

粉末涂料粉碎分级系统研究

李双跃,刁雄,黄鹏,慕海军,李庭婷

(西南科技大学制造科学与工程学院,四川绵阳621000)

摘要:粉末涂料粉碎分级系统是粉末涂料制备过程的重要环节。针对粉末涂料的特点和对粒径的需求,在研究ACM冲击式粉碎机和SCX超细分级机基础上,探索了2条不同工艺流程的粉碎分级系统,分析了影响该工艺及系统的粉碎分级性能的因素。实验表明,进行2次分级的粉末涂料粉碎分级系统,能分别控制粒径的上限和下限,使得粒径分布窄,合格产品的质量分数为96%,平均粒径为40 μm 。

关键词:粉末涂料;粉碎分级;工艺流程;影响因素

中图分类号:TD63

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2011)06-0082-04

Study on crushing and grading system of powder coating

LI Shuang-yue, DIAO Xiong, HUANG Peng, QI Hai-jun, LI Ting-ting

(School of Manufacturing Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: The crushing and grading system of powder coating is an important component in its preparation process. According to the properties and size requirements of powder coating, two different craft processes of crushing and grading system are explored on the basis of the ACM impact crusher and SCX superfine classifier. Various impact factors of the craft process and the performance of the crushing and grading system are analysed. The results show that after twice gradings, the system can control the upper and lower limits of particle size and makes the particle size in a narrow range. The percentage of qualified products is up to 96% with the mean particle size 40 μm .

Key words: powder coating; crushing and grading; craft process; impact factors

粉末涂料是一种新型的不含溶剂的纯固体粉末状涂料,具有无溶剂、无污染、可回收、环保、节省能源和资源、减轻劳动强度、涂膜机械强度高等特点。无论对环境保护还是对降低生产成本而言,粉末涂料都显示了其卓越的性能。同时随着现代工业和技术的发展,各行业对粉末涂料提出了更高的要求。这也对粉末涂料的制造工业和相关设备提出了较高的要求。粉末涂料的粉碎分级是其制备过程中的重要环节,对粉末涂料的粒径是否符合要求有着重要作用,因此对粉末涂料的粉碎分级工艺的研究意义重大。

1 粉末涂料的要求

1.1 粉末涂料对粒径的要求

粉末涂料的粒径是判断粉末涂料质量的一个重要指标,是粉末涂料生产过程中要控制的一个重要参数。

据报道,完全自动化的粉末静电喷涂系统要求很高的涂着效率,因此,对粉末涂料的粒度分布有严格的要求^[1-2]。小于10 μm 的细颗粒易于凝聚,积聚在喷枪进料管的喷咀处,会使粉末涂料的流量发生波动,供料不均,从而影响喷涂质量。粒径太小,

粉末的带电量低,上粉率差,稳定性也较低;但粒径也不能太大,特别是含有大颗粒的粉末涂料,对涂膜的外观平整性和其他涂膜质量指标有相当程度的影响。通常,小于10 μm 和大于80 μm 的颗粒含量应当较少。

由于静电喷涂要求粉末涂料不仅具有极均匀的组成,而且要求有适当的粒度分布,粉末涂料喷涂的粉末粒径在20~80 μm 较适宜^[2]。

1.2 粉末涂料对粉碎分级设备的要求

鉴于粉末涂料对粒径的严格要求(粒径小,分布窄)和其自身属性(玻璃化温度低等)的限制,一般要求它的粉碎分级设备应具备以下条件:(1)粉碎设备能产生较高的冲击力,有效地将物料粉碎,剪切成较细的粒子;(2)粉碎室内温升高,温度应控制在粉末涂料的玻璃化温度以下;(3)分级设备的分级效率和分级精度高,能与粉碎设备组合成闭路循环系统;(4)粉碎分级设备应能够调节涂料产品的粒度,以满足不同类型粉末涂料的需要;(5)操作简便,易于清洗换色,可连续运转,生产效率高,对环境污染尽可能小^[3]。

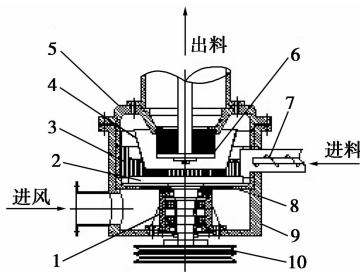
因此,要获得粒径和性能满足要求的粉末涂料,对其粉碎分级设备的优选和工艺的优化是十分必要

的,按需要的粒度范围生产出合格的粉末涂料,是对粉碎分级设备的基本要求。

2 粉碎分级设备的选择

2.1 ACM 超细粉碎机

ACM 超细粉碎机是一种典型的机械冲击式粉碎机,其粉碎室结构主要由轴承座、动磨盘、静磨盘、分流环、上磨壳、分级轮、喂料螺旋、挡风盘、下磨壳等组成,如图1所示。



1—轴承座;2—动磨盘;3—静磨盘;4—分流环;5—上磨壳;
6—分级轮;7—喂料螺旋;8—挡风盘;9—下磨壳;10—带轮

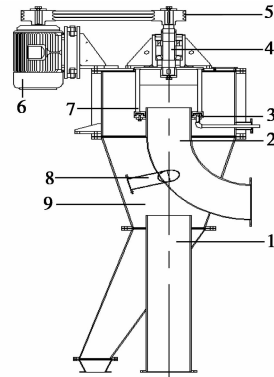
图1 ACM超细粉碎机粉碎室结构图

其工作原理为:物料在螺旋喂料器的作用下,进入粉碎室,在高速旋转的动磨盘和带齿的静磨盘之间受到冲击、剪切和摩擦等作用而粉碎,在负压作用下,被粉碎后的颗粒向上运动至粉碎室上部,颗粒运动方向改变 180° 进入分流环与分级轮之间的分级室,此时因为颗粒运动方向突然改变,撞击到机壳,有一部分粗颗粒下落;在分级室内,颗粒主要受到因分级叶轮高速旋转而产生的离心力 F_u 、负压气流对颗粒的气流阻力 F_r 以及自身重力 G 的作用。粗颗粒受到的离心力 F_u 大于气流阻力 F_r ,被甩向分流环内壁,碰撞失去动能后掉入粉碎室继续粉碎;而细小颗粒受到的气流阻力 F_r 大于离心力 F_u ,在负压气流的作用下,通过分级轮叶片间的间隙被带出粉碎室进行气固分离。

2.2 SCX 超细分级机

SCX 型超细分级机^[4]因其具有分级精度高、性能好、粒径小、能耗低等优点而逐渐被广泛应用。其结构主要由喂料管、细粉出口、气动密封装置、主轴、皮带、电机、转子、二次进风口、粗粉集料锥等组成,如图2所示。

其工作原理为:物料在负压气流作用下,从进料管进入到下锥体,由于气流过流断面面积增大,气流速度减小,此时,粗颗粒所受的上升作用力不足以克服其重力,沉降速度大于气流上升速度,向下沉降;细颗粒的沉降速度小于气流上升速度,被上升气流



1—进料管;2—细粉出口;3—气动密封装置;4—主轴;
5—皮带;6—电机;7—转子;8—二次进风口;9—粗粉集料锥

图2 SCX型超细分级机结构图

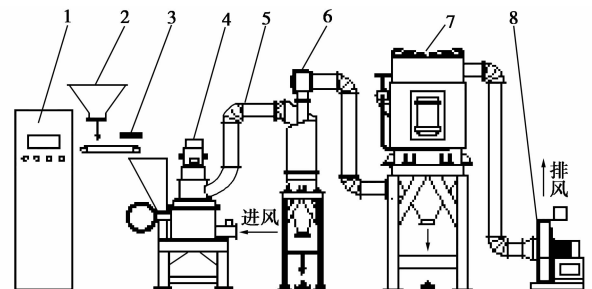
携带向上运动,颗粒愈细,其向上速度愈接近气流速度,至此完成第一次分级。颗粒运动到分级室内,物料主要受到自身重力 G 、惯性离心力 F_u 、气流阻力 F_r 的作用。当 $F_u > F_r$ 时,颗粒做离心运动,与边壁碰撞失去动能后落入粗粉集料锥;当 $F_u < F_r$ 时,颗粒在气流的携带下向转子中心运动,通过细粉出口输出;当 $F_u = F_r$ 时,颗粒在径向受力达到平衡,加速度为零,颗粒做圆周运动,但任意因素的改变都将改变颗粒的这种运动状态,颗粒在重力的作用下最终落入粗粉集料锥,实现第二次分级。

3 粉末涂料粉碎分级工艺及流程

粉末涂料的粒度分布主要取决于制造工艺中粉碎分级设备的水平以及工艺流程的制定。设计了2种粉末涂料的粉碎分级工艺流程,以探求哪种流程更适合粉末涂料的制备。

3.1 流程一

该工艺流程中主要采用ACM超细粉碎机、旋风除尘器、袋式除尘器、离心风机等组成闭路粉碎分级系统,对粉末涂料进行加工制备,其流程如图3所示。



1—电控柜;2—料仓;3—除铁器;4—ACM超细粉碎机;
5—连接管道;6—旋风除尘器;7—袋式收尘器;8—风机

图3 超细粉碎分级系统流程一

从图 3 可以看出,系统中的设备结构和风量等确定以后,粉末涂料的粒径取决于 ACM 超细粉碎机中分级轮的转速,可以通过调节分级轮的转速来控制粉末涂料的粒径,粗颗粒因受到的离心力较大,被甩向分流环的内壁,因碰撞失去动能而下落,掉入粉碎室再进行粉碎,而细颗粒则在负压气体的携带下进入旋风除尘器,由旋风除尘器进行产品的收集,更细颗粒由脉冲袋式除尘器进行捕集,净化的气体由风机排入大气。

该系统的优点是工艺流程简单,可以通过调节分级轮的转速来控制粉末涂料的最大粒径,可连续运转,设备占地面积小,投资低。不足之处是粉末涂料的粒度分布宽,分级效率和精度不高,因此很难满足现在对粉末涂料关于粒径分布窄、效率高等一些高要求。

3.2 流程二

针对目前各行业中对粉末涂料粒径的较高要求,在流程一的基础上进行了修改和优化,设计出了工艺流程二。采用 ACM 超细粉碎机、SCX 超细分级机、旋风除尘器、脉冲袋式除尘器、离心风机等组成闭路粉碎分级系统,其流程如图 4 所示。

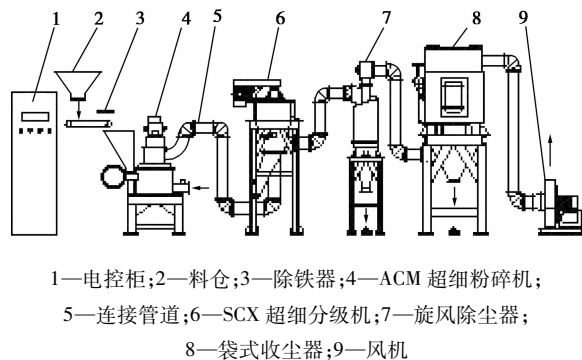


图 4 超细粉碎分级系统流程二

该粉碎分级系统的工作原理为:螺旋喂料器喂入物料,物料在 ACM 超细粉碎机的粉碎室内,被高速旋转动磨盘和静磨盘作用而粉碎,当物料粉碎到一定粒径后,在负压气流作用下,被送到 ACM 上部分级室进行分级,控制粉末涂料的上限粒径,在分级机高速旋转作用下,粗颗粒被抛向分流环的内壁,因碰撞失去动能而下落,掉入粉碎室继续粉碎,细颗粒随气流一起进入 SCX 超细分级机中,在离心力和气流阻力的作用下进行精细分级,控制粉末涂料下限粒径,合格的产品经 SCX 超细分级机的卸料阀进行收集,不符合产品要求的颗粒(粒径小于 $20\ \mu\text{m}$)由负压气体送往旋风除尘器,在旋风筒的作用下,微细

粉体被收集,而超细颗粒继续随气流进入脉冲袋式除尘器进行收集,被 2 个除尘器净化了的气体由风机排出。系统由离心风机维持一定的负压,实现无尘操作,并维持粉碎机、分级机内腔合适的压力。

该工艺流程的特点为:(1)该流程为闭路粉碎分级系统,粉碎后的涂料粉体直接进行两次超细分级,分别控制粒径的上限和下限,因此粒径分布窄;(2)系统借助于超细分级机将细颗粒及时分选出,避免了过粉碎现象,降低了粉碎能耗;(3)可通过改变分级轮的转速使产品细度可调,ACM 超细粉碎机给料也可定量控制,对物料的适应性强;(4)粉碎过程中因碰撞、摩擦产生的热量被负压气流及时带走,因此物料温升小,适用于粉末涂料的制备;(5)系统中的 ACM 超细粉碎机采用粉碎和分级内联式结构,设计新颖,流程合理;(6)整个系统负压操作,基本无粉尘污染,同时物料更换、清洗简单方便。

4 流程二中影响系统粉碎效果和分级性能的因素

4.1 粉碎效果影响因素分析

影响 ACM 冲击式粉碎机粉碎效果的因素主要有转子转速、物料状况、喂料速度、气流状况等。

(1)转子转速的影响。动磨盘是 ACM 超细粉碎机的关键部件,它通过高速旋转的冲击销来撞击物料颗粒,达到粉碎的目的。转速高,冲击力大,物料获得的能量就大,当超过粉碎所需的能量时,颗粒就粉碎;转速较小时,物料获得的能量较小,达不到粉碎所需的能量,颗粒很难粉碎。不同物料对应着不同的最佳转速,因此合理选择动磨盘的转速对提高粉碎效果有较大作用。

(2)物料状况的影响。物料状况包括粒度、温度、湿度、粉碎性能等因素。物料的喂料粒度过大,对转子冲击大,需经过多次碰撞,粉碎效率低。ACM 超细粉碎机要求物料的温度尽量低,因为粉末涂料的软化点一般在 100℃ 左右^[5],若物料本身温度高,很容易达到软化点,物料在机内黏结,使机器无法运转。湿度对物料的粉碎影响也较大,湿度增大时,粉碎机的处理能力迅速下降,因此,要注意控制物料的湿度不得超过 2% ^[6]。

(3)喂料速度的影响。喂料速度过快,物料之间在相同时间内碰撞次数增加,产生的热量增加,粉磨温度上升,粉磨阻力随着增大,产量下降,单位电耗剧增,并伴有设备故障,使磨机运转率降低;喂料速度太慢时,粉碎室内物料浓度小,颗粒与冲击销的

冲击碰撞粉碎几率小,粉碎效率低,产量低。因此,选择优化合理的螺旋喂料器转速控制喂料速度,是提高磨机粉碎效率关键因素之一。

(4)气流状况的影响。气体在ACM超细粉碎机中起到降温散热和携带细小颗粒进入下一工序的两种作用。对于散热来讲,气体流量应尽量大,而对粉末粒径来讲,气体流量越大,粉末粒径越大^[5]。因此,恰当地控制系统中的风量是获得合格产品的重要条件。

4.2 分级性能影响因素分析

(1)分级机转子转速。分级机转子转速是影响产品粒度及产量的重要因素^[7]。提高转子速度,转子周围的离心力场加强,颗粒的离心力增加,因离心力被抛向壳体而掉下的颗粒数增多,分级粒度降低,产量增加;反之,降低分级机转子转速则产量降低。

(2)分级机叶片。改变叶片的安装角度会影响到旋转气流的速度,旋转气流速度增加时,颗粒受到的离心力增加,可提高产品的产量,分级粒径将减小;反之,产品产量有所降低。增加叶片数目,可以增强旋转栅栏的作用,增加颗粒碰撞次数,有利于颗粒分离,但叶片数太多时,叶片间的空间较小,不利于细颗粒的通过。

(3)风量。当风量较小时,大量的细粉因分散性差而团聚或粘附在大颗粒上,落入粗产品中,分级效率低;随着风量的加大,粉体的分散性变好,细粉进入分级机的几率增大^[8];太大的风量有利于提高颗粒的分散性,但会携带部分合格产品进入旋风除尘器,产量降低。因此,应该权衡粉碎机和分级机的性能,综合考虑,以确定系统的风量。

5 实验

5.1 实验装置

两条粉末涂料生产线实验系统主要设备包括ACM325超细粉碎机、SCX400超细分级机、高效旋风除尘器、脉冲袋式除尘器和离心风机等组成,分别对图3、图4所示的2条工艺流程系统进行实验。

实验过程中粉碎机、分级机和风机所配电机均可变频调速,实验时,先开启风机使整个系统处于负压状态,然后开启SCX400超细分级机,再开启ACM325超细粉碎机,待系统稳定后,2个系统采用相同工艺参数,由螺旋喂料器均匀加料进行实验,直至料完关机,关机顺序与开机顺序相反。实验结束后用英国马尔公司的MS2000型激光粒度分析仪对产品进行分析。

5.2 实验结果与分析

实验结果如表1和表2所示。

表1 流程一中粉末涂料粉碎分级实验结果

ACM 动 磨盘转速/ $r \cdot \min^{-1}$	ACM 分 级轮转速/ $r \cdot \min^{-1}$	产品中各粒径段的质量分数/%			产品平 均粒径/ μm
		0 ~ 20 μm	20 ~ 80 μm	> 80 μm	
2400	960	18.43	80.03	1.54	33.61
2600	960	20.58	78.29	1.13	32.48
2800	960	21.71	77.43	0.86	31.52
3000	960	22.65	76.74	0.61	30.74
3200	960	23.42	76.25	0.33	30.26

表2 流程二中粉末涂料粉碎分级实验结果

ACM 动磨盘 转速/ $r \cdot \min^{-1}$	ACM 分级轮 转速/ $r \cdot \min^{-1}$	SCX 分级机 转速/ $r \cdot \min^{-1}$	产品中各粒径段的 质量分数/%			产品平 均粒径/ μm
			0 ~ 20 μm	20 ~ 80 μm	> 80 μm	
2400	960	2200	1.63	96.89	1.48	39.33
2600	960	2200	2.28	96.56	1.16	40.28
2800	960	2200	2.75	96.31	0.94	39.86
3000	960	2200	2.84	96.64	0.52	40.32
3200	960	2200	2.86	96.83	0.31	40.14

由表1和表2可见,虽然流程一的产品平均粒径较流程二的小,但粒径在0~20 μm 的颗粒含量较多,达18%~24%,而粒径在20~80 μm 的颗粒质量分数不足80%,微粒含量太多会给粉末涂料的静电喷涂带来不利影响。对比表2的实验结果,随着ACM动磨盘转速的增加,产品中粒径在0~20 μm 颗粒含量略有增加,但总量较少,均小于3%;粒径在20~80 μm 的颗粒质量分数保持在96%左右;大于80 μm 的颗粒较少,质量分数在1.5%以下,产品平均粒径约为40 μm ,很好地满足了涂料行业中静电喷涂对粉末涂料粒径的要求,因此工艺流程二对粉末涂料的粉碎分级效果较好。

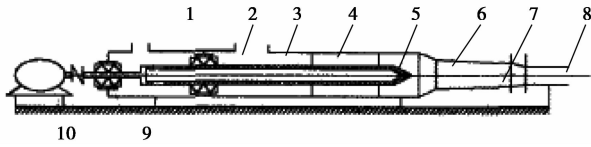
6 结论

(1)在分析粉末涂料自身特性和对粒径要求的基础上,设计了适用于粉末涂料的粉碎分级系统。并且讨论了系统中影响粉碎效果和分级性能的因素,对系统参数的控制起到了一定的指导作用。

(2)实验结果表明,粉末涂料经粉碎和2次分级后,合格产品的质量分数在96%左右,平均粒径约40 μm 。

(下转第87页)

相油受离心力作用运移到旋流分离体中心,形成油核,沿旋转轴中心反向运移至溢流嘴、空心驱动轴中心孔及溢流腔后被排出;重质相水被甩到旋流器内壁,沿尾管的底流口排出^[4]。复合式水力旋流器具有水力除油、动力沉降、过滤三大功能。



1—溢流腔;2—空心驱动轴;3—入口腔;4—旋流栅;5—溢流嘴;
6—静态旋流体;7—底座;8—底流口;9—密封装置;10—电机

图2 复合型水力旋流器装置图

(2) 设备运行参数

进水压力 < 0.4 MPa; 工作压降 0.1 MPa; 单台尺寸 $\Phi 1.8 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$; 电机功率 0.75 kW; 聚合物质量浓度 118.2 ~ 241.7 mg/L; 含油量 36.6 ~ 2 977 mg/L; 悬浮物质量浓度 16 ~ 1 053 mg/L; 处理量 2 000 ~ 2 200 m³/d。

1.2.2 沉降分离

(1) 技术原理及设备

进行沉降分离的设备称为沉降罐,其工作原理是:根据油和水的密度不同,利用油水的密度差使油上浮,达到油水分离的目的;利用悬浮固体和水的密度差,使悬浮固体下沉,达到悬浮固体和水分离的目的。

(2) 投入药剂量

对适合现场水质特性的絮凝剂、杀菌剂、助凝剂、脱水剂进行筛选、复配。

表1 污水处理药剂筛选情况

药剂	类型	絮凝剂	助凝剂	脱水剂	杀菌剂
	型号	W101	WY202	W-102-2	WY401
加药量/mg·L ⁻¹	聚驱原水	30 ~ 40	1.0	5	10 ~ 15
	聚污滤后水	10 ~ 15	0.5	5	10 ~ 15

(3) 设备运行参数

水质来源为水力旋流除油器出水;聚合物质量浓度平均值为 187.4 mg/L;采用顶排式排泥方式;排泥周期 2 ~ 4 次/h,每次 6 ~ 8 s;排泥量 3 ~ 5 m³/d。

1.2.3 精细过滤器

(1) 技术原理及设备

低渗透油田回注水精细处理的首要任务是去除水中的固体悬浮物以及可能产生固体悬浮物的因素。过滤技术是保证注入水固体悬浮物含量和粒径达标的关键技术,本套工艺中完成过滤任务的装置为精细过滤器。

精细过滤器的过滤介质采用不锈钢 5 层烧结网,过滤器进水采用螺型流道进水,使得进水在滤网外部形成双涡旋流场,清洁滤桶表面,保证过滤通量的稳定性。滤网中心嵌入超声波震合,根据运行时间或压差启动,利用空化效应清除附着在滤桶表面的污染物,底部回流与进水流道形成错流,时时冲刷滤桶表面,减少污染物附着在滤桶表面的几率。

(2) 设备运行参数

运行周期 90 ~ 100 min;运行时间 9 ~ 10 s;互洗周期 80 ~ 90 min;互洗时间 8 ~ 10 s;回流率 8% ~ 10%。

(下转第 89 页)

(上接第 85 页)

(3) 该系统很好地解决了高效粉碎分级过程中的过粉碎、物料温升、粉体分散性差和粒径分布窄等问题,为获得理想粉末涂料提供了前提条件。适合于粉末涂料等热敏性物料和低硬度的非金属矿物的粉碎分级加工。

参考文献

[1] 左常勇. ACM 磨分级效率与粒度分布[J]. 粉末涂料与涂装, 1995, (5): 23 - 37.

[2] 刘宏, 向寓华, 董观秀. 粉末涂料对涂装产品质量的影响[J]. 涂料工业, 2006, 36(12): 38 - 40.

[3] 周师岳. 粉末涂料涂装工艺学[M]. 上海: 上海科技技术文献出版社, 2000: 160 - 162.

[4] 张亚南, 任朝富, 罗泽元, 等. SCX400 型超细选粉机研制[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2008, 21(5): 98 - 101.

[5] 饶甲如. ACM 磨的影响因素及不正常现象分析[J]. 涂料工业, 1999, (11): 19 - 20.

[6] 徐子勤, 吴志林. CM 型超细粉磨机磨粉能力研究分析[J]. 非金属矿, 1998, (3): 20 - 21, 56.

[7] 申祖武. MLC 高速冲击式粉碎系统工艺及影响因素[J]. 河南建材, 2002, (4): 22 - 23.

[8] 陈海焱, 陈文梅, 胥海伦. 气流分级机操作参数对分级性能的影响[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2006, 38(3): 87 - 91. ■