

# 金红石型钛白粉的湿法超细研磨实验研究

李朝阳, 王腾宇, 郑水林, 演 阳

(中国矿业大学(北京) 化学与环境工程学院, 北京 100083)

**摘要:**以卧式砂磨机为超细研磨设备,研究研磨介质填充率、磨机转速、矿浆中粉体含量、助磨剂添加量、研磨时间对金红石型钛白粉超细研磨效果的影响。结果表明,在介质填充率为 70%,磨机转速为 2 250 r/min,矿浆中粉体质量分数为 50%,添加助磨剂质量分数为 0.4%的条件下,金红石型钛白粉超细研磨 20 min 制得钛白粉的粒径  $d_{50}$ 、 $d_{97}$  分别可达 0.48、1.07  $\mu\text{m}$ 。

**关键词:**金红石型钛白粉;超细研磨;卧式砂磨机

中图分类号:TB332 文献标志码:A

文章编号:1008-5548(2015)04-0092-03

## Research on Wet Ultrafine Grinding Experiment of Rutile Titanium Dioxide

LI Zhaoyang, WANG Tengyu,  
ZHENG Shuilin, YAN Yang

(School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** Taking the horizontal sand mill as ultrafine grinding facility, the influence of media filling rate, mill rolling speed, powder density in pulp, dosage of grinding aids and grinding time on the ultrafine grinding effect of rutile titanium dioxide were studied. The results indicate that with the media filling rate of 70%, mill rolling speed of 2 250 r/min, powder mass fraction in pulp of 50%, and grinding aids mass fraction of 0.4%, the particle size of titanium dioxide  $d_{50}$  and  $d_{97}$  can reach 0.48 and 1.07  $\mu\text{m}$  by grinding rutile titanium dioxide for 20 min.

**Keywords:** rutile titanium dioxide; ultrafine grinding; horizontal sand mill

钛白粉( $\text{TiO}_2$ )是一种多晶化合物,质点呈规则排列,具有格子构造,被认为是目前世界上性能最好的白色颜料,在涂料、化纤、橡胶、塑料、造纸、印刷油墨等工业中广泛应用<sup>[1-3]</sup>。 $\text{TiO}_2$ 纳米粉体作为一种新型的无机功能材料,粒径仅为普通  $\text{TiO}_2$  的约 1/10,

多为 10~50 nm,具有十分宝贵的光学性质<sup>[1]</sup>。表面活性高、比表面大、光吸收性能好、吸收紫外线能力强等独特性能,使  $\text{TiO}_2$  又在陶瓷、催化、环境工程、防晒化妆品等众多领域中应用前景广阔<sup>[2]</sup>。在自然界中  $\text{TiO}_2$  存在金红石型、锐钛矿型和板钛矿型 3 种结晶形态。热稳定性、化学稳定性、耐候性优越并且折射率高的金红石型  $\text{TiO}_2$  广泛应用于塑料、油墨、白色颜料和高级轿车金属面漆等<sup>[3]</sup>。金红石型钛白粉湿磨工艺所用的主要设备为砂磨机、球磨机、胶体磨等。其中砂磨机具有高效分散和较强的粉碎作用,广泛用于钛白粉生产中<sup>[4]</sup>。砂磨机分为立式砂磨机和卧式砂磨机 2 种。本文中以卧式砂磨机为超细研磨设备,研究研磨介质填充率、磨机转速、矿浆中粉体含量、助磨剂添加量、研磨时间对金红石型钛白粉超细研磨效果的影响。

## 1 实验

### 1.1 原料

金红石型钛白粉原料由四川攀枝花钛业股份有限公司提供,初始粒径  $d_{50}$ 、 $d_{97}$  分别为 0.56、25.41  $\mu\text{m}$  ( $d_{50}$ 、 $d_{97}$  分别是累积体积分数为 50%、97%时对应的颗粒粒径)。

### 1.2 试剂与介质

实验所用助磨剂为美国陶氏化学生产的聚丙烯酸树脂,黄色透明黏稠状液体,型号为 Acumer9460,化学结构式为  $(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2)_n$ 。研磨介质选用粒径为 0.6~0.8 mm 的氧化锆球。

### 1.3 仪器与设备

采用卧式砂磨机(Mini-Easy 型,北京瑞驰拓维公司)对金红石型钛白粉进行超细研磨;采用离心沉降式粒度分布仪(BT-1500 型,辽宁省丹东百特科技有限公司)测试样品的粒度<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 介质填充率对研磨效果的影响

选取介质填充率(体积分数,下同)为 65%、67.5%、70%、72.5%、75%,矿浆中粉体质量分数为

收稿日期:2014-10-20,修回日期:2014-11-03。

第一作者简介:李朝阳(1991—),男,硕士研究生,研究方向为资源综合利用与非金属矿深加工。E-mail:1220970933@qq.com。

通信作者简介:郑水林(1956—),男,教授,博士生导师,研究方向为非金属矿深加工与非金属矿物材料、粉体加工技术。E-mail:shuilinzh@sina.com。

50%, 添加助磨剂质量分数为 0.4%, 在磨机转速为 2 250 r/min 的条件下研磨 25 min, 产品粒度如图 1 所示。由图可知:当介质填充率为 65%~70%时, 产品粒径  $d_{50}$  和  $d_{97}$  出现了先缓慢增大后迅速减小的趋势; 当介质填充率为 70%~75%时, 产品粒度随着磨机转速的增大而明显增大再小幅减小; 当介质填充率为 70%时, 产品粒度达到最小,  $d_{50}$  和  $d_{97}$  分别为 0.24、0.89  $\mu\text{m}$ 。由此可知, 最佳研磨介质填充率为 70%。

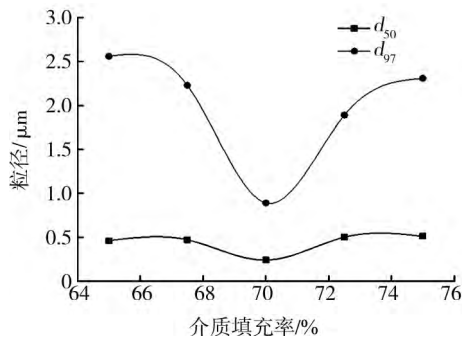


图 1 产品粒度随介质填充率的变化

Fig. 1 Change of particle size of product with media filling rate

### 2.2 磨机转速对研磨效果的影响

选取介质填充率为 70%, 矿浆中粉体质量分数为 50%, 助磨剂质量分数为 0.4%, 在磨机转速分别为 2 050、2 150、2 250、2 350、2 450 r/min 的条件下研磨 25 min, 产品粒度如图 2 所示。由图可知:当磨机转速为 2 050~2 250 r/min 时, 产品粒径  $d_{50}$  和  $d_{97}$  出现了先缓慢增大然后迅速减小的趋势; 当磨机转速为 2 250~2 450 r/min 时, 产品粒度随着磨机转速的增大而明显增大; 当磨机转速为 2 250 r/min 时, 产品粒度达到最小,  $d_{50}$  和  $d_{97}$  分别为 0.24、0.89  $\mu\text{m}$ 。由此可知, 最佳磨机转速为 2 250 r/min。

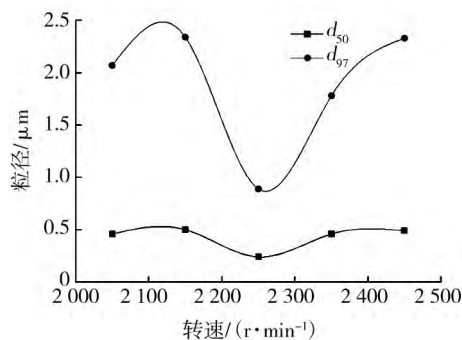


图 2 产品粒度随磨机转速的变化

Fig. 2 Change of particle size of product with mill rolling speed

### 2.3 矿浆中粉体含量对研磨效果的影响

选取矿浆中粉体质量分数为 45%、47.5%、50%、52.5%、55%, 介质填充率为 70%, 助磨剂质量分数为 0.4%, 在磨机转速为 2 250 r/min 的条件下研磨 25 min, 产品粒度如图 3 所示。由图可知:当矿浆

中粉体质量分数为 45%~50%时, 产品粒径  $d_{50}$  和  $d_{97}$  出现了先缓慢增大后迅速减小的趋势; 当粉体质量分数为 50%~55%时, 产品粒度随着磨机转速的增大先明显增大再缓慢减小; 当粉体质量分数为 50%时, 产品粒度达到最小,  $d_{50}$  和  $d_{97}$  分别为 0.36、0.77  $\mu\text{m}$ 。由此可知, 矿浆中粉体质量分数最佳值为 50%。

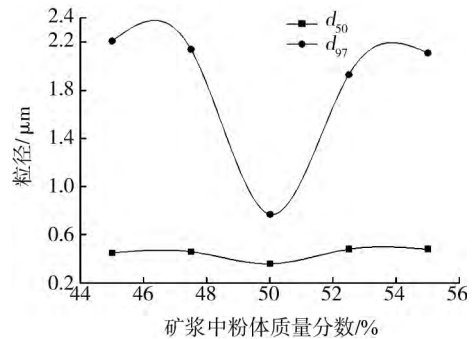


图 3 产品粒度随矿浆中粉体含量的变化

Fig. 3 Change of particle size of product with pulp density

### 2.4 助磨剂添加量对研磨效果的影响

选取添加助磨剂质量分数为 0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%, 介质填充率为 70%, 矿浆中粉体质量分数为 50%, 在磨机转速为 2 250 r/min 的条件下研磨 25 min, 产品粒度如图 4 所示。由图可知:当助磨剂质量分数为 0.2%~0.4%时, 产品粒径  $d_{50}$  随着助磨剂添加量的增大而平稳减小,  $d_{97}$  出现了先缓慢增大后迅速减小的趋势; 当助磨剂质量分数为 0.4%~0.6%时, 产品粒径  $d_{50}$  和  $d_{97}$  随着磨机转速的增大先明显增大再缓慢减小; 当助磨剂质量分数为 0.4%时, 产品粒度达到最小,  $d_{50}$  和  $d_{97}$  分别为 0.25、0.93  $\mu\text{m}$ 。由此可知, 加入助磨剂的质量分数的最佳值为 0.4%。

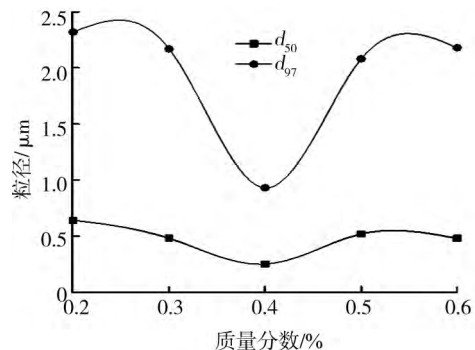


图 4 产品粒度随助磨剂添加量的变化

Fig. 4 Change of particle size of product with dosage of grinding aids

### 2.5 研磨时间对研磨效果的影响

在介质填充率为 70%, 矿浆中粉体质量分数为 50%, 助磨剂质量分数为 0.4%, 磨机转速为 2 250 r/min 的条件下分别研磨原矿 20、22.5、25、27.5、30 min, 产品粒度如图 5 所示。由图可知:  $d_{50}$  在 0.5  $\mu\text{m}$  左右变

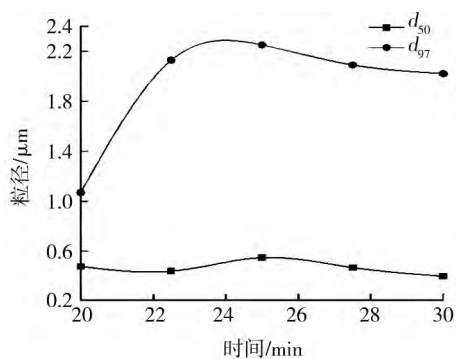


图 5 产品粒度随研磨时间的变化

Fig. 5 Change of particle size of product with grinding time

动,且变化幅度很小;当研磨时间为 20~23.5 min 时,  $d_{97}$  由 0.48  $\mu\text{m}$  迅速增大到约 2.3  $\mu\text{m}$ ; 当研磨时间为 23.5~30 min 时,  $d_{97}$  缓慢减小到 2.02  $\mu\text{m}$ 。由于  $d_{97}$  是主要考察指标,而且也要考虑能耗,因此确定最佳研磨时间为 20 min。

### 3 结论

1) 以粒径为 0.6~0.8 mm 的氧化锆球为研磨介

质,在介质充填率为 70%,磨机转速为 2 250 r/min,矿浆中粉体质量分数为 50%,添加助磨剂质量分数为 0.4%,磨矿时间为 20 min 的条件下制备金红石型钛白粉产品的粒度最小。

2) 在最优工艺条件下处理金红石型钛白粉所得的产品粒径  $d_{50}$  由 0.56  $\mu\text{m}$  减小到 0.48  $\mu\text{m}$ ,  $d_{97}$  由 2.54  $\mu\text{m}$  减小到 1.07  $\mu\text{m}$ 。

### 参考文献 (References):

- [1] 李学富. 超微细二氧化钛: 一种高功能化新型无机材料[J]. 化工新型材料, 1995(5): 36-38.
- [2] 袁莽龙, 罗宁. 国内钛白粉生产、研究及应用进展[J]. 化工进展, 1997(5): 5-7.
- [3] 高桂兰, 段学臣. 纳米金红石型二氧化钛粉末的制备及表征[J]. 硅酸盐通报, 2004(1): 88-90.
- [4] 喻晖, 赵金. LME1000K 卧式砂磨机在钛白生产中的应用[J]. 上海涂料, 2009, 49(9): 15-18.
- [5] 田峰, 张治江, 徐勒铭. BT-1500 离心沉降式粒度分布仪比测分析及其应用[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2011, 28(4): 32-34.

(上接第 91 页)

### 3 结论

1) 利用氢氧化钙沉淀法制备氢氧化镁-重质碳酸钙复合无机阻燃填料的最优工艺条件如下: 反应温度为 85  $^{\circ}\text{C}$ , 反应时间为 2 h, 硫酸镁质量为 36 g 时的氢氧化钙用量为 24 g。

2) 通过对氢氧化镁-重质碳酸钙复合阻燃填料进行表征可知, 在优化工艺条件下制得的复合阻燃填料中, 片状氢氧化镁粒子能够与碳酸钙颗粒均匀复合。

### 参考文献 (References):

- [1] 杨鸿. 氢氧化镁阻燃剂的开发与应用[J]. 无机盐工业, 2001, 33(3): 23-25.

- [2] 张小燕, 卢其勇. 阻燃剂的生产状况及发展前景[J]. 塑料工业, 2011, 39(4): 1-5.
- [3] 欧育湘. 阻燃剂: 性能、制造及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 338-354.
- [4] 杜高翔. 利用石棉尾矿制备超细氢氧化镁和超细白炭黑[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2005: 2-16.
- [5] 欧育湘. 阻燃剂[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 336-343.
- [6] 邵鸿飞, 柴娟, 张福军. 阻燃材料测试与表征方法概述[J]. 工程塑料应用, 2008, 36(1): 69-72.
- [7] BOOSTER J L, van SANDWIJK A, REUTER M A. Conversion of magnesium fluoride to magnesium hydroxide[J]. Miner Eng, 2003, 16: 273-276.
- [8] MANFRED W. Mineral flame retardants—overview and future trends [J]. Industrial Minerals, 2000, 2: 19-28.
- [9] BERNARDO E, ESPOSITO L, RAMBALDI E, et al. Sintered glass ceramic particles from plasmavitriified asbestos containing waste [J]. Advances in Applied Ceramics, 2011, 110: 346-352.