

超细气流粉碎技术在化妆品中的应用

曹绪章

(广州雅芳制造有限公司, 广东 广州 510900)

摘要: 论述一种具有自分级功能的新型超细气流粉碎机的结构、原理及其在化妆品中的应用; 结合超细气流粉碎技术在化妆品中的应用现状, 指出气流粉碎机在该领域的研究方向。结果表明, 超细气流粉碎技术能明显提升化妆品的压粉性能及使用品质, 提高活性物及中草药的水溶性及药物的溶出度, 有利于提升化妆品的功效。

关键词: 超细粉碎; 气流粉碎机; 化妆品

中图分类号: TQ65, TB44 文献标志码: A

文章编号: 1008-5548(2015)03-0093-04

Application of Superfine Jet Pulverization Technology in Cosmetics

CAO Xuzhang

(AVON Manufacturing (Guangzhou) Ltd., Guangzhou 510900, China)

Abstract: The principle and structure of an innovative superfine jetmill and its application in cosmetics were reviewed. Base on the current application of superfine jet pulverization technology in cosmetics, the research directions of jetmill were pointed out. The results show that the superfine jet pulverization technology can apparently improve the application performance and pressing quality of press powder makeup. The solubility and drug dissolution of active ingredients and herbals are facilitated. As a result, the effectiveness of cosmetics is improved.

Keywords: superfine pulverization; jetmill; cosmetic

超细粉碎是指将粗颗粒物料粉碎至粒径小于 10~25 μm 的单元操作。当物料被粉碎至粒径小于 10 μm 后, 超细颗粒具有高表面活性、空隙率和表面能, 从而赋予物料优良的溶解性、吸附性、流动性及独特的光、电、磁等性能。超细粉碎技术被广泛应用于食品、医药、信息材料、微电子、保温材料、高级耐火材料、高技术陶瓷、涂料、填料和新材料产业^[1-2]。

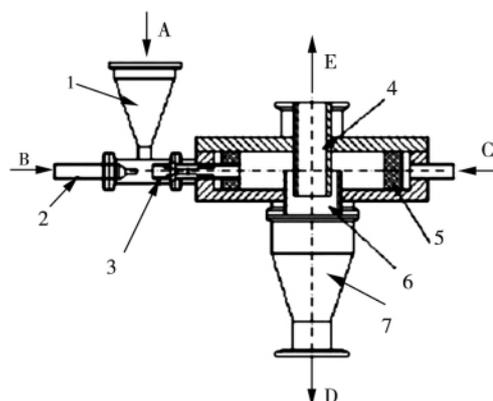
气流粉碎机作为对粉体实现超微粉碎的最有效装备之一, 采用超音速气流冲击物料, 使物料相互碰撞, 从而达到超细粉碎的目的, 因此气流粉碎设备操作简单, 无污染, 产品纯度高, 活性保持良好, 粉体分

散性好, 粒度小且分布较窄, 颗粒表面光滑, 特别适用于热敏性和湿敏性药物的超细粉碎。国际上 25% 的气流粉碎机被用于制备超细药物, 但是气流粉碎技术应用于化妆品中活性物的微粉化或产品制作的报道很少。随着近 20 年我国化妆品工业的高速发展, 大量生物活性物和中草药粉被广泛应用于各类化妆品中, 但是原料的颗粒大, 存在低温难溶于水或直接应用难以被皮肤吸收的问题。通过对活性物原料进行超细粉碎, 可以大大降低活性物的溶解温度, 有利于活性的保持和透皮吸收。另外, 气流粉碎技术应用于高档压粉类彩妆品制造, 改善粉体结构, 对压粉性能和产品质量都有很大提高。气流粉碎技术在化妆品行业有着广阔的应用前景。

本文中对一种扁平式圆盘气流磨的结构及工作原理进行论述, 结合在压粉类化妆品及一些功能性化妆品中的实用例子, 提出气流粉碎技术在该领域的改进发展方向。

1 圆盘式气流磨的结构及工作原理

圆盘式气流磨是医药和化妆品行业中常用的超细粉碎设备, 图 1 所示为瑞士 APTM 公司 CJ3000X 型圆盘式气流磨的结构。该气流磨由扁平圆柱形研磨室、送料装置、Delaval 型喷嘴、粉体接收装置和气流连



1—料斗; 2—文丘里喷嘴; 3—文丘里管; 4—上级颗粒分级装置; 5—气孔环; 6—下级颗粒分级装置; 7—导筒。

图 1 CJ3000X 型圆盘式气流粉碎机结构

Fig. 1 Design concept of CJ3000X disk type jetmill

收稿日期: 2014-06-18, 修回日期: 2014-07-14。

作者简介: 曹绪章 (1971—), 男, 硕士, 工程师, 生产经理, 研究方向为日用化学品的研发与生产。E-mail: xuzhang.cao@avon.com。

接器组成。料斗内的物料经螺杆送到喷嘴口,由 B 处气流(压力约为 0.7 MPa,速度为音速的 2~2.5 倍)推动加速至 300~500 m/s,经文丘里喷嘴沿切线方向喷入磨腔,气流在喷嘴出口产生绝热膨胀,使物料温度降低,进入磨腔的颗粒在气流作用下形成涡流运动。同时,C 处气流(压力、速度与 B 处的相同)被送入磨腔外侧,经气孔环上的小孔沿一定的角度喷入磨腔,对颗粒的运动产生 2 个方向的作用力:一个是沿壁方向加速颗粒的运动,为颗粒之间的碰撞进一步提供动能;另一个是沿圆心方向对颗粒作用产生向心力,迫使颗粒向圆心运动。在这 2 种力的作用下,颗粒的运行轨迹呈螺旋涡流式运动。在此过程中发生颗粒之间的相互碰撞,导致颗粒变小。随着小颗粒质量减小,离心力减小;当颗粒受到的向心力大于离心力时,颗粒向中心运动,而大颗粒因离心力大而又返回壁方向一侧进一步加速、碰撞。进到中心的微细颗粒气流受到中心分级器的阻力作用,气流改变运动方向,进入下面锥形套筒;旋风分离作用使得颗粒与筒壁碰撞失去动能,落入下面的细粉收集桶内,而更小的颗粒则随着气流经上部分级器进入收集器中。

C 处气流经喷嘴环喷入磨腔的角度及磨腔半径对颗粒的细度及粒径分布有重要影响。研磨不同的物料需用不同的喷嘴环,以获得最佳研磨角。瑞士 APTM

公司开发了研磨角为 18~45°的系列喷嘴环,喷嘴环与磨腔直径的理想配合与研磨料的特性相关,需要在大量实验的基础上建立数学模型,计算设计出相应的气流粉碎机的结构^[2]。

2 气流粉碎机在化妆品中的应用

2.1 着色剂和填充粉体的微粉化

着色剂和填充粉料大量应用于化妆品中的粉底、眼影及粉饼类产品,配方师希望这些粉料能均匀地分散于乳化体系中,然后使用少量的悬浮剂,以达到粉体稳定分散的目的,并同时表现出良好的基色表现力和细腻润滑的肤感。这要求粉体除了具备与乳化体系具有良好的亲合性外,还必须具有足够的细度。目前,化妆品行业中应用的粉体研磨设备主要以三辊研磨机、胶体磨、球磨机等,但是这些湿法研磨设备存在产品粒度分布宽,需要加入甘油或油类物质湿润色料,导致研磨过程易滋生微生物,设备有死角,不易清洗、消毒等问题。气流磨机与物料接触部分采用镜面设计,易于清洗、消毒,全密封体系对物料无染,产品粒径均匀,粒度分布窄,非常适用于色料和粉体填充剂的生产流程。眼影粉的工艺流程如图 2 所示。

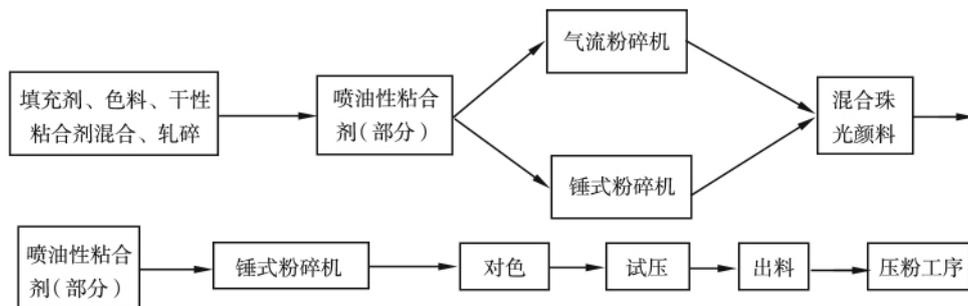
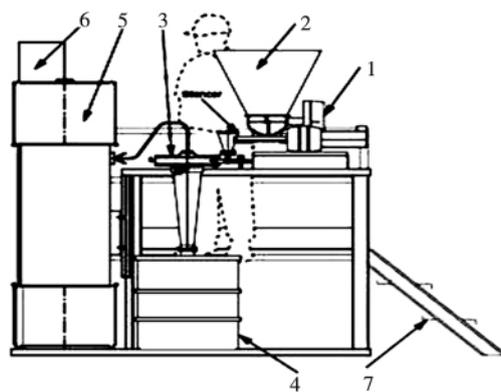


图 2 眼影粉的制造流程

Fig. 2 Processing flow of eyeshadow powders

气流粉碎机的工艺流程如图 3 所示。粉料首先在混合器中混匀、喷油后进一步轧碎,然后转入气流磨的料斗,用螺杆送至喷嘴,被压缩空气加速进入磨腔,研磨的细粉收集于下部桶内,超细粉通过布袋排气后收集。气压与送料速度是影响磨粉效果的重要因素。气压通过压力报警装置控制,当压力小于设定值时,系统自动停机。送料过快,会导致磨腔及喷嘴的堵塞;送料过慢,则导致颗粒之间的碰撞频率减小,不能有效研磨。通过控制螺杆的转速可以实现稳定的送料速度。不同尺寸的气流粉碎机要求的送料速度不同,如表 1 所示。

在眼影粉的制造过程中,粉料及着色剂的超细粉碎可通过气流粉碎机或锤式粉碎机实现。经过 2 种方



1—给料电机;2—料斗;3—气流磨;4—微粉收集桶;5—超微粉收集装置;6—控制柜;7—梯子。

图 3 气流粉碎机的工艺流程

Fig. 3 Processing flow of jetmill

表 1 气流粉碎机尺寸与給料速度的关系

Tab.1 Relationship between mill size and feeding speed

磨腔直径/英寸	压缩空气体积流速/(m ³ ·min ⁻¹)	給料速率/(kg·h ⁻¹)
8	2.83	36
12	6.37	82
15	9.90	128
20	15.65	200

注:1 英寸=2.54 cm。

式粉碎的粉料采用 MicrotracS3500 粒度测定仪测定粒径分布,结果如图 4 所示。由图可知,经过气流粉碎机研磨的粉料粒度更小,分布更窄。

气流粉碎机与锤式磨粉机的压粉性能对比如表 2 所示。由表可知,粒径小、粒度均匀分布的粉料具有优

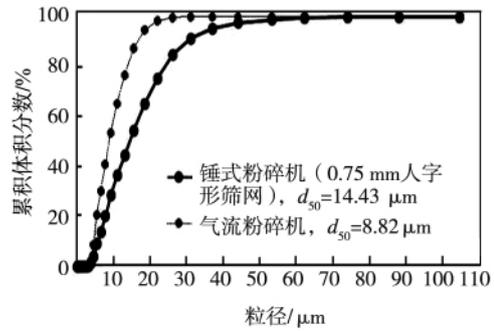


图 4 气流粉碎机与锤式粉碎机粉碎粉料的粒度分布

Fig. 4 Particle size distribution of powders pulverize by jetmill and hammer mill

异的压粉性能。气流粉碎机制备的粉料所用压力小,起粉性能更加优异。眼影粉在附着性、柔滑性及绒膜性等使用感方面表现更佳。

表 2 气流粉碎机与锤式磨粉机的压粉性能对比

Tab. 2 Pressing performance comparison between jetmill and hammer mill

粉碎设备	刮板测试	压力为 1 000 kPa		压力为 1 500 kPa		压力为 2 000 kPa	
		跌落实验	起粉测试	跌落实验	起粉测试	跌落实验	起粉测试
锤式磨粉机(配孔径 1 mm 人字筛网), 1 次粉碎	有色流, 色料未分散均匀	中间开裂	成片状脱落, 表面有凸起	中间轻微开裂	成片状脱落, 表面有细小凸起	边角开裂	起粉量可以接受, 表面有细小凸起
锤式磨粉机(配孔径 1 mm 人字筛网), 2 次粉碎	无色流, 色料分散均匀	中间开裂	起粉量大, 触摸表面不平滑	边角开裂	起粉量适中, 触摸表面轻微不平滑	轻微边裂	起粉量适中, 触摸表面轻微不平滑
气流粉碎机, 1 次粉碎	无色流, 色料分散均匀	边角开裂	起粉量稍大, 表面均匀	合格	合格	合格	合格

2.2 活性原料的微粉化

微粉化后的活性物原料水溶性更佳,有利于活性的保持。如护肤品中具有抗菌作用的尿囊素、穿心莲内酯,需要在 80 °C 时溶解 2 h,如果经过超细粉碎,在 80 °C 时只需几分钟便可溶解,极大地保持了抗菌活性。维生素 C(简称 VC)及其衍生物(如 VC 糖甙)常用于美白化妆品中,但是在贮存过程中,即使在避光的情况下产品也极易变黄,VC 被氧化而失去活性。如果在制作过程中不先将 VC 溶于基质中,而是在消费者使用时通过泵压装置将 VC 与基质混合,将 VC 溶于基质中,便可完全利用 VC 的活性,但是市售 VC 的粒径均为 100~200 μm,不能实现快速溶解。如果经过超细粉碎,使粒径减小至小于 10 μm,VC 便能快速溶解于基质溶液中,利用此类技术的面膜化妆品已有市售。珍珠粉含有丰富的氨基酸和各种微量元素,具有滋养、美白等多种功效,市售水不溶性珍珠粉粒径均为 400~800 μm,直接服用基本上不能吸收,而通过乳酸处理的珍珠虽然可水溶,但是氨基酸会部分酸解。通过超细粉碎,可将珍珠粉碎至粒径小于 0.1 μm,以

利于皮肤直接吸收。

除了活性物的超细粉碎外,气流粉碎机还可用于胶体的超细粉碎,以利于胶体的快速分散、溶解。这些胶体有阿拉伯胶、卡拉胶及果胶等黏多糖物质,以及明胶和改性纤维素类。这些胶体常用于粉剂型面膜制品中,经气流粉碎机超细粉碎后,面膜可快速溶解于热水中成型,胶体溶解均匀,不会有局部白点出现。

2.3 中草药的超细粉碎

中草药已广泛应用于各类功效性化妆品中,如在美白祛斑类产品中使用的白茯苓、白果仁、白术等,在粉刺制品常用的连翘、苦参等。在一些面膜类制品中,中草药往往以粉剂的形式直接加入,但是普通粒度的中药粉是难于被吸收的,需要细胞破壁后才能释放其中的功效性成分。中药材的细胞直径一般为 10~50 μm,一部分达到 70 μm,如果将中草药粉碎到粒径为 70 μm 时,仅仅有部分细胞开始破壁,要想达到以提高药效为目的的破壁,应该粉碎至粒径约为 25 μm 才比较合适。例如,花粉中营养丰富的主要成分在外壁以内,未

(下转第 99 页)

结金属的布气板,探寻使用最佳的疏松元件。

通过上述一系列操作优化及改造措施,实现了煤粉给料系统的稳定运行,优化后运行数据如图5所示。由图可知,单台气化炉进煤粉质量流量为68~74 t/h,波动幅度小于5%,这样的稳定输送有利地保障了气化炉的平稳运行。

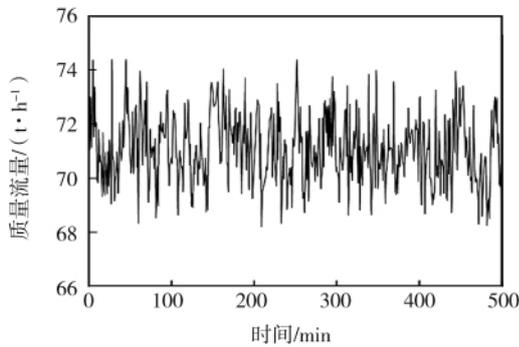


图5 总煤粉流量

Fig. 5 Total flow of pulverized coal

3 结论

1)锁斗及发料罐容积小的问题需要通过操作控制优化条件来解决。

2)锁斗阀故障的影响问题主要通过设置吹扫气、

安装连续料位计、及时更换维修来解决。

3)搅拌器故障及煤粉管线问题的解决措施是通过定期检查、煤粉管线固定、矫正及采用圆型钢,防止煤粉的架桥现象。

4)疏松元件破损问题主要通过在对疏松元件的选型、配置、制造新的疏松元件,增加布气板厚度、丝网透气度以及采用烧结金属的布气板等措施解决。

5)优化措施的实施实现了煤粉密相输送质量流量波动幅度小于5%,有利地保障了气化炉平稳运行。

参考文献(References):

- [1] MOLERUS O. Overview: pneumatic transport of solids[J]. Powder Technology, 1996, 88(3): 309-321.
- [2] SINGER T. Dense-phase pneumatic conveying: applications, system design, and troubleshooting[J]. Powder and Bulk Engineering, 2003, 17(3): 27-33.
- [3] 徐越, 吴一宁, 危师让. 二段式干煤粉气流床气化技术的模拟研究与分析[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(10): 187-190.
- [4] 范春雷, 陈晓平, 赵长遂. 粉煤加压密相输送特性试验研究[J]. 锅炉技术, 2008, 39(1): 10-13.
- [5] 北京索斯泰克煤气化技术有限公司. GSP™ 煤气化技术的应用[J]. 化肥工业, 2006, 33(3): 5-9.
- [6] 马银剑, 黄斌. GSP 干煤粉气化装置试车总结[J]. 化肥工业, 2011, 38(5): 61-63.

(上接第95页)

经破壁无法被人体获取,一般粉碎机均无法破碎非常坚韧的花粉外壁,但是花粉的粉碎破壁在气流粉碎机上就可以实现^[3]。江苏省江阴市鑫陆化工制药设备有限公司的WS系列超细气流粉碎机,粉碎中草药的粒径一般能达到6.5~15 μm。超细粉碎的药粉粒度更加细微均匀,比表面积增大,孔隙率增大,有效成分能较好地分散、释放。

3 结语

1)微粉化技术是一套完整的工艺和技术,是一个系统化过程,在化妆品的制造过程中需满足化妆品卫生规范的要求。在过去的几年中,虽然我国已在超细粉碎领域取得很大进步,但是要将其应用到化妆品的产业化上,还应结合化妆品行业的特点,设计易于清洗和消毒、制造过程不污染产品、不产生粉尘、能耗低的超细粉碎设备。

2)加强超细粉碎的基础理论研究,结合各种粉料性能,在实验的基础上进行模块设计,建立数据模型,开发多功能、一体化的气流研磨设备,提高综合配套性能、自动控制能力和单机处理能力,能得到粒度分

布窄的超细粉体,并且能适应不同特性及各种硬度物料的加工。

3)寻求减少气流研磨设备粉碎中磨损的有效途径,延长设备使用寿命,减少产品污染。重点解决气流磨磨腔、喷嘴环的材质问题,开发高耐磨性的合金材料。另外,合适的工艺流程也是减少气流磨磨损的有效措施。

4)寻求降低能耗、提高能量利用率的有效途径,克服气流粉碎机能量利用率低这一最大缺点。

5)气流研磨技术的发展将为开发高品质、高技术含量、功效优良的化妆品提供技术支撑,增强产品的市场竞争力。气流研磨技术不仅可以广泛应用于压粉类彩妆品和面膜制品中,而且在活性原料及中草药的预处理方面也有广阔的应用前景。

参考文献(References):

- [1] 张更超, 应富强. 超细粉碎技术现状及发展趋势[J]. 中国粉体技术, 2003, 9(2): 46-48.
- [2] 李凤生. 超细粉体技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [3] 葛晓陵. 药物超细粉碎技术的研究[J]. 中国粉体技术, 2002, 8(6): 19-23.