

FJW 涡轮分级机的分级机理研究

叶 涛

(武汉理工大学 机电工程学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 为了研究涡轮分级机的分级机理对于合理设计分级腔的结构、优化系统操作参数的影响, 介绍了一种高效精密分级设备——150FJW 型卧式涡轮分级机的结构和工作参数, 分析了其分级机理, 根据实验探讨了影响其性能的关键因素。研究表明: 颗粒的浓度对分级精度有较大的影响; 分级粒径的大小与涡轮转速、抽风机风量、风压及涡轮结构参数有关; 分析分级精度时要考虑分级机内部紊流的影响。

关键词: 涡轮分级机; 分级机理; 结构

中图分类号: TD 454 **文献标识码:** A

文章编号: 1008-5548(2006) 01-0040-03

Research on Working Principle of 150FJW Turbine Classifier

Ye Tao

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: In order to discuss the effect of working principle of classifier on design of reasonable classifying chamber structure and optimization of operation parameters, a new type of turbine air classifier - 150FJW horizontal turbine superfine classifier was introduced, as well as its formal and structural parameters. Then the working principle of the classifier was analysed. Based on tests, the influence of some key factors on the classifier's performance was studied. From the studied results, the conclusions were as following: the concentration of solid particles was a significant factor on classifying precision; the classifying diameter was relation to the rotating velocity of turbine, the flow rate and pressure of air, and the structure dimensions of turbine; the turbulent flow in the inside of the turbine classifier influenced the efficiency of classification.

Key words: turbine classifier; working principle; structure

涡轮分级机是精密分级设备中非常重要的类型之一, 具有分级效率高、分级精度高、分级粒径细等特点。近年来, 国内外关于微细粉体精密分级的应用性研究迅速发展, 开发了适合于各种粒径的微细粉体的分级机^[1]。

我们在吸收国外先进研究成果的基础上, 开发设计了 150FJW 型涡轮式气流分级机。本文中对

150FJW 型涡轮式气流分级机的分级机理和性能进行了分析研究, 并根据实验结果探讨了影响分级机性能的关键因素。

1 涡轮分级机的结构

我们设计的 150FJW 型涡轮分级机结构如图 1 所示。

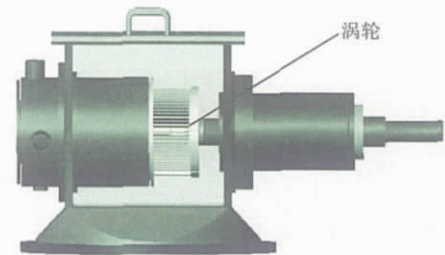


图 1 分级机的结构

Fig.1 Structure of turbine classifier

该分级机主要由反冲气套、涡轮、箱体等部件组成。其中关键部件是涡轮, 该涡轮是一个特殊的转子驱动装置, 为减小沿涡轮垂直方向上速度梯度的影响, 涡轮转子水平安装, 同时可避免产生局部涡流, 转子的外圆周上安装有足够数量 (72 片) 的叶片, 涡轮结构如图 1 箭头处所示。

由于 150FJW 涡轮分级机采用涡轮高速旋转产生强大的离心力场来进行有效分散和分级, 为了达到转子支承结构的稳定性, 提高运转寿命, 满足精细分级的基本要求, 我们在分级机的结构设计上采取了以下的优化措施:

(1) 电机通过皮带轮带动支承在精密滚动轴承上的主轴, 其转速可由变频器调整;

(2) 涡轮以悬臂方式联结在主轴的另一端, 悬臂主轴支承结构和涡轮质量级配均通过动力学参数优化计算, 从而获得了较好的支承稳定性, 并保证轴系在允许的振动烈度范围内;

(3) 为防止轴承中混入细小灰尘而磨损, 对轴

收稿日期: 2005-03-23, 修回日期: 2005-06-09。

第一作者简介: 叶涛 (1972-), 女, 讲师, 博士研究生。

承采用气封技术, 以保证轴承寿命极限和安全运转;

(4) 涡轮与安装在筒体上的反冲气套间采用极小的间隙, 通过一定压力的反吹气体进行气封处理, 有效防止了粗颗粒混入分级后的微粉中;

(5) 涡轮采用径向均匀布置 72 片叶片的鼠笼结构和特殊的焊接技术, 叶片每分钟通过某点的次数高达 7 200 次, 从而形成强大、均匀的离心场;

(6) 筒体内衬用聚氨脂胶粘, 防止颗粒受铁质污染。

2 分级机的分级机理

2.1 涡轮分级机的工作原理

150FJW 涡轮分级机是根据不同大小的物料颗粒, 在旋转气流场中受到的离心力不同进行分级。该型涡轮分级机的涡轮工作时在箱体内部高速回转, 空气由外部引入, 气流呈螺旋状向涡轮中心运动, 在涡轮形成的分级区域中心处有一抽风机产生的轴向抽吸力, 这样箱体内将形成负压, 涡轮中心的压力最低。同时由上部喂入的物料被由下而上的气流分散形成的气固两相流, 进入分级轮通道时, 由于受到离心力的作用, 较大的颗粒被甩向外侧成为粗产品, 细颗粒因受离心力较小而进入涡轮中心通道, 经输出管道被收尘器(旋风收尘器和袋式收尘两级收尘系统)收集成为细产品。

显然, 这种分级机的分级粒径取决于颗粒所受离心力和流体阻力的大小, 即取决于气流速度和涡轮(分级轮)的几何尺寸及转速。

2.2 分级粒径的数学模型

图 2 为 150FJW 涡轮分级机涡轮的结构示意图。物料随气流进入分级轮通道时受到离心力和粘性力的作用, 当离心力大于粘性力时, 颗粒被甩出成为粗产品, 当离心力小于粘性力时, 颗粒进入分级轮通道后被捕集成为细产品。

这里我们假设气流的径向速度为 v , 气体的密度为 ρ ; 颗粒的粒径为 d , 密度为 ρ_d , 涡轮的半径为 r , 其转速为 n (r/min), 则可推出:

(1) 颗粒所受的粘性力(悬浮力) [1]:

$$F = C_D A \rho \frac{v}{2}$$

式中 C_D 为阻力系数, $C_D = \frac{24\mu}{Re} = \frac{24\mu}{v d \rho}$;

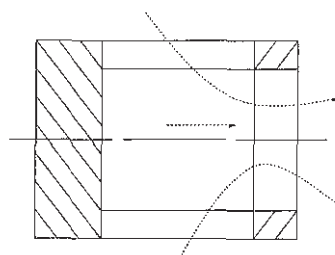


图 2 涡轮结构示意图

Fig.2 Structure of turbine

A 为颗粒迎流截面积, $A = \frac{\pi}{4} d^2$;

μ 为气体粘度; Re 为雷诺数。

因此颗粒所受的悬浮力 $F = 3\pi d v \mu$ 。

(2) 颗粒所受的离心力:

$$F_C = m \omega^2 r = \frac{1}{21\,600} \pi^3 d^3 \rho_d n^2 r^{[2,3]}$$

式中 ω 为涡轮角速度; m 为颗粒的质量。

(3) 分级粒径:

当 $F = F_C$ 时的粒径为分级粒径, 即:

$$3\pi d r v = \frac{1}{21\,600} \pi^3 d^3 \rho_d n^2 r$$

解出上述方程可以得出分级粒径:

$$d = \frac{180}{\pi n} \sqrt{\frac{2v\mu}{\rho_d r}}$$

由上式可知分级粒径 d 与涡轮的转速 n 成反比, 与气流径向速度的 $1/2$ 次方成正比。

3 分级机性能的实验研究

3.1 实验装置

实验装置与设备如图 3 所示, 主要工作参数如表 1 所示。

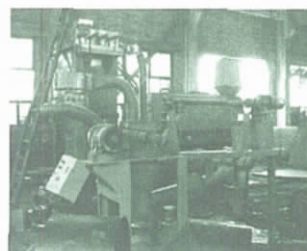


图 3 实验装置

Fig.3 Experimental equipment

3.2 实验条件

分级机转速 4 000 r/min, 排风机处于全开状态

表1 实验主要设备的工作参数
Tab.1 Parameters of classifier

设备参数	数值	设备参数	数值
主机电机功率/kW	5.5	电机满载转速/(r·min ⁻¹)	2900
排风机功率/kW	3.0	排风机主轴转速/(r·min ⁻¹)	2900
螺旋输送机功率/kW	0.75	螺旋输送机电机转速/(r·min ⁻¹)	1390
旋风收尘器型号	XZZ-III型	袋式收尘器型号	DMC-24

(主风机风量为 30 m³/min), 喂料量 68 kg, 运行时间为 35 min。

3.3 实验结果

分级后结果: 粗料 50.5 kg、旋风收尘器中 10.2 kg、袋式收尘器中 6.6 kg; 实验结果表明: 粒径在 3~6 μm 之间的粒子通过率较高, 特别是 3~10 μm 左右的粒子通过率是增加的; 当粒径 >15 μm 时, 通过率反而减少, 也就是说粒径大于 10 μm 的某个粒径开始, 就不能通过旋转叶片了。

4 结 论

通过上述研究分析, 我们得到了影响分级机性能的几个关键因素:

(1) 颗粒的浓度对分级机的分级精度有较大的影响。气流速度梯度越大, 则分级精度越低。

从本分级机的实验中观察到, 浓度对分级精度的影响在最初阶段比较明显。当喂料速度缓慢时, 颗粒分布较为均匀, 分级效果较好; 相反, 当喂料速度过快, 颗粒的浓度较大, 颗粒间有着较大的相互干扰, 不易分散, 分级效果较差, 分级精度也较低。因此, 若对分级机的分级有较高的质量要求时, 应尽量保持喂料速度均匀, 避免出现较大的波动。

(2) 涡轮分级机的分级粒径的大小与涡轮转速、抽风机风量、风压及涡轮结构参数有关。实验表明, 对于一个结构尺寸确定的涡轮分级机, 通过选取前 3 个合适的参数, 可以得到较理想的分级粒径。如对于 150FJW 涡轮分级机, 分级粒径要求, 涡轮转速的最佳数值为 4 000~6 000 r/min。

梅芳^[3-5]等人研究了涡轮的几何尺寸对分级机分级精度的影响, 他们的研究表明分级粒度重叠宽度取决于涡轮半径和长度, 在涡轮半径或长度不变的情况下, 其长径比越小, 分级粒度重叠宽度越小, 分级精度越高。

(3) 分级机在分级的同时, 由于高速流动会形

成强烈的紊流, 使颗粒间、颗粒与分级机内壁、颗粒与涡轮叶片间产生强烈的碰撞, 会出现粉碎效应, 因此在分析分级精度时应考虑该因素的影响。

参考文献(References):

[1] 张佑林. 粉体的流体分级技术与设备[M]. 武汉:武汉工业大学出版社,1997.
ZHANG You-lin. Fluid Classification technology and equipments for Powder[M]. Wuhan: Wuhan University of Technology Press, 1997. (in Chinese)

[2] 梅芳, 陆厚根. 涡轮式气流分级机分级过程的数学分析[J]. 上海建材学院学报,1995,8(2): 125-131.
MEI Fang, LU Hou-gen. Mathematical analysis on classification process of turbine gas classifier[J]. Journal of Shanghai Institute of building materials, 1995, 8(2):125-131. (in Chinese)

[3] 梅芳, 陆厚根. 涡轮式气流分级机分级效率数学模型研究[J]. 同济大学学报,1996,24(3): 293-297.
MEI Fang, LU Hou-gen. Research on mathematical model of classification efficiency of turbine gas classifier[J]. Journal of Tongji University, 1996, 24(3): 293-297. (in Chinese)

[4] 申祖武, 柯善. FGM 涡轮分级机的分级机理研究[J]. 辽宁建材,2002, (4): 26-27.
SHEN Zu-wu, KE Shan. Research on classification mechanism of FGM turbine classifier[J]. Liaoning Building Materials, 2002, (4): 26-27.(in Chinese)

[5] Mareus Adam, Stefan Zampini, Bodo Fruechner Augsburg. A new generation of classifier wheel [J]. Aufbereitungs Technik, 2001, 42 (7):340-344.

(上接第 32 页)

因此, 采用分别粉磨再混合的生产工艺, 控制合适的粉煤灰的掺量和细度, 有利于熟料和粉煤灰活性发挥时间相当, 从而促使水泥早期强度的提高。

4 结 论

- (1)当粉煤灰掺量 5%, 粉煤灰细度为 500 m²/kg 左右时, 粉煤灰活性与水泥熟料活性匹配最佳;
- (2)当粉煤灰掺量为 10%~15%, 粉煤灰细度为 600 m²/kg 左右时, 粉煤灰的潜在活性发挥最佳。

参考文献(References):

[1] 帅政. 粉煤灰综合利用技术[J]. 能源基地建设, 2000, (3): 47.
SHUAI Zheng. Comprehensive utilization technology of fly ash[J]. Energy Base Construct ion, 2000, (3): 47.(in Chinese)

[2] 周宗辉,王玉广,等. 采用分别粉磨工艺提高粉煤灰水泥早强的试验研究[J]. 水泥 2000, 10 :11-12.
ZHOU Zong-hui, WANG Yu-guang. Experimental research on improving early strength of fly ash cement by respective grinding process[J]. Cement, 2000, (10): 11-12.(in Chinese)