

喷雾造粒干燥设备综述

Summary of spray granulation drying equipment

孙丹峰¹, 季幼章^{1, 2}

¹ 苏州市电通电力电子有限公司 苏州 250001

² 中国科学院等离子体物理研究所 合肥 230031

摘要: 喷雾造粒干燥是氧化锌压敏电阻生产过程中十分重要的工序, 粒料的质量直接影响压敏电阻瓷片的外观、机械性能以及电气特性。本文综述了喷雾干燥机的分类和性能比较, 压力式喷雾造料干燥机与喷雾干燥机区别, 喷雾造粒工作原理, 喷雾造粒的主要特点, 介绍了喷雾造粒干燥设备的开发方向。

关键词: 喷雾干燥, 造粒, 喷雾造粒干燥机, 压敏陶瓷, 应用

1 引言

喷雾造粒干燥机是一种通过对物料进行流态化、除尘、雾化、固化等处理, 达成粒度要求后产出产品的一种干燥设备。

喷雾干燥造粒是氧化锌压敏电阻生产过程中十分重要的工序, 粒料的质量直接影响压敏电阻瓷片的外观、机械性能以及电气特性。

造粒是指在磨细的粉料中加入一定量的粘合剂, 均匀调和后使之形成颗粒状粉体, 用喷雾器喷入造粒塔中进行雾化, 塔中的雾滴被塔中热气流干燥成颗粒状粉体, 然后从干燥塔底部卸出。这种粉料具有较好的流动性与压延性, 以便在压片工序中可以得到具有较好强度、不易分层开裂的片子。

本文综述了喷雾干燥机的分类和性能比较, 压力式喷雾造料干燥机与喷雾干燥机区别, 喷雾造粒工作原理, 喷雾造粒的主要特点, 介绍了喷雾造粒干燥设备的开发方向。

2 喷雾干燥机分类

喷雾干燥机是采用雾化器将原料液分散为雾滴, 并用热气体(空气、氮气或过热水蒸汽)干燥雾滴而获得产品的一种干燥方法。原料液可以是溶液、乳浊液、悬浮液, 也可以是熔融液或膏糊液。干燥产品根据需要可制成粉状、颗粒状、空心球或团粒状。

喷雾干燥的优点:

(1) 由于雾滴群的表面积很大, 物料所需的干燥时间很短(以秒计)。

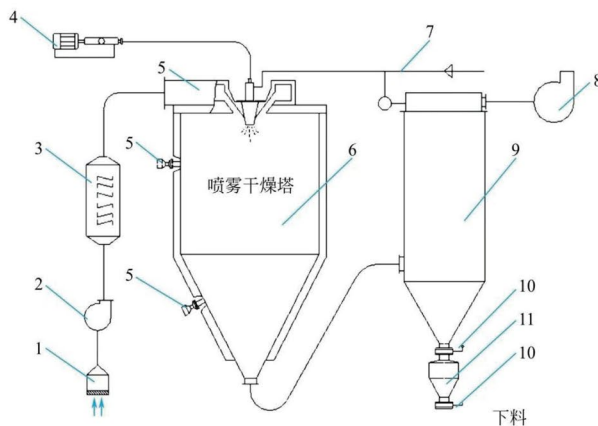
(2) 在高温气流中, 表面润湿的物料温度不超过干燥介质的湿球温度, 由于迅速干燥, 终的产品温度也不高。因此,

喷雾干燥特别适用于热敏性物料。

(3) 根据喷雾干燥操作上的灵活性, 可以满足各种产品的质量指标, 例如粒度分布, 产品形状, 产品性质(不含粉尘、流动性、润湿性、速溶性), 产品的色、香、味、生物活性以及终产品的湿含量。

(4) 简化工艺流程。在干燥塔内可直接将溶液制成粉末产品。此外。喷雾干燥容易实现机械化、自动化, 减轻粉尘飞扬, 改善劳动环境。

图1示出喷雾干燥机结构图。



1—空气过滤器; 2—送风机; 3—加热器; 4—料浆泵; 5—热风分配器; 6—喷雾干燥器; 7—压缩空气管; 8—引风机; 9—布袋收尘器; 10—蝶阀; 11—料仓

图1 喷雾干燥机结构图

由于不同的需要, 喷雾干燥机有许多分类方法, 如按气流流向分有并流式(顺流式)、逆流式和混流式; 按雾化器的安装方式分有上喷下式、下喷上式; 按系统分有开放式, 部分循环式和密闭式等等^[1~4]。

众所周知,喷雾干燥的雾化器有多种,但按其雾化机理,雾化器分为压力式、离心式和气流式三种。习惯上,人们对喷雾干燥机按雾化方式进行分类,也就是按雾化器的结构分类。将喷雾干燥分为压力式(机械式)、转盘式(离心式)、气流式等三种型式。大量使用喷雾干燥机是近三十年的事,我国最早工业化的应是气流式喷雾干燥机。但随着压力式、离心式喷雾干燥机的成功开发,气流式喷雾干燥机能量消耗大的缺点就显现出来(雾化器消耗的能量是另两种的4~8倍)。

2.1 压力式喷雾干燥机

2.1.1 工作原理

采用高压泵通过喷嘴将料液雾化,雾滴与经过热风分布器调节后进入干燥塔的热风在塔内混合,进行快速传热传质,在极短的时间内干燥成为粉粒状产品。

根据雾化压力不同分为高压、中压和低压喷雾干燥机,根据流场的不同分为并流、混流和逆流喷雾干燥机^[5,6]。

2.1.2 压力式喷雾干燥机特点

(1) 干燥速度快,料液经雾化后表面积大大增加,在热风气流中,瞬间就可蒸发95%~98%的水分,完成干燥的时间仅需要十几秒到数十秒种。

(2) 所得产品为球状颗粒,粒度均匀,流动性、溶解性好,产品纯度高,质量好。

(3) 使用范围广,根据物料的特性,可进行热风干燥,造粒,也可以进行冷却造粒,喷雾结晶,喷雾反应等。

(4) 可配备细粉回送与附聚系统,满足用户对物料粒径的要求。

(5) 操作简单稳定,控制方便,容易实现自动化作业,产品粒径、松装密度、水分在一定范围内可以调节。

(6) 适用于无粘性和低粘性液体物料干燥。

(7) 喷嘴结构简单,使用维护方便。

2.2 离心式喷雾干燥机

2.2.1 工作原理

离心式喷雾干燥机为开式循环,并流式,离心式雾化。干燥介质空气经过初、中效空气过滤器过滤后,根据操作指令由鼓风机吸取、再经加热器加热、通过高效过滤器的热风分配器,热空气呈螺旋状均匀地进入喷雾干燥主塔。液体物料根据操作指令经过蠕动泵,进入高速旋转的离心雾化器喷头,在离心力作用下将料液喷雾雾化被分散成小雾滴。在喷雾干燥主塔内,小雾滴与热风在充分接触,沿

其特定路径进行热交换后被干燥成为粉状产品,然后通过旋风分离器实现分离,固体物料被收集,气体介质再经过过滤后被排出。

2.2.2 离心式喷雾干燥机特点

(1) 不同种类的溶液、悬浊液、乳液和膏糊状物料可实现一次性连续干燥生产。

(2) 喷雾干燥的雾距和雾滴颗粒直径可略作调整。

(3) 热风分配合理,消除了吸顶和粘壁现象。

(4) 同时适合于热敏性和非热敏性物料的干燥,产品颗粒较压力式喷雾干燥的产品为细。

(5) 简化生产过程,操作方便,产品流动性和速溶性好。

2.3 气流式喷雾干燥机

2.3.1 干燥流程

气流式喷雾干燥流程根据工艺的需要可分为两种。

(1) 一种是上喷式,即喷嘴设置在干燥塔的顶部,雾化后的料液和热风从上向下并流完成干燥过程,适合于粘度较大物料的干燥;

(2) 第二种是喷嘴设置在干燥塔的底部,雾化后的料液和热风一起从下向上完成干燥过程,适合于耐温性能较好的物料的干燥,传统的小规模的减水剂的干燥原来都采用这种方式。

气流式喷雾干燥机的雾化器,也叫气流式喷嘴,喷嘴结构一般较为简单,低粘度物料和高粘度料液均可雾化,使用范围较广,所得的颗粒较细,一般约为5~30微米,操作弹性大。但其缺点也很明显,就是用于雾化的压缩空气的动力消耗较大。主要用于高粘度料液或分子量较大的有机料液的雾化干燥。气流式喷嘴根据结构可分二流体和三流体,其中二流体又可分为外混式和内混式两种。

2.3.2 工作原理

采用二流体(或三流体)喷嘴式雾化器,利用压缩空气(或蒸汽等)与料液在亚音速或超音速范围的速度差,将常规和有一定粘性的物料雾化成微细雾滴,与干燥热介质迅速进行热交换,在极短的时间内干燥成粉。

2.3.3 气流式喷雾干燥机特点

(1) 能够处理溶液、悬浊液、糊状物及腐蚀性、高硬度等多种物性的物料。

(2) 操作方便,可靠,应用户要求可实现自动控制运行过程。

(3) 热利用率较高,可依用户情况选用蒸汽、电加热、

燃煤、燃油、燃气炉等。

- (4) 操作环境良好, 粉尘排放达到国家标准要求。
- (5) 干燥产品质量优, 粒径均匀, 流动性好, 终水分均匀。

2.4 喷雾干燥机分类比较

表 1 列出压力式喷雾干燥机、离心式喷雾干燥机与气流式喷雾干燥机的比较。

3 压力式喷雾造粒干燥机

3.1 喷雾干燥机分类比较

压力式喷雾造粒干燥机可以使固体含量较高的浆料经过压力雾化造粒, 干燥成球形颗粒状产品, 干燥后成品, 自由流动性好, 它能均匀而迅速地填满压模。残余水分含量和松装密度恒定性好, 适用于等静压及模压成型, 喷雾造粒, 可比原机械造粒压制用的模具提高使用寿命 4 ~ 8 倍, 压制出的产品, 一致性好, 光洁度高^[7, 8]。

压力式喷雾造粒干燥机是一种可以同时完成干燥和造粒的装置。按工艺要求可以调节料泵的压力, 流量, 喷孔的大小, 得到所需的按一定大小比例的球形颗粒。

(1) 喷雾造粒干燥机组工作过程为料液通过隔膜泵高压输入, 喷出雾状液滴, 然后同热空气并流下降。大部分粉粒由塔底排料口收集, 废气及其微小粉末经过旋风分离器分离, 废气由抽风机排出, 粉末由设在旋风分离器下端的授粉筒收集, 风机出口处还可装备二级除尘装置, 回收率

在 96 ~ 98 % 以上。

(2) 喷雾造料干燥机组与物料接触部分的塔体, 管道, 分离器的材料, 均采用 SU304 制作。在塔体内部与外壳之间有足够保温层, 填充材料为超细玻璃棉, 塔体设有观察门, 视镜, 光源及控制仪表, 由电器控制操作台控制和显示。

(3) 喷雾造料干燥机组的热源装置采用蒸汽加热或电加热器, 具有操作方便, 启动快, 结构紧凑, 热风干净等优点。另外在电气控制柜内装有电加热器的控制装置, 使进口温度无级调节。对于缺电地区可采用蒸汽加热或燃煤, 燃油热风炉等方式, 局部或全部代替电加热装置。

3.2 喷雾干燥机与喷雾造粒干燥机区别^[5~8]

(1) 相似处: 温度加热都是加热鼓风循环。

比如温度加热都是加热鼓风循环的, 然后电热恒温。小型喷雾干燥机的温度范围有些也可以满足喷雾造粒机的温度需要。

(2) 用途对比

喷雾干燥机主要是干燥、烘焙、熔蜡、热处理用的。喷雾干燥就是一种纯雾化干燥设备, 一般粒径约 0 ~ 30 微米。

而喷雾造粒干燥机主要是陶瓷浆料造粒, 成品颗粒大, 粒径一般微几十至几百微米。

(3) 温度范围对比

喷雾干燥机能达到 300℃, 而喷雾造粒干燥机一般最

表 1 喷雾干燥机分类比较

序号	项目	压力式喷雾干燥	离心式喷雾干燥	气流式喷雾干燥
1	料液处理量	调节范围小, 但处理量大	调节范围大	调节范围窄
2	料液粘度变化	适于低粘度, 高粘物料喷雾困难	可调转速, 适用于高粘物料	可调节压缩空气压力
3	进料压力 (MPa)	高压, 约 1 ~ 20	低压, 约 0.3	低压, 约 0.3
4	供料高压泵	需要柱塞泵	不需要	不需要
5	雾化器价格	便宜	高	便宜
6	雾化器维修保养	喷嘴易磨损, 高压泵需保养	高速转速的高精度保养难	容易
7	雾化器动力消耗	最小	小	最大
8	干燥塔热风流向	并流逆流与混合流均可以	逆流与水平流均不适宜	并流逆流
9	干燥塔塔径	小	大	小
10	干燥塔塔长	高	低	较低
11	干燥塔安装位置及粘壁现象	喷嘴可装在任意位置, 粘壁可稍止	雾化器安装在塔顶, 塔顶内壁易粘附	小直径易粘壁
12	产品粒度	最小	小	最大
13	产品均匀性	粗粒	均匀	微粒
14	产品堆积密度	重, 粒子中空其含量少	轻, 粒子中空呈球形	—

高 250℃。

(4) 价格方面

喷雾干燥机的价格比同类喷雾造粒干燥机的要便宜很多。

(5) 特殊需要

① 有的喷雾造粒干燥机带压缩机以达到来满足一些需要颗粒较大的需求；

② 有的需要带流化床的；

③ 有些需要满足湿度的。

所以喷雾干燥机绝不能代替喷雾造粒干燥机。

4 喷雾造粒干燥设备的开发方向

目前我国的喷雾干燥行业已有一定的企业数量和生产规模，主要生产企业有在制药机械、化工机械、食品机械、电子陶瓷等，但企业仍须通过吸收国外先进技术、创新提升产品品质，并按照高品质、低能耗、环保型的要求进行研究及调整产品结构，才能满足生产需求^[9]。

从近年来国内外喷雾干燥设备的开发方向，主要有以下几种趋势

(1) 几种传热形式综合应用，使之在喷雾干燥的不同阶段发挥各种传热形式的优势，使设备用能更加合理。

(2) 设备的大型化开发。任何生产都有最佳经济规模，喷雾干燥设备的放大技术能保证实现规模化生产，因此设备的大型化研究是今后的发展方向之一。

(3) 喷雾干燥设备专用化。喷雾干燥设备是非标设备，之所以是非标设备主要是处理的物料物性及产品要求差异很大，所以有针对性的设计喷雾干燥设备更能发挥其作用，从技术至经济均有一定意义。

(4) 多级及组合喷雾干燥系统的开发。不同型式的喷雾干燥设备可以适用不同的物料或可以适用物料不同的喷雾干燥阶段，组合喷雾干燥可以最大限度地优化喷雾干燥过程，使喷雾干燥系统更加合理。

(5) 设备的多功能化。现在的喷雾干燥设备已不仅仅局限于喷雾干燥操作，有时还将粉碎、分级、甚至加热反应集于一机之中，大大缩短生产工艺流程，使设备呈多功能化。

5 喷雾干燥技术的研究进展

喷雾干燥的实现步骤为：料液的输送与分配→干燥介质的加热→干燥介质与雾滴的接触干燥→干燥产品与气体介质分离，因此近年来对喷雾干燥的研究方向多为干燥介质、气液接触干燥、产品性质控制等^[10]。

(1) 新型雾化器的研究

雾化器是指液体的雾化装置，此乃喷雾干燥系统的核心部件。

① Niro 公司研发多系列雾装置，且不同规格的离心式雾化器均能达到

5 kg/h ~ 200 kg/h 的喷液量。

② 国外有学者提出把超声雾化与喷雾干燥结合起来应用，且应用效果显著。

③ 有学者提出小型超声雾化器的基本原理，即借助强度相当的超声场，从超声源表面释放出雾滴→雾滴与四周空气相接触，完成产品的蒸发干燥，超声的振动频率应> 20 kHz。此种小型的超声雾化器比常规的雾化器更具节能效果。

(2) 节能+组合的干燥方式

喷雾干燥的热效率仅为 40 ~ 60 %，采用组合式干燥方式更能达到节能目的，如喷雾干燥与内部流化床干燥、或与内外部流化床干燥的二 / 三级组合干燥方式。比较结果显示，三级组合干燥方式的节能性较单级喷雾方式高出 40 %。

(3) 新型喷雾干燥技术

① 国外研究人员研发出喷雾干燥与冷冻干燥相结合的喷雾冷冻干燥技术，满足高温介质环境的要求。

② 调查结果显示多数喷雾干燥所采用的干燥介质为环境空气，但就某些特殊性的物料而言，如含有有机溶剂的物料，则多选用闭式循环的喷雾干燥系统，且系统多直接采用氮气来保护，另外亦可采用环境空气进行保护。

③ 化工产品及食品的加工领域已普遍应用过热蒸汽进行干燥处理，具有节能效率高等优点。

参考文献

- 1 喷雾干燥研究进展. <https://wenku.baidu.com/view/4a02043d16fc700abb68fc7d.html>
- 2 黄立新, 周瑞君, A S Mujumdar. 近年来喷雾干燥技术研究进展和展望. 干燥技术与设备, 2008年第6卷, 第1期, 3~8
- 3 黄立新, 周瑞君, A S Mujumdar. 喷雾干燥的研究进展. 干燥技术与设备, 2009年第7卷, 第5期, 195 ~ 198

下转18页