

文章编号: 1000- 6524 (2002) 01- 0272- 06

立式冲击分级磨制备硅灰石针状粉的 工艺试验研究

马正先¹, 李 慧¹, 盖国胜²

(1. 济南大学, 山东 济南 250022; 2. 清华大学, 北京 100084)

摘 要: 试验分析表明, 立式冲击分级磨可以用于大长径比超细硅灰石针状粉的加工制备; 系统的给料量、冲击转子转速和分级转子转速等主要参数的变化, 对产品的长径比和颗粒直径影响显著。经合理选择上述参数, 可得到平均直径约 3.3 μm、长径比接近 15 的硅灰石针状粉。

关键词: 硅灰石; 长径比; 针状粉; 粉碎; 分级

中图分类号: P578.959; P579

文献标识码: A

A study of the application of the vertical impact classified mill technology to the preparation of needle shaped wollastonite powder

MA Zheng_xian¹, LI Hui¹ and GAI Guo_sheng²

(1. Jinan University, Jinan 250022, China; 2. Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Ultrafine needle shaped wollastonite powder with large aspect ratio has immense application value in industry. There are two ways of increasing aspect ratio of needle shaped wollastonite powder. One is the good selection of preparation machine with suitable comminution mechanism. The other is the proper processing condition. The authors used a vertical impact classified mill in the experiment. For the purpose of attaining the preparation aim of large aspect ratio, the main technological parameter was adjusted. It is indicated that the mill is quite suitable for the preparation of needle shaped wollastonite powder, and the adjustment of main parameters (feed rate, impact rotational speed and classified rotational speed) has a strong influence upon the aspect ratio and the grain diameter of the product. Through the experiment, the authors have succeeded in preparation of needle shaped wollastonite powder whose average diameter is 3.3 μm and whose aspect ratio is 15.

Key words: wollastonite; aspect ratio; needle shaped powder; comminution; classification

收稿日期: 2001- 04- 23; 修订日期: 2001- 09- 10

作者简介: 马正先(1962-), 男, 副教授, 从事粉体制备与粉体机械设计开发及教学工作。

大长径比的硅灰石针状粉可以取代其他短纤维矿物原料(如石棉等)及合成晶体材料,用作功能性增强材料,且由于它价格低廉,在工业中有极高的应用价值和巨大的潜在市场。因此,大长径比的超细硅灰石针状粉的加工制备已成为世界各硅灰石加工企业的研究热点。但在超细大长径比硅灰石针状粉的研究方面,我国与其他发达国家相比还有一定的差距(胡国明等,1994)。

获得较为理想的超细硅灰石针状粉的关键在于超细粉碎与分级技术的提高。粉碎过程中物料因受力方式不同,所得产品形貌各异。在现有粉碎设备中,其施力方式不外乎挤压、研磨、冲击、剪切、摩擦等几种形式(刘伯元,1997;李冷等,1993;王富祥等,1998),用于硅灰石针状粉超细粉碎加工的设备主要有机械冲击式粉碎机、气流磨、搅拌磨、雷蒙磨、振动磨等几种(王新江等,1995;袁鹏等,1998;杨怡等,1998;周立秋等,1994;张梦显等,1992)。通过对粉碎机理的研究发现,粉碎过程中施于矿物颗粒上的作用力为剪切力和摩擦力时,有利于得到较为理想的纤维状产品。分级设备大多沿用非纤维矿物超细分级设备,有些稍做改动,且大部分是将超细粉碎与分级两部分组合在一个设备内,如流化床式气流磨、机械冲击粉碎分级粉碎机等。

由于纤维状矿物的特殊性,致使其粉碎、分级过程和机理与粉碎非纤维矿物不同。除在粉碎分级设备结构上要进行必要的处理外,如何合理地确定工艺参数,也是获得高长径比硅灰石针状粉的关键。本研究选择机械立式冲击粉碎分级磨用于硅灰石针状粉的制备,旨在通过调控设备的主要工艺参数(给料量、粉碎冲击转子转速、分级转子转速),达到提高硅灰石针状粉产品指标的目的。

1 试验条件的选择及工艺流程

1.1 试验原料与产品表征

原料为云南产硅灰石,其晶体为 β 型,呈纤维状、针状、放射状集合体,颜色为白色(稍显灰色),纯度较高。原矿经初步粉碎至全部小于5 mm后备用。

针状粉体的表征尚未有统一的标准,一般以直径和长径比两个指标表示,目前大多采用量取粉体直径和长度后进行统计平均的办法来表征。本试验首先在普通显微镜下选择有代表性的区域,在选区内测量200个颗粒的直径和长度,分别求出其算术平均值D和L,L/D即为产品的长径比。

1.2 试验设备与工艺流程

试验设备主要有:立式机械冲击分级磨,DJ-20电振给料器,DT-1500离心沉降粒度测试仪,DV-707变频调速器。

试验工艺流程为:原料→电振给料器→立式冲击分级磨→风机→布袋集尘器

1.3 试验工艺参数的选择

本试验目标是获得直径小于10 μm 、长径比为12~15的超细硅灰石针状粉。根据粉碎分级磨的粉碎机理可知,只有在一定冲击转子转速下,才能使物料受击所产生的能量大于粉碎所需能量,即冲击速度的大小决定了冲击所需能量和应力。但由于冲击力作用方向的随机性,使得物料颗粒破裂的取向不定,冲击速度过高,可能会破坏其纤维结构,同时剪切和摩擦作用始终具有使颗粒沿着与作用力方向平行的结晶解理面剥裂的趋势,而解理面往往是

颗粒内部强度最弱的结合面。因此,适当的剪切力具有一种将晶体束剥离成单根纤维的作用。通过调整冲击转子的转速,可使物料在粉碎腔获得足够的粉碎能量,并尽可能以剪切力和摩擦力为主,使物料沿平行于解理面剥离,从而获得大长径比的硅灰石针状粉。为使已粉碎的合格产品尽可能及时地分离出来,在分级机结构一定的情况下,分级机转子的转速起着关键作用。给料量的大小除决定系统的产量外,对粉碎产品的粒度和形貌也会产生一定的影响。

综合以上考虑,给料量、冲击转子转速和分级转子转速是影响产品指标的主要因素。因此,本试验暂把上述 3 个参数作为试验工艺参数,通过调整这些参数达到试验指标要求。

2 工艺试验研究

2.1 给料量

给料量是影响粉碎与分级的一个主要操作参数,它不仅影响系统的处理量,而且对系统的工作状态和硅灰石粉的长径比产生极大的影响。在其他条件不变的情况下,给料量与长径比和直径的关系如图 1 所示。

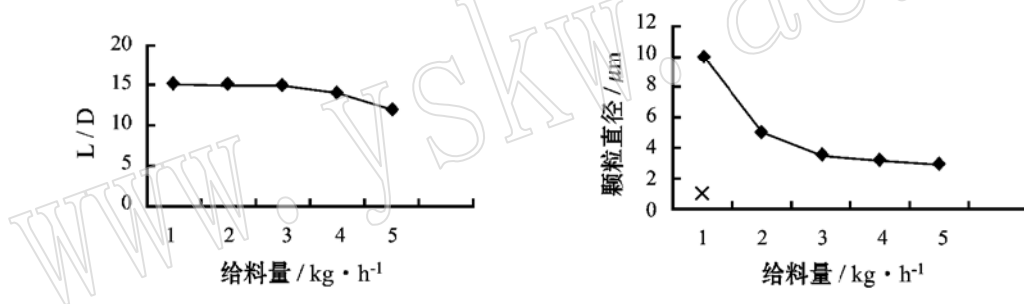


图 1 给料量与长径比和颗粒直径之间的关系

Fig. 1 Feedrate versus aspect ratio and grain diameter

由图 1 可以看出,随着给料量的增加,在一定范围内产品的直径呈减小趋势。这是由于粉碎过程中颗粒与冲击元件之间、颗粒与颗粒之间均有碰撞作用发生。给料量的适当增加,意味着粉碎区的物料浓度增大,因此颗粒的自由行程减小,颗粒之间的碰撞概率增加,这对于每个颗粒而言,相当于增加了被撞击的次数,故颗粒的直径变小。但给料量的增大有一个极限,当给料量达到 5 kg/h 时,出现了设备堵塞现象,致使设备无法工作,这主要是由于设备规格小所致。

由图 1 还可以看出,随着给料量的增加,产品的长径比略呈减小趋势,主要原因是由于粉碎量的增大,腔内物料冲击次数增多,导致颗粒断裂。因此,为了提高长径比,适当减少给料量是有利的。但应尽可能控制其减少量,以提高生产效率,降低生产成本。综合考虑后确定本试验设备的最佳给料量为 3 kg/h。

2.2 冲击转子转速

冲击转子转速对产品的直径和长径比起着关键性作用。冲击转子转速的调节靠变频调速器来实现。

由图2可以看出, d_{50} 和 d_{97} 随冲击速度的增大其总趋势均减小。这是因为随冲击速度增加, 颗粒的破碎速率增大, 粒度减小。另外, 因为硅灰石晶型呈纤维状, 受到冲击作用时易沿着生长方向发生解理。当物料进入到粉碎区时, 根据不规则形状物料空间取向分布理论, 颗粒的长度方向应与冲击轮的旋转方向一致, 从统计概率上讲, 颗粒与冲击转子的作用属于选择性冲击。冲击转速越高, 物料所受到的选择性冲击作用越强, 因而其吸收的能量越大, 产生的解理面越多, 得到的纤维颗粒直径也越细, 在适宜的分级条件下, 这部分颗粒能及时被分离出去。而在冲击转速较低时, 由于颗粒受到的冲击作用较弱, 因此它吸收的能量相对较少, 得到的纤维直径就较大, 在同样的分级条件下, 这部分颗粒不能及时被分离出去, 在粉碎区停留时间较长, 就会在粉碎区内继续受到冲击和剪切作用, 这种长时间的作用不仅使颗粒的长度变小, 同时直径也会随之减小。因此, 颗粒直径随冲击速度的提高而减小。

由图3可以看出, 随着冲击速度的提高, 产品的长径比随之增大, 尤其是当转速大于3 800 rpm时, 平均长度急剧上升, 长径比迅速增大。当转速达到4 450 rpm时, 长径比(L/D)达到14.93, 而在此条件下的平均直径为3.32 μm , 平均长度为49.65 μm 。但试验中还发现, 转速超过4 450 rpm后, 长径比几乎不再增加并且数据不稳定, 主要是由于设备结构本身的限制, 在达到5 000 rpm时, 设备振动加剧。由此可见, 适当增大转速对提高长径比是有利的。

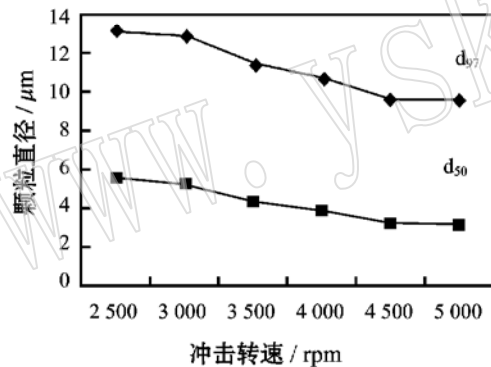


图2 d_{50} 、 d_{97} 与冲击转子转速的关系

Fig. 2 d_{50} and d_{97} versus impact rotational speed

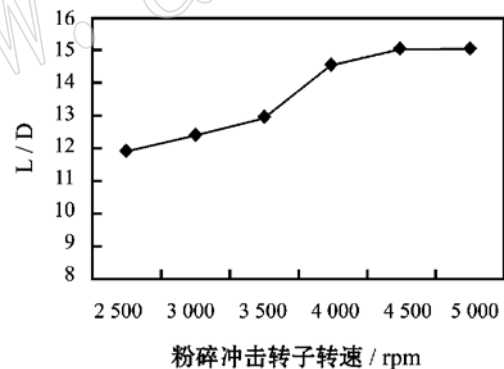


图3 长径比与冲击转子转速的关系

Fig. 3 Aspect ratio versus impact rotational speed

2.3 分级转子转速

分级转子的转速也通过变频调速器来调节。它对产品的粒径和长径比也有显著的影响。由图4可知, 分级转子转速增加, d_{50} 和 d_{97} 两曲线都呈下降趋势, 即产品的粒度随转子转速增加而减小, 这是符合分级规律的。因为对于转子型分级机, 在给定设备和一定的风量条件下, 分级转子转速增加, 切割粒径必然减小。这是由于转速的提高, 使得颗粒所受离心力增大, 分离出的颗粒直径必然减小。

从图5可以看出, 最大的长径比并不出现在分级转速的两端, 而是出现在中间的某一个数值(转子转速为3 000 rpm左右)。

2.4 试验最佳条件与存在的问题

由上述试验得出最佳工艺参数: 给料量为3 kg/h, 冲击转子转速为4 450 rpm, 分级转子转速为3 000 rpm。在此操作条件下, 即可获得直径小于10 μm 、长径比为12~15的超细硅

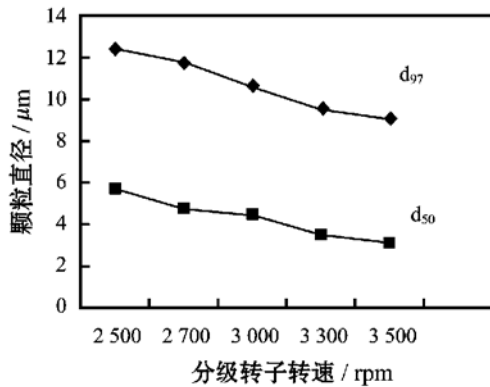
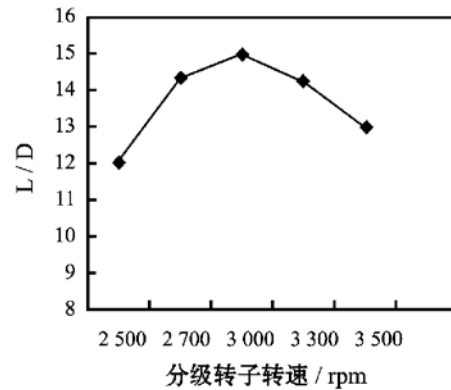
图4 d_{50} 、 d_{97} 与分级转子转速的关系Fig. 4 d_{50} and d_{97} versus classified rotational speed

图5 长径比与分级转子转速的关系

Fig. 5 Aspect ratio versus classified rotational speed

灰石针状粉。

试验中发现,冲击转子转速提高有利于获得大长径比的产品,但由于设备本身的问题,未能进行更高转速的试验;分级部分若能增加二次风或三次风,或许能提高分级效果,但由于试验条件的限制也未能进行这方面的工作。由离心沉降粒度测试仪测得的粒度数据与显微镜下观察的颗粒直径相差较大,这主要是由于试样为纤维状的缘故。

3 结论

试验证明了利用立式冲击分级试验磨制备直径小于 $10\ \mu\text{m}$ 、长径比接近 15 的超细硅灰石针状粉是可行的,为纤维状矿物材料的粉碎又提供了一种可供选择的途径,具有一定的实用价值和普遍意义。

从本试验看出,给料量、冲击转子转速、分级转子转速对硅灰石针状粉的直径特别是长径比影响显著,即系统工艺参数的合理选取对纤维状矿物的超细粉碎至关重要。进一步增大长径比的关键是增加颗粒选择性粉碎的机会,减少因粉碎区内存料过多而使颗粒间相互作用的概率和因颗粒在粉碎区停留时间过长导致颗粒被冲击的次数。这为进一步改进设备结构、合理选择工艺参数、有针对性地进行硅灰石等纤维矿物的超细加工提供了参考依据。

References

- Hu Guoming, Zhu Kunquan. 1994. Experiment research of ultrafine process system of wollastonite etc. mine [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 16(4): 35~ 39 (in Chinese).
- Li Leng, Zeng Xianbin. 1993. Studies on the ultrafine technique of wollastonite by employing a tower mill[J]. Non-metallic Mines, (1): 11~ 14 (in Chinese).
- Liu Boyuan. 1997. Deeping processing of wollastonite and application of its products in plastics [J]. Non-metallic Mines, (3): 21~ 23 (in Chinese).
- Wang Fuxiang, Gao Chunhui. 1998. Preparation of non-metallic minerals ultrafine powder by liquefied bed type jet mill[J]. Non-metallic Mines, (4): 18~ 20 (in Chinese).

- Wang Xinjiang, Yin Xiaodong, Guo Li, *et al.* 1995. Drop superfine comminuting equipment of type CXF- 51 and its application processing of wollastonite[J]. *Non-metallic Mines*, (1): 40~ 41 (in Chinese).
- Yang Yi, Sun Chuanmin, Gong Xiasheng. 1998. Study of mechanism of grinding for wollastonite[J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 25(3): 443~ 446 (in Chinese).
- Yuan Peng, Liu Yin, Li Shuangying. 1998. Study on preparation technique of short needle-like wollastonite powder[J]. *Non-metallic Mines*, (4): 35~ 36 (in Chinese).
- Zhang Mengxian, Li Ru. 1992. Views on elaboration and application of wollastonite[J]. *Non-metallic Mines*, (2): 31~ 33 (in Chinese).
- Zhou Liqiu, Wang Dan, Zhang Jing. 1994. Research on processing method and principle of needle-shaped wollastonite powder[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 16(3): 118~ 122 (in Chinese).

附中文参考文献

- 胡国明, 朱昆泉. 1994. 硅灰石等矿物超细加工系统试验研究[J]. *武汉工业大学学报*, 16(4): 35~ 39.
- 李 冷, 曾宪滨. 1993. 硅灰石粉碎工艺试用搅拌磨的研究[J]. *非金属矿*, (1): 11~ 14.
- 刘伯元. 1997. 硅灰石深加工及其产品在塑料中的应用[J]. *非金属矿*, (3): 21~ 23.
- 王富祥, 高春晖. 1998. 流化床式气流磨制备非金属矿超微粉[J]. *非金属矿*, (4): 18~ 20.
- 王新江, 尹小冬, 郭 力, 等. 1995. CXF- 51 型冲击式超细粉碎成套设备对硅灰石的超细粉碎试验[J]. *非金属矿*, (1): 40~ 41.
- 杨 怡, 孙传敏, 龚夏生. 1998. 硅灰石粉碎机理的研究[J]. *成都理工学院学报*, 25(3): 443~ 446.
- 袁 鹏, 刘 因, 李双应. 1998. 硅灰石短纤维针状粉制备工艺研究[J]. *非金属矿*, (4): 35~ 36.
- 张梦显, 李 如. 1992. 浅谈硅灰石的深加工及应用[J]. *非金属矿*, (6): 31~ 33.
- 周立秋, 王 丹, 张 景. 1994. 硅灰石针状粉加工方法及原理研究[J]. *武汉工业大学学报*, 16(3): 118~ 122.