

流化床式气流磨关键技术及其进展

朱晓峰, 王 强, 蔡冬梅

(济南大学 机械工程学院, 山东 济南 250022)

摘 要 介绍了流化床式气流磨的工作原理及特点,对喷嘴、粉碎、分级等关键部分相关的技术研究进展分别进行了阐述,表明改进和提高喷嘴、粉碎室、分级机等核心部件的性能和协调各个部分最优化工作能够使流化床式气流粉碎系统达到最佳工作状态,从而提高产品产量和质量。

关键词 流化床;气流粉碎;喷嘴;分级

中图分类号:TH 45 文献标识码:A

文章编号:1008-5548(2005)06-0042-03

Key Technology of Fluidized Bed Counter-jet Mill and Its Progress

ZHU Xiao-feng, WANG Qiang, CAI Dong-mei

(School of Mechanical Engineering, Jinan University, Jinan 250022, China)

Abstract: The working principle and advantages of fluidized bed counter-jet mill were introduced. The recent research of key technology of fluidized bed mill, such as nozzle, comminution, classification, were reviewed. It's shown that the best working state of fluidized counter-jet mill can be achieved by improving on and optimizing key parts and the quality and quantity of products can be improved.

Key words: fluidized bed; jet mill; nozzle; classification

气流磨是通过高速气流的能量,使得颗粒相互冲击、碰撞、摩擦而实现超细粉碎的设备。气流磨中无运动部件,维修方便;生产中采用全封闭方式,无杂质。生产出产品具有粒度分布好、粒形优异、纯度高、分散性好等优点,但气流粉碎能量利用率较低,较适合碳化硅等高附加值产品的生产加工。

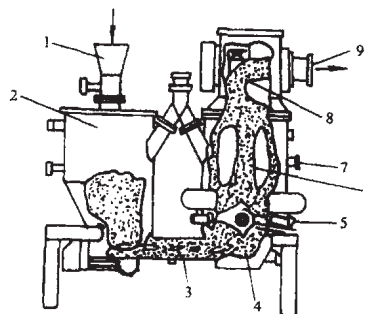
1 流化床气流磨工作原理及主要特点

气流磨自上个世纪30年代问世以来,类型不断更新,结构不断改进,主要有扁平式气流磨、循环管式气流磨、靶式气流磨、对喷式气流磨、流化床式气流磨等几种形式。流化床式气流磨以其较高的生产效率和较低的磨损,成为碳化硅等高硬度、高耐磨性

材料超细粉碎加工的首选方式。现以原德国 Alpine 公司的螺杆加料式流化床气流磨为例(如图1),介绍其工作原理^[1]。

该螺杆加料式流化床气流磨由料仓、螺杆、粉碎室、高压进气喷嘴、分级机、出料口等部件组成。粉碎室物料通过翻板阀1进入料仓2,由螺杆输送机3将物料送入粉碎室4。气流通过喷嘴5进入流化床,颗粒在高速喷射气流交点碰撞,该点位于流化床中心,是靠气流对颗粒的高速冲击及粒子间的相互碰撞而使颗粒粉碎,与腔壁接触少、影响小,所以磨损大大减弱。进入粉碎腔内的物料利用数个喷嘴喷汇产生的气流冲击能,及其气流膨胀成流态化床悬浮翻腾而产生碰撞、摩擦进行粉碎,并在负压气流带动下通过顶部设置的涡轮式分级装置8,然后细粉排列出口9外由旋风分离器及袋式收尘器捕集,粗粉受重力沉降返回粉碎区继续粉碎。

优点:流化床式气流磨将高速气流与物料分路进入粉碎室,避免了颗粒与管路的碰撞和摩擦,大大降低了喷嘴和管路的磨损;在粉碎室,颗粒流的对撞不但加强了颗粒间的碰撞、摩擦,而且降低了颗粒对腔体的磨损;粉碎后达到要求的颗粒可及时被分离出来,大大减少了过粉碎,提高了能量的利用率;生产易于实现自动化控制,后续分级和粉碎实现了一体化,提高了效率。



1-翻板阀,2-料仓,3-螺旋杆输送加料器,4-粉碎室,5-喷嘴,6-流化床,7-监视窗,8-分级机,9-细产品出口

图1 螺杆加料式流化床气流磨

收稿日期:2005-05-08

基金项目:山东省科学计划发展计划项目资助,编号:031090128。

第一作者简介:朱晓峰(1979-)男,硕士研究生。

2 核心部件及研究现状

流化床式气流磨通过加速喷嘴将颗粒加速后在粉碎室内摩擦、碰撞、粉碎,达到要求后通过分级机分级并输出产品。因此,喷嘴的优化设计、粉碎室和分级机的流场分析以及入料量、系统背压等系统参量都成为相关人士重点研究的对象。

2.1 加速喷嘴

工业中根据不同的加工产品分别采用:直孔型亚音速喷嘴、渐缩型等音速喷嘴、缩扩型超音速喷嘴。喷嘴自身内部流场及对粉碎室内流场的影响,国内外学者做了大量细致的工作,周晓斌等人^[2]根据流体力学原理,设计出的超音速喷嘴,并利用等离子测量仪和压力传感器测量了喷嘴在入口压力为 5×10^5 Pa时,气体出口密度、流动等特性与理论值相比较基本吻合。通过检测与计算,总结流场中的死区是无法产生收敛解的,为流场的进一步设计作了准备。何枫、谢峻石等人^[3,4]根据可压缩流体轴对称n-s方程,利用RAN-湍流模式和有限体积法,采用四边形非结构网格,对不同内部流道型线的喷嘴自由射流进行数值模拟,并得出结论:轴对称等直径圆管喷嘴,进口处的流道型线对射流流道参数的分布有较大的影响;轴对称收缩喷嘴的收缩角大小主要影响射流出口附近的流动,对流动具有不同的阻滞效果。分析了收缩喷嘴的尺寸对出口射流的影响,并提出收缩喷嘴内部流道型线采用维多辛斯基曲线可以获得优良的流动特性。

M G rujicic 等人^[5]通过对喷嘴流场分析,优化了喷嘴内型,使得气体的拖曳力增加,颗粒的加速度增大,在相同的距离速度进一步提高,这样增大了物料颗粒的速度,不但可以将颗粒更加细化,而且提高了系统的效率。

从以上研究可以看出,相关人士将喷嘴的改进重点集中在如何获得更高的出口流速和良好的出口流场上,对于生产具有高硬度、高耐磨性的磨料时如何降低磨损,却不能提出行之有效的方法,相关文章公开发表较少。如图2(a)、(b)为笔者从生产现场提取生产碳化硅磨料所用的喷嘴零件图与磨损后零件对比图。可以看出,喷嘴的磨损是相当大的,不仅会降低整机的工作效率,而且带入了部分杂质影响产品的品质。因此,在提高流速的前提下,进一步地降低磨损成为喷嘴设计的一个方向。

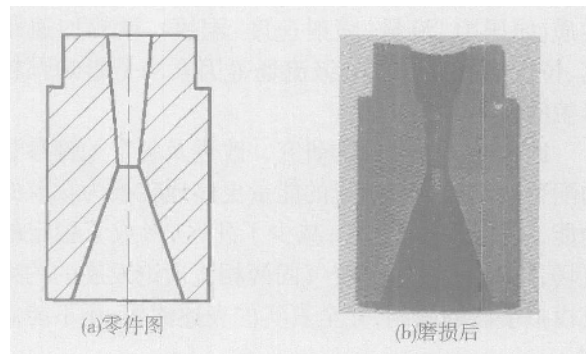


图2 磨损前后的喷嘴对比图

2.2 粉碎室

粉碎室是物料通过气流加速后粉碎研磨、碰撞的区域,深入了解和研究气固两相流的运动规律和气流磨粉碎室的结构、形状等重要参数对合理配置系统各参数起着重要作用。

马银亮^[6]、褚开维^[7]等人对物理模型和数学模型的分析研究,针对高浓度气固两相流动的特性和目前数值手段的局限性,分别提出了欧拉-欧拉(Eulcrin/Eulcrin model)与欧拉-拉格朗日(Eulcrin/Lagrange model)的组合法模型,并利用新模型对稀相和密相气固两相射流进行了数值模拟、对高浓度气固两相立管流动进行了数值模拟,所得数值结果与Barlow等实验结果十分吻合。T. HAN等人^[8]将DEM(离散单元法)和CFD(流体动力学)结合,对粉碎过程进行了数值模拟,研究表明进料速度、入料喷嘴角度、粉气比等参数对系统粉碎有较大的影响。

王三泰、孟宪红等人^[9,10]对微颗粒在气流中加速、相互碰撞和粉碎行为机理进行了深入的研究,并以此为基础,研究了气流粉碎效果的影响因素和能耗机制及粉碎过程工艺参数的优化,对流化床式气流粉碎机产品粒度和工艺参数之间的关系进行了论证,并提出碳化硅的生产必须要合理的配置参数,才能达到最优的粉碎效果。

陈海炎等人^[11]以流化床气流磨加工碳化硅磨料微粉为实例,对颗粒形貌控制的基本因素进行理论分析与实验研究,并探讨了超细加工后的整形技术及超细加工前的预处理技术,为气流粉碎方式生产的碳化硅微粉粒形的改进提出了新的思路,并得出结论:气流粉碎分级过程中进行颗粒形貌控制,关键是控制颗粒选择性粉碎的机会、颗粒间相互作用的机理、碰撞次数、力度、颗粒在粉碎区停留时间。气流磨粉碎室的结构、喷嘴结构、形状、位置和个数、流体

性质(如压力、流量、喷射速度、温度)、颗粒加速距离、位置、气固浓度、分级流场等因素均是影响颗粒形貌的基本因素。

通过对粉碎部分的研究、改进及各个关键参数的配置,使得高速气流的能量更多地转换为颗粒的动能,提高了粉碎效率,减少了死区,形成了稳定的流场,降低了内耗。但受气固两相流理论发展的约束及模拟手段的限制,完全真实的表述流场,还不能做到。

2.3 分级机

能否将已粉碎好的粉体颗粒分离出来,分级机的性能起着关键的作用。提高分级机性能不但可以提高产量,还能够降低过粉碎,提高能量的利用率。

当被粉碎的颗粒随上升气流进入分级区时,颗粒越分散就越有利于分级。Bosma等人^[12]通过在流化床粉碎室的出口处放置分散装置的方法,将进入分级区的颗粒充分分离,不但提高了整机的效率,而且验证了气流分级机的分级效率与进入分级区的颗粒的分散程度有较大的影响的结论。

徐政^[13]利用 PHOENICS 软件对转子气力型分级机叶片间流场进行了数值模拟,并根据实验对模拟结果加以验证,认为转速和风量是影响该分级机的主要因素;负角度叶片间的流场优于零角度和正角度叶片间的流场;叶片长度越长,间距越小,就越容易在叶片间形成稳定有序的流场。

刘雪东、卓震等人^[14,15]通过对整体系统研究表明,工质压力是超细气流粉碎-分级系统至关重要的参数。喷射工质压力、与其匹配的引射工质压力、气流粉碎机的背压、离心式超细空气分级机的压力场,均将直接影响系统的粉碎性能与分级性能。只有合理建立粉碎-分级系统的压力分布,才能获得理想的粉碎能力和产品粒径;通过对离心式超细空气分级机的研究指出,分级机的转速、加料量、二次风量是影响分级机分级效率、分级粒径的主要因素。

王成瑞^[16]研究了超微气流粉碎机的工质压力,进料压力、进料量等动态参数对物料粉碎分级效果的影响,得到了这些参数与粉体粒径及其分布之间的变化关系,为超微气流粉碎分级设备的设计与粉碎过程提供了依据。

通过流化床式气流粉碎系统相关资料不难看出,这种粉碎和分级一体化的结构已经被认同并被广泛使用,在提高分级机的自身性能的同时也更加

注意到,如,工质压力、进料压力、进料量等系统其它参量对分级机及系统的影响,努力配置好每一个对系统有较大影响的量,以求最优化。

3 结束语

对于流化床式气流磨的整个系统中,喷嘴、粉碎室、分级机是最主要、最关键的部分,改进和提高每个部分的性能和协调各个部分最优化工作同等重要。大量实验证明,通过关键部分的改进和工序的优化是可以提高产品的质量和产量的。

参考文献:

- [1] 李凤生.超细粉体技术[M].北京:国防工业出版社,2001:96.
- [2] Xiaobing Zou, Xinxin Wang, Chengmu Luo, et al. Measuring the gas flow from a supersonic nozzle used in a 1.5-M A gas puff Z-pinch. IEEE Transactions on Plasma Science, 2002, 30(2):482-487.
- [3] 谢峻石, 何枫. 喷嘴内部流道型线对射流流场的影响[J]. 机械开发, 2001, 18(4):42-47.
- [4] 何枫, 谢峻石, 杨京龙. 喷嘴内部流道型线对射流流场的影响[J]. 应用力学学报, 2001, 18(4):114-119.
- [5] Grujicic M, Tong C, DeRosset W, et al. Flow analysis and nozzle-shape optimization for the cold-gas dynamic-spray process[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Engineering Manufacture, 2003, 217(11):1603-1613.
- [6] 马银亮. 高浓度气固两相流的数值模拟研究[D]. 浙江大学, 2001.
- [7] 褚开维. 流化床中气固两相相互作用行为的数值模拟[D]. 西安建筑科技大学, 2001.
- [8] Han T, Kalm H, Levy A. DEM simulation of particle comminution in jetmilling[J]. Particulate Science and Technology, 2002, (20):325-340.
- [9] 王三泰. 德国 OHLMANN 气流磨的基本原理及配置[J]. 硫磷设计与粉体工程, 2001, (1):45-49.
- [10] 孟宪红. 气流冲击粉碎石英砂物料的理论研究及应用[D]. 东北大学, 1994.
- [11] 陈海焱, 陈文梅. 超细粉颗粒形貌控制技术的研究[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2003, 8(4):65-68.
- [12] Bosma J C H Hoffmann. On the capacity of continuous powder classification in a gas fluidized bed with horizontal sieve-like baffles[J]. Powder Technology, 2003, 134(1):1-14.
- [13] 徐政. 转子型气力分级机性能及流场模拟研究[D]. 北京科技大学, 1999.
- [14] 卓震, 刘雪东, 黄宇新. 超细气流粉碎-分级系统中压力参数的研究[J]. 流体机械, 1999, 27(6):26-29.
- [15] 刘雪东, 卓震, 黄宇新. 超细粉碎分级系统离心式空气分级机性能研究[J]. 化工装备技术, 1997, (5):1-4.
- [16] 王成瑞. 超微气流粉碎设备动态参数研究[J]. 中国非金属矿业工业导刊, 2003, (4):65-67.