产实际的防止结垢的措施,对多效板式蒸发设备在乳品浓缩中的应用具有实际的意义。

1 板式蒸发设备结构概述和成垢机理

1.1 板式蒸发设备结构及工作原理(以三效为例)

1.1.1 三效板式蒸发基本工艺流程 奶液→预热→杀菌→一效板式蒸发器→一效旋风分离器→二效板式蒸发器→二效旋风分离器→三效板式蒸发器→三效旋风分离器→浓缩乳

1.1.2 板式蒸发器和旋风分离器结构及工作原理 板式蒸发器由固定和活动压紧板、板片及紧固装置组成,在固定压紧板和活动压紧板之间夹压着数组蒸发板片,加热器依靠上横梁、下导杆、拉杆等部件紧固在一起。板片的组合和蒸发原理如图 1 所示。每组板片由 A、B、C、D 四种板型组成。加热介质(蒸汽或热水)分别通入 A 板正面与固定压紧板背面之间、B 与 C 之间和 D 板背面与活动压紧板正面之间(或与下一组 A 板正面之间)构成加热介质通道,加热介质进入通道后按折流板限定的流道走 S 形,自上而下流过,并放热,放热后的液体介质从板片的底部通道离开蒸发器。奶液由固定压紧板中下部的左右两侧的进料孔进入,两孔流量相同,奶液穿过进料孔后进入 A 与 B 板之间的升膜区,在升膜区中下部左右两侧的限流进料孔设计成细小的孔面积,起到限流作用,以确保第一组板片(最靠近固定压紧板的板片)和最后一组板片(最靠近活动压紧板的板片)的进料均匀。奶液进入升膜区后开始上升,此时奶液被加热,并在真空环

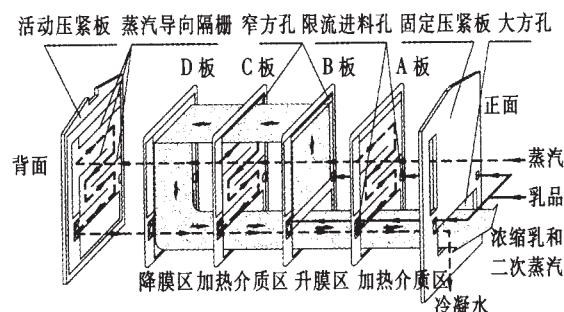


图 1 板式蒸发器示意图

表 1 板片拆洗观察结垢记录表

结垢所在位置	结垢次数	结垢状况	原因
一效降膜区	7	C 板背面上部较严重, 结垢的外表层海绵状, 较松软, 与板片接触, 供料不足, 蒸汽太大, 进料温度不够, 其他操作不当。	
一效升膜区	3	AB 两板上部略严重些, 结垢的外表层海绵状, 较松软, 与板片接触的内层结垢较紧密坚实, 不易刷洗。此三次拆洗同时可看到一效升膜区也有较严重的结垢。	供料不足, 蒸汽太大, 进料温度不够, 其他操作不当。
二效升、降膜区	1	不太严重, 结垢较松软, 较易刷洗; 此次拆洗同时可看到一效升、降膜区也有较严重的结垢。	供料不足。

境下开始蒸发, 当奶液和二次蒸汽上升到板片上部的窄方孔时, 奶液穿过窄方孔到达 C 与 D 板之间的降膜区, 象瀑布一样流下, 在真空和加热环境下形成降膜蒸发。蒸发后的浓缩奶液和二次蒸汽一起通过板片下部的大方孔向固定压紧板的大方孔出口流出。

浓缩奶和二次蒸汽一起离开板式蒸发器后, 紧接着进入旋风分离器, 旋风分离器上部是一个圆筒形不锈钢外壳, 壳体底部为直锥形。在与直锥形体上方即筒体中下部, 装有一个切向的浓缩奶液和二次蒸汽入口, 此入口与板式蒸发器的大方孔出料口相连接。浓缩奶和二次蒸汽以一定的速度切向进入旋风分离器并旋转流动, 体积立即扩大, 并产生离心力, 使浓缩奶液趋向壳壁并在重力作用下顺壁流下, 进入底部出口, 而二次蒸汽向上, 从上部的中心蒸汽出口处被抽出。

1.2 板式蒸发设备表面成垢特点及机理

在拆洗板式蒸发设备时, 对结垢状况进行观察记录, 统计情况如表 1 所示。

表 1 所记录的是我们在设备开始投产 5 个月来的拆洗观察情况, 这段时间的拆洗次数比较多, 此后, 经过对设备流程、工艺操作的改进和控制, 使得拆洗的次数大大减少。从表 1 可以看到, 绝大多数的结垢集中在一效蒸发区, 而在第三效蒸发器和所有的旋风分离器及其他非传热部分, 尽管流经的奶液浓度高些, 但未出现过明显的结垢现象。绝大多数的操作不当(如供料不足, 蒸汽太大, 进料温度不够等), 首先会引起一效蒸发板片表面的结垢, 而该区域的工作温度最高, 由此可见, 温度是成垢最重要的影响因素。由于一效区域温度较高, 在接触板片的物料层温度高于一效蒸发温度计指示的温度, 若某一时间的操作不当, 将极有可能使该物料层超过 110℃。在 110℃以上所形成的积垢中, 矿物质是最基本的成分, 这些积垢的内层结构紧密坚实, 不易刷洗; 结垢的外层离板片远些, 温度较内层低些, 形成的积垢主要以蛋白质为主, 结构较为松软。二效蒸发区的积垢较松软, 易清洗。因此, 对一效蒸发区结垢的控制是研究考虑的重点。

在浓缩过程中, 奶中的成垢附着物在板片上的

沉积和液体运动过程的冲刷对结垢的作用是相反的, 当沉积起主要作用时附着物的沉积速率大于冲刷带走积垢的迁移速率, 结垢就会形成; 当冲刷起主要作用时, 情况则相反, 成垢受阻, 甚至结垢会被冲洗掉。传热表面的形成通常可观察到三种状态, 即诱导期、沉积物(结垢)成长期、稳定状态期^[1]。在诱导期, 奶中的成垢附着物易于沉积成点状垢, 成为垢层的“诱导核心”; 随着运行时间的增加, “诱导核心”的结垢不断积聚扩大, 积垢已进入成长期; 当积垢基本覆盖了整个传热表面, 并增厚到某一程度时, 沉积与冲刷作用基本持平, 沉积速率与迁移速率之差趋于零, 此时积垢层保持稳定, 这一阶段为稳定阶段。我们必须采取必要的措施来控制“诱导核心”的产生和成长。

2 防结垢控制措施

基于上述板式蒸发器的特殊结构和成垢机理, 为防止奶液浓缩中在板式蒸发器上形成结垢, 所采用的控制措施有以下几种:

2.1 确保蒸发区域受热均匀, 防止加热板片表面“暴露”

2.1.1 板片蒸发器安装时注意上平面必须在水平位置。如图 1 所示, 奶液穿过窄方孔到达 C 与 D 板片之间的降膜区象瀑布一样流下时, 若窄方孔安装不够水平(一边高, 另一边低), 奶液落下时将会使液体一边流量大, 另一边流量少, 甚至无物流而板片“暴露”, 引起较为严重的受热不均匀。因此, 安装板式蒸发器时, 必须用水平尺校准板式蒸发器的上平面, 板片的上平面与窄方孔通道平面相互平行, 板片的上平面校正了, 窄方孔通道平面自然也就水平了。

2.1.2 防止板片进料孔造成堵塞。升膜区的限流进料孔较细, 必须防止大颗粒的物料进入蒸发系统, 以防堵塞限流进料孔。因而, 在进入一效板式蒸发器前装一过滤网是必要的。

2.1.3 进料流量和压力控制在设计要求的范围内确保进入一效蒸发区的进料流量和进料压力非常重要, 当进料流量和压力不足时, 将不能保证第一组板片到最后一组板片的进料流量均匀, 有可能出现最后一组板片供料不足或无供料的情况, 从而形成结垢。

2.2 加热介质温度不能太高,传热温差不能太大

在一效板片若采用蒸汽(特别是过热蒸汽)作为加热介质,将会使加热介质与物料之间的温差太大,板片传热通量大,与板片接触的奶液层与远离板片的奶液层之间温度梯度变化大,使接触板片的物料处于“高温受热状态”,在这一状态下,奶液形成紧密的结垢层附着在板片上。防止温差太大的措施有:

- 2.2.1 采用热水作加热介质 热水的热稳定性较蒸汽要好,因此,在设计时,采用热水循环回路的方式对第一效蒸发区的奶液加热,水先经汽水混合器与蒸汽混合,变为热水,再让热水流过一效板式蒸发器的加热介质区,把热量传递给板片的另一边奶液,水自身温度降低后流出蒸发器,进入热水贮存缸,经泵压入汽水混合器中再进行下一次的热水循环。第一效的加热蒸发温度一般在85℃,热水温度一般高出蒸发温度10℃左右,只要加热介质的压力控制在0.06MPa以下,板片两侧压差不会相差太大。
- 2.2.2 低温物料进入蒸发系统时,需逐步加温 对于温度较低的奶液,进入浓缩系统时,必须经两级以上的预热,再进行杀菌和一效板式蒸发。预热的加热介质尽量不用蒸汽,而应该利用杀菌、一效或二效蒸发器流出的冷凝水余热,这样既可增加热利用率,又可减少传热温差,防止结垢。

2.3 确保流体以一定的速度流经板片

物料的流速或流量是产生冲刷作用的基础。根据雷诺准数的描述,流体的流动分为“层流”和“湍流”两种状态^[2]。在液体的密度、粘度和流道结构不变的情况下,流速直接影响着流体的流动状态。为了最大限度地提高冲刷作用,使板片表面难以形成稳定的“诱导核心”,在设计时,大多采用“湍流”的方式,因此,设备使用时,应使物料流量控制在设定的数值

中国已经加入WTO,原本激烈的印刷包装市场的竞争更趋白热化,一方面国内外印刷包装用户迫切需要了解适合自己的更多印务公司,另一方面印务公司急需扩展自己的销售渠道,了解印刷包装用户的最新需求,同时也希望了解掌握最新的印刷技术动向。

华南地区历来是中国印刷包装的重镇,特别是莅临的香港印务市场重心逐渐向广东倾斜,及部分台资印刷企业的迁移,其印刷技术和管理水平在国内首屈一指。

鉴于此,中国印刷包装网在成功举办首届(华东区)胶印行业高层联谊会的基础上,由中国印刷包装网主办,广东包装技术协会协办,在华南各印刷包装协会及行业媒体的支持下,将举办

第二届中国印刷包装网(华南)公司和华南地区著名印刷包装用户(涵盖食品、家电、药品、保健品、烟酒、化妆品、银行、证券、报刊、杂志等)及印刷机械、纸张、耗材供应商面对面沟通交流。同时邀请印刷包装行业内的权威厂家作从印前到印后及CTP、数码印刷的技术演讲。

至此次报道之时,已有140余家印刷包装用户及印刷包装公司传真明确表示参加此次胶印行业高层联谊会,不少印刷包装公司(如深圳九星、广东顺昌、顺德百灵、南昌三联、云南通印股份)是总经理带队,技术负责人、采购负责人同行,显示印刷包装同行对此次会议的重视;同时很多与会印刷包装用户(如广州屈臣氏食品、厦门金日制药、安尚秀化妆品、深圳达能)回执反馈,对防伪、印刷品质量、最新包装材料、CTP、数码印刷表示密切关注。

据悉,中国印刷包装网这次华南会议将不同于上次华东会议,将对会议流程作部分改动,使这次与会单位能有更充足的时间和空间来沟通和交流。

中国印刷包装网华南区会务组电话:021-62516233、62526361、62518021

联系人:金小姐、田小姐

范围内。若要保证进料流量,须定期检查清理进料过滤网的杂质。此外,还应注意进料泵故障及生产某一环节引起的供料不足。

2.4 注意控制乳品蒸发过程的浓度,防止过度蒸发浓缩

一般情况下,进料浓度不会太高,问题是当出现物料某一瞬间的供料不足或过度蒸发,导致浓度过大,粘度太高,使物料内容物结晶凝固在板片表面,形成积垢,这种情况大多会使出料浓度远远高于规定的值。

2.5 突发停电时的防焦结措施

生产中突然停电的情况偶然也会发生。当突然停电时,气动蒸汽阀会自动关闭,供汽停止,但系统中的蒸汽仍然存在,在一效板式蒸发器的加热介质仍然有大量的热量,温度还很高,此时,易使一效板式蒸发器的降膜区上半部分奶液蒸干,形成积垢。要解决这个问题,可在一效板式蒸发器的进料管连接一自来水管,在该管中装入一停电供水阀,当停电时,让自来水导入一效板式蒸发器中,让冷的自来水灌满降膜蒸发区。

2.6 及时清洗设备

生产结束后及时清洗浓缩设备,就可以把板片表面刚形成的垢层及其“诱导核心”冲刷掉,控制其进一步“成长”。若停产一段时间后才清洗,待板片上的水流干后,所形成的垢层将变得干固,以后再清洗就困难了。所以,及时清洗也是重要的。

通过执行以上的控制措施,在后来的生产中,板式蒸发设备的拆洗次数大大减少,实践证明,这些控制结垢的方法措施是有效的。

参考文献(略)

百尺竿头更进一步

胶印行业高层联谊会

在此次会议上,中国印刷包

装网将邀请200余家印刷包