薄膜蒸发器的设计*

张晓峰,邢玉华

(中国有色(沈阳)冶金机械有限公司,辽宁 沈阳 110141)

摘 要: 综述了机械搅拌式薄膜蒸发器的基本结构、原理,并以 1 m^2 机械搅拌式薄膜蒸发器为例论述了薄膜蒸发器的结构设计过程。机械搅拌式薄膜蒸发器是利用旋转的刮板将料液分散成均匀的薄膜,以进行物料浓缩的一种新型高效蒸发设备。

关 键 词: 薄膜蒸发器;机械搅拌式;石油化工;蒸发面积
中图分类号: TQ 051.6+2 文献标识码: A 文章编号: 1671-0460(2010)05-0614-03

常规的蒸发换热设备不可能很好地适应某些物料的蒸发和反应,特别是热敏性物料,粘性物料,有生垢发泡趋势的物料。机械搅拌薄膜蒸发器与常规蒸发器相比,因其具有独特的优点,特别适用于这类物料的蒸发分离。搅拌薄膜蒸发器广泛应用与石油化工,食品,生化,医药等行业。

1 薄膜蒸发器的基本结构

薄膜蒸发器都是由驱动和蒸发浓缩两大部分组成。以用途最广的立式机械搅拌薄膜蒸发器为例。其结构简图(如图 1 所示)。

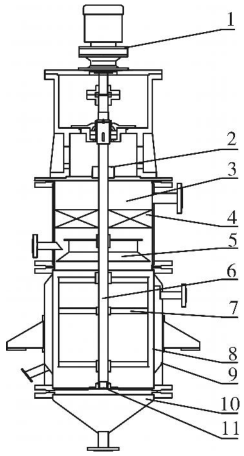

图 1 薄膜蒸发器结构简图

Fig. 1 Membrane evaporator structure diagram

1- 电机、减速器;2- 上端机械密封;3- 分离筒;4- 除沫器;
5- 分布器;6- 主轴;7- 转子和刮板;8- 筒体;9- 夹套;
10- 底封头;11- 下端密封

2 工作原理

预热到一定温度的物料自搅拌薄膜蒸发器上部进料口进入蒸发器,经转轴中部的布料盘通过离心力均布在圆筒内壁上。再通过刮板的搅拌,驱动,分散在蒸发圆筒加热内壁上形成均匀液膜。液膜吸收夹套中加热介质(回执蒸汽或导热油)供给蒸发表面(圆筒内壁)的热量,在其表面进行物质的迅速蒸发,膜层受热蒸发后会减薄。后进入的料液又被后继而来的刮板扫刮,形成新膜,再蒸发,如此反复进行。料液渐被浓缩,最后由出料口排出。蒸发出来的蒸汽,经除沫器,出二次蒸汽出口排出。

3 设计条件

蒸发面积 1 m^2,由上述参数选择设计进料量为 0.386 m^3/h,长径比 L/D=3.5。本文要设计的蒸发器工作要求参数:

进料物料浓度(w):30%;
进料物料温度:45 ℃;
进料物料黏度:0.1 Pa·s;
进料量:0.386 m^3/h;
出料物料浓度(w):50%;
出料物料温度:75 ℃;
加热蒸汽压力(表压):0.3 MPa;
加热蒸汽压力温度:132.9 ℃;
蒸发器内压力(绝压):0.01 MPa。

4 结构设计

4.1 蒸发器筒体与夹套设计

4.1.1 蒸发器筒体

蒸发器筒体长径比的选取,参照立式薄膜蒸发器长径比(L/D)选取原则一般为 3～6,当筒体内径

* 收稿日期:2010-05-27
作者简介:张晓峰(1974-),男,工程师,辽宁沈阳人,1996 年毕业于中南工业大学有色金属冶炼专业,主要从事制铝设备的设计研发工作。E-mail:zhangxiaofeng0205@163.com,电话:024-25505555-6161。

小时,筒体长径比取偏大值,进料粘度小时,也要求筒体长径比取偏大值。而"0"间隙式的长径比要较固定间隙式小些,同时考虑到长径比大时,相应自由蒸汽通道小,不利于残气的排出。考虑多种因素,设计时其长径比应取小值,取 L/D=3.5,薄膜蒸发器的传热面积为 1 m^2,初步估算 :π D× L=1。

所以可得 L=1.10 m,D=314 mm。传热筒体材料可先取无缝钢管 DN=300,壁厚 δ=5.5。

利用图算法计算外压圆筒的许用压力,因为:

$$\frac{D_0}{\delta}=\frac{325}{5.5}=59 \qquad \frac{L}{D_0}=\frac{1.1}{0.325}=3.38$$

查文献[6]得到系数 A=8,选用不锈钢查表得设计温度 150 ℃时 B=95 MPa。根据式:

$$[P]=\frac{B}{D_0/\delta}=\frac{95}{59}=1.61$$

由设计压力 P = 0.3 MPa≤ $[P]$=1.61 MPa 知筒体安全。

4.1.2　加热夹套

因设计温度 150 ℃,材料为 Q235A,夹套设计 D_0=378 mm,δ=7 mm;

$$\frac{D_0}{\delta}=\frac{378}{7}=54,\frac{L}{D_0}=\frac{1140}{378}=3.0$$

查文献[6]得到系数 A=8,选用不锈钢查表得在设计温度 150 ℃时 B=105 MPa。根据下式得:

$$[P]=\frac{B}{D_0/\delta}=\frac{105}{54}=1.94$$

由设计压力 P=0.3 MPa≤ $[P]$=1.94 MPa,可知夹套安全。

4.2　刮板驱动功率

4.3　传动装置

薄膜蒸发器的转子是由传动装置来带动。传动装置通常设置在蒸发器的上部。根据所求得的刮板驱动功率 42 W,选取合适的传动装置。

4.4　转子部件

转子设计是薄膜蒸发器设计的关键所在。本设计采用 Smith 转子。1 m^2 的薄膜蒸发装置中转子部件由以下几部分组成 :主轴、刮板、刮板导槽、除沫器、物料分布器、及其它联接部件。

4.4.1　主轴

主轴拟用 45 号钢,根据算得的搅拌 P=42 W 来确定选用钢的直径,然后在机床上加工联轴器段和轴承段。

本蒸发器中搅拌轴主要受扭矩作用,故忽略轴上弯扭等其他载荷作用。轴材料为 45 钢,电机功率 P=0.55 kW。

$$d\geq\sqrt[3]{\frac{9550000P}{0.2[\tau]_T\cdot n}}$$

$$d\geq\sqrt[3]{\frac{9550000\times 0.55}{0.2\times 30\times 160}}=17.6$$

已知 n=160 r/min,取$[\tau]_T$=30 MPa。

考虑到轴比较长,故取最小轴径为 d_{min}=30 mm,轴承段直径 d_1=40 mm。

4.4.2　刮板

刮板材质采用聚四氟乙烯,它是由一定配比(6∶1～12∶1)的玻璃纤维与聚四氟乙烯树脂所组成的一种有机复合材料,具有良好的润滑性和耐磨性、优异的化学稳定性,使用温度为 - 180～250 ℃。本装置工作温度为 45～132.9 ℃,此材料适合。

4.4.3　刮板导槽

刮板导槽采用"U"型槽,它将通过焊接固定在转子支架上。

4.4.4　物料分布器

液体分布器置于刮板上方,将进料液体均匀地分布于筒体壁面上。

采用最常见的液体分布器,它是固定于主轴上的一个分布盘,当进料液流入分布盘时,随轴回转的分布盘将料液甩至筒体内壁、这种料液分布器适用于各种不同黏度的物料。

4.4.5　除沫器

物料在蒸发面蒸发时,由于固体颗粒的析出、过热、热分解等原因,会有雾沫夹带现象,当蒸发强度越大,刮膜速度越快,雾沫夹带现象越严重。在料液分布器上方,设置有除沫器,以除去二次蒸汽中可能夹带的雾沫。本设计中采用气滤式过滤网作为除沫器,此网层高 100 mm。丝网是固定的,不随轴转动,轴与丝网接触的部分有适当的密封,以防止二次蒸汽短路。工作时,气滤式过滤网捕沫器形成一道屏障,将物料蒸发产生的二次蒸汽夹带的液沫挡回去,只有二次蒸汽通过。

4.5　其他附件

薄膜蒸发器上还有许多其他附件,如设备接口、支座、底轴承、机械密封等。

4.5.1　设备接口

设备接口设计见表 1。

表 1　管口表

Table 1　Pipe orifice table

符号	公称尺寸 /mm	连接尺寸标准	连接面形式	用途或名称
a	40	HGJ45- 91 PN0.25	凸面	出料口
b	25	HGJ45- 91 PN0.6	凸面	冷却水出口
c	25	HGJ45- 91 PN0.6	凸面	进料口
d	40	HGJ45- 91 PN0.25	凸面	二次蒸汽出口
e	25	HGJ45- 91 PN0.25	凸面	蒸汽入口

4.5.2　机械密封

采用双端面非平衡型机械密封,该段轴径d_2=30 mm,轴套直径 d=40 mm。计算机械密封的密

封接触面内外径，取面积比 k=1.1，接触面宽度取 b=3 mm，查表知则

外径：

$$D_2=2kb\pm\sqrt{(2kb)^2-4kb^2+d^2}$$

$$D_2=2\times 1.1\times 3\pm\sqrt{(2\times 1.1\times 3)^2-4\times 1.1\times 3^2+40^2}$$

内径：$D_1=D_2-2b=47-2\times 3=41$

4.5.3 底轴承

根据本设计条件，轴瓦材料选用锡青铜，轴衬材料选用硬木，轴套材料选用碳钢。轴瓦固定用销钉固定在轴承支架上。

4.5.4 支座

搅拌式蒸发器为立式安装，最常用的支座为耳式支座，标准耳式支座（GB/T 4725-92）分为 A 型和 B 型 2 种。当设备需要保温或直接支承在楼板上时选 B 型，否则选用 A 型。根据本设备安装条件选用 4 个 A 型耳式支座。

5 结束语

机械搅拌式薄膜蒸发器作为一种新型的蒸发设备，具有普通蒸发器无法比拟的突出优点，应该具有更广泛的应用领域，为工业生产带来巨大的社会效益。搅拌薄膜蒸发器特别适合于热敏性、高沸点和高粘度物料的处理，其作用是通过蒸汽加热物料，使其中水分蒸发，达到浓缩物料的目的。对于仅在某些领域成熟的工业设备，不仅应在结构方面，还需在传质、传热性能方面作大量工作。

参 考 文 献

[1] 汪蕊.薄膜蒸发器流体流动数值模拟及传热计算初探[D].南京：南京工业大学，2003.
[2] 李佳.薄膜蒸发器传热性能分析与实验研究[D].南京：南京工业大学，2004.
[3] 丁昌勇.薄膜蒸发器蜂窝夹套结构强度研究[D].南京：南京工业大学，2005.
[4] 张凤梧.机械搅拌式薄膜蒸发器[J].化工机械，1983（5）：9-26.
[5] 韦佩英.新型实用旋膜蒸发器与流程[J].化学工程，1997（2）：30-32.
[6] 陈国桓.化工机械基础[M].北京：化学工业出版社，2006.

Design of Membrane Evaporator

ZHANG Xiao-feng, XING Yv-hua

(NFC (Shenyang) Metallurgical Machinery Co., Ltd., Liaoning Shenyang 110141, China)

Abstract: Structure and principle of membrane evaporator with mechanical agitation were reviewed. Taking 1m^2 mechanical agitated membrane evaporator as an example, design process of the membrane evaporator was discussed. Mechanical agitated membrane evaporator uses rotating squeegee to disperse liquid materials to form film, which makes materials to be concentrated.

Key words: Membrane evaporator; Mechanical stirring; Petroleum chemical; Evaporation area

（上接第 610 页）

参 考 文 献

[1] 张德姜.工艺管道安装设计手册：第一篇，设计与计算[M].北京.中国石化出版社，2009.

Type Selection of Air Cooler for the Recovery Tower of Aromatic Unit

SHEN Feng-yu

(China Huanqiu Contracting and Engineering Corp. Liaoning Branch Company, Liaoning Fushun 113006, China)

Abstract: By comparison of process calculations and site service situations of different types of air coolers, under the condition of limited covering area, the air cooler type for the recovery tower of aromatic unit was reasonably selected to solve the freezing prevention problem of air cooler and decrease the labor intensity of air cooler operation.

Key words: Air cooler; Recovery tower; Air cooler; Type selection