

搅拌磨机在锆英石超细粉中的应用

陈志强

摘要：采用JM1050型搅拌磨机为锆英石超细粉的磨矿设备，采用变速磨矿和动态磨矿浓度的生产工艺，获得粒度小于 $5\mu\text{m}$ ，平均粒度 $1.54\mu\text{m}$ ，最终白度大于87%，含 ZrO_2 大于65%， Fe_2O_3 0.057%， TiO_2 0.14%的优质锆英石超细粉，生产实践表明，该设备运转可靠，磨矿效率高。

关键词：磨矿机；锆英石；超细粉；生产
中图分类号：TD453 **文献标识码：**A

Application of agitating grinder in the treatment of zircon superfine powder

CHEN Zhiqiang

(Mineral Processing Engineering Research Institute under Guangzhou Research Institute of Non-Ferrous Metals, Guangzhou 510651, China)

Abstract: Type JM1050 agitating grinder has been used for producing zircon superfine powder. In the production process, grinding at various speed with dynamic grinding concentration is applied. High-quality zircon superfine powder can be obtained, the particle size of which is less than $5\mu\text{m}$ and the average particle size is $1.54\mu\text{m}$; the final whiteness of which is over 87%; ZrO_2 content of which is over 65%, Fe_2O_3 0.057% and TiO_2 0.14%. The production practice indicates that the equipment is reliable in operation and the grinding efficiency is high.

Key words: ore mills; zircon; superfine powder; production

超细粉是近十几年来国际上新发展起来的新型功能性材料，被誉为现代高新技术的原点。近几年来，随着我国建筑陶瓷、卫生陶瓷行业的迅速发展，高档陶瓷要求釉料乳浊剂给釉层带来较高的遮盖力和陶瓷产品具有较高的白度。作为陶瓷釉料乳浊剂的锆英石超细粉，理想粒度是亚微米级，因为它可在高温时易熔于釉料中，冷却时形成具有很强遮盖力的细小结晶，但由于设备和成本的限制，一般平均粒度为 $3\sim 5\mu\text{m}$ 。为满足我国陶瓷业的需求和减少商品级优质锆英石超细粉的进口，1994年广州有色金属研究院采用JM1050型搅拌磨机为磨矿设备，建成年产量2000t的锆英石超细粉生产线。产品技术指

标为 $\text{Zr}(\text{Hf})\text{O}_2$ 65.58%, Fe_2O_3 0.057%, TiO_2 0.14%, Al_2O_3 1.51%, SiO_2 32.62%, 粒度小于 $5\mu\text{m}$, 平均粒度 $1.54\mu\text{m}$, 白度大于87%.到目前为止, 投入市场销售超过4500t, 得到用户的认可.

1 原料及其性质

锆英石分子式为 ZrSiO_4 , 理论成分为 ZrO_2 67.10%, SiO_2 32.90%.属四方晶系, 阳离子 Zr^{4+} 和八个几乎是等距离的氧离子保持平衡, 形成八配位体 $[\text{ZrO}_8]$, 硅氧四面体以孤岛状存在于结构中.其硬度7~8, 密度 $4.6\sim 4.7\text{g}/\text{cm}^3$, 常为砂粒状.基于高档建筑陶瓷和卫生陶瓷的要求, 锆英石超细粉必须纯度高, Fe_2O_3 , TiO_2 等杂质含量低, 粒度微细.虽然我国锆英石资源丰富, 在世界上排第3位, 但由于杂质含量和放射性高, ZrO_2 主成分偏低, 目前仅限于在结构材料上应用.因此, 生产原料全部采用澳大利亚东海岸的优质锆英砂, 原砂粒度小于0.2mm.

2 JM1050型搅拌磨机的结构与工作原理

2.1 设备的结构和工作原理

目前, 国内用得比较多的超细粉生产设备有振动磨机、气流磨机和搅拌磨机, 但从工业生产的效果和设备性能来看, 搅拌磨机较为理想.JM1050型搅拌磨机是广州有色金属研究院在国内外同类产品的基础上经改进而研制成功的一种高效机械搅拌式磨矿机.它有以下几个特点:(1)采用新型搅拌结构, 产品可以磨至 $1\mu\text{m}$ 以下;(2)产品粒度容易控制, 可以获得不同粒级的产品;(3)设备的内衬材料耐磨耐热, 使用寿命长;(4)结构简单, 安装、操作方便;(5)能耗少, 噪音低.设备结构示意图见图1.设备主要由搅拌器、筒体、传动装置、液压系统和机架组成.工作时, 由主电机发出的动力经二级皮带传动带动搅拌器作回转运动.研磨介质在搅拌器高速搅动下产生剪切冲击和摩擦作用而使物料粉碎.在磨矿过程中, 研磨介质作不规则运动, 这种不规则运动对物料产生3种作用力:(1)研磨介质之间的相互冲击产生的冲击力;(2)研磨介质的翻动产生的剪切和摩擦力;(3)研磨介质填入搅拌器所留下的空间而产生的撞击力.在这几种力的综合作用下, 物料被超细粉碎.

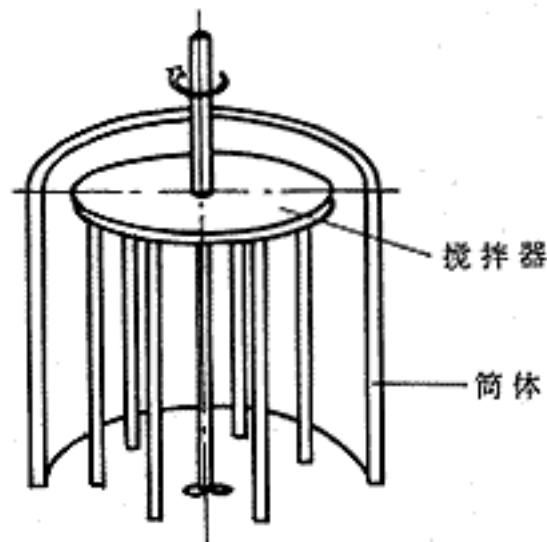


图 1 JM1050型搅拌磨机结构示意图

Fig.1 Schematicdrawing of Type JM1050 agitating grinder

2.2 设备的主要技术参数

JM1050型搅拌磨机的主要技术参数见表1.

表1 JM1050型搅拌磨机的主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of Type JM1050 agitatinggrinder

筒体容积/m ³	筒体直径/mm	转速/(r·min ⁻¹)	功率/kW
1.2	1050	0~440	45

3 影响磨矿效率的主要因素

影响磨机工作效率的因素可归纳为3个方面：物料的性质，设备的结构和转速以及操作条件.在一般情况下，只有操作条件是可以变动的 [1] .对于JM1050型搅拌磨机来说，主要体现在磨矿转速和磨矿浓度上.因此，磨矿转速和磨矿浓度控制得好坏，将直接影响到搅拌磨机的磨矿效果.

3.1 磨矿转速

粉碎产物的粒度分布具有二成分性(严格地说是多成分性).根据粉碎产物粒度分布二成分性，可以推论矿物颗粒的粉碎过程不是由连续单一的粉碎形式所构成.一般情况下，可以看成是体积粉碎和表面粉碎的组合 [2] .从粉磨小型模拟试验结果发现，采用高转速磨矿，可获得满意的结果.但在生产中，如果采用高速磨矿，介质及设备磨损严重，成本高，在工业生产中难以实现.因此，寻找经济合理的磨矿转速显得非常重要.通过长期的工业生产实践表明，采用变速磨矿，获得了满意的效果(见图2).从磨矿全过程来看，可以分为3个阶段.磨矿前期，锆英石颗粒比较粗，存在较为丰富的各种裂纹，强度比较弱，此阶段以体积粉碎为主，可采用较高的磨矿转速，增加介质的动能，使粗粒含量快速下降；磨矿中期，锆英石粒度不断缩小，颗粒裂纹减少，但强度增大，此阶段体积粉碎与表面粉碎并存，可以降低磨矿转速，增加研磨的作用；磨矿后期，锆英石颗粒进一步缩小，其表面存在的裂纹已经微乎其微，强度进一步增大，磨矿难度加大，此阶段表面粉碎占主导作用，应进一步降低磨矿转速，以研磨为主，实现物料的微粉化.从图2磨矿转速对比试验的结果可以看出，采用变速磨矿，磨矿效率显著地提高，磨矿成本相应地大幅度降低.因此，采用变速磨矿的磨矿方式是合理的.

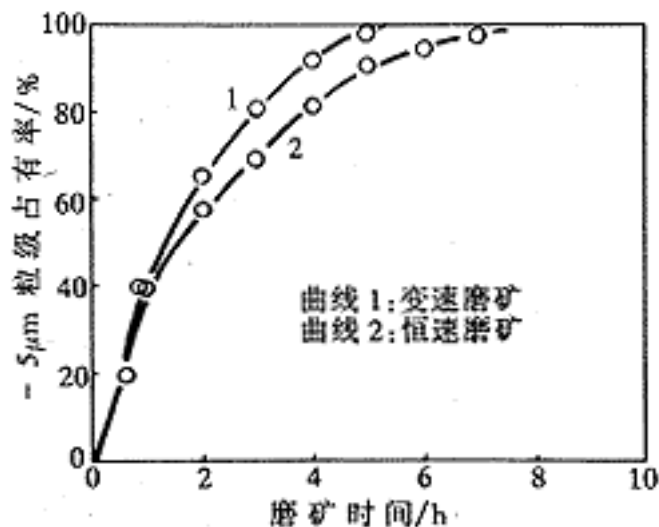


图2 磨矿转速对磨矿效率的影响

Fig.2 Effect of grinding speed of revolution on grinding efficiency

3.2 磨矿浓度

JM1050型搅拌磨机与选矿厂所用的球磨机在给料和排料方式上有所不同,前者采用一次性给料和一次性排料,后者是连续给料和排料.因此,在正常的情况下,球磨机的磨矿浓度是相对稳定的,而JM1050型搅拌磨机在磨矿过程中,由于其特殊的给料和排料方式,必须有合适的磨矿浓度与之相适应.在磨矿过程中,每一阶段的物料的粒度组成都发生很大的变化.随着磨矿时间的延长,物料的粒度不断缩小,比表面积不断增大,由此带来矿浆的粘度增大,流动性降低,物料的分散性下降,导致物料与磨矿介质的有效碰撞率大幅度降低,从而降低磨矿效率.为了解决这个问题,在磨矿过程中采用动态磨矿浓度的磨矿方式,使磨矿全过程的各个阶段都有合适的磨矿浓度与之相适应,提高物料的分散性和矿浆的流动性,从而最大限度地提高物料与磨矿介质的有效碰撞率.从图3的磨矿浓度对比试验结果可以看出,采用动态磨矿浓度的磨矿方式,磨矿效率显著提高.因此,采用动态磨矿浓度的磨矿方式是合理的.

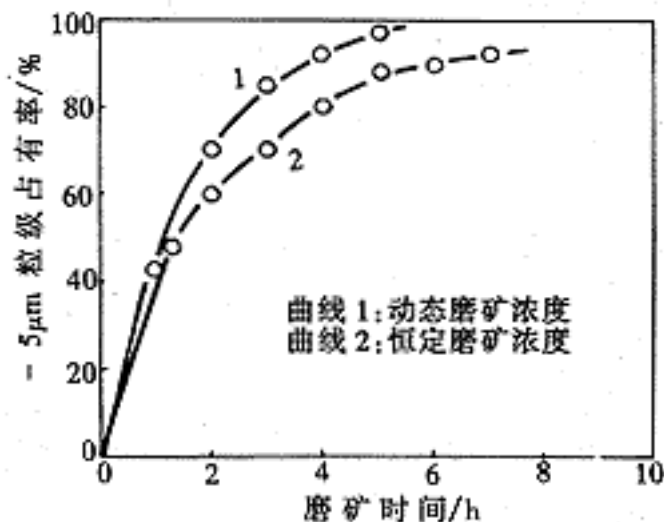


图3 磨矿浓度对磨矿效率的影响

Fig.2 Effect of grinding concentration on grinding efficiency

4 工业试验和生产

4.1 小型试验

采用JM200小型搅拌磨机进行模拟试验，物料为锆英石原砂(粒度小于0.2mm)，磨矿时间为3h，试验结果见表2.锆英石原砂经JM200小型搅拌磨机一段磨矿，磨矿产品粒度小于3 μ m，这一结果表明，采用JM1050型搅拌磨机为锆英石超细粉的磨矿设备是可行的.

表 2 小型模拟试验结果
Table 2 Results of bench-scale simulation test

粒级/ μ m	产率/%	平均粒度/ μ m
+3.0	0	
-3.0+2.0	17.50	
-2.0+1.5	12.10	
-1.5+1.0	19.10	
-1.0+0.8	6.30	
-0.8+0.6	10.80	
-0.6+0.5	8.80	
-0.5	25.40	
合计	100.00	0.96

4.2 工业试验及生产

根据小型试验的结果，以JM1050型搅拌磨机为磨矿设备，采用变速磨矿和动态磨矿浓度的工艺进行工业试验.工业试验流程见图4.工业试验结果见表3，磨矿产品粒度小于5 μ m，平均粒度1.54 μ m.工业生产实践表明，用JM1050型搅拌磨机为锆英石超细粉的磨矿设备，产品粒度细.从用户反馈回来的信息得知，产品细度完全满足陶瓷行业对锆英石乳浊剂的要求.通过这几年生产考核，磨矿产品粒度保持在5 μ m以下，生产各项技术指标稳定，达到了本课题研究的目的，同时找到了合理的锆英石超细粉生产工艺及合适的磨矿设备.

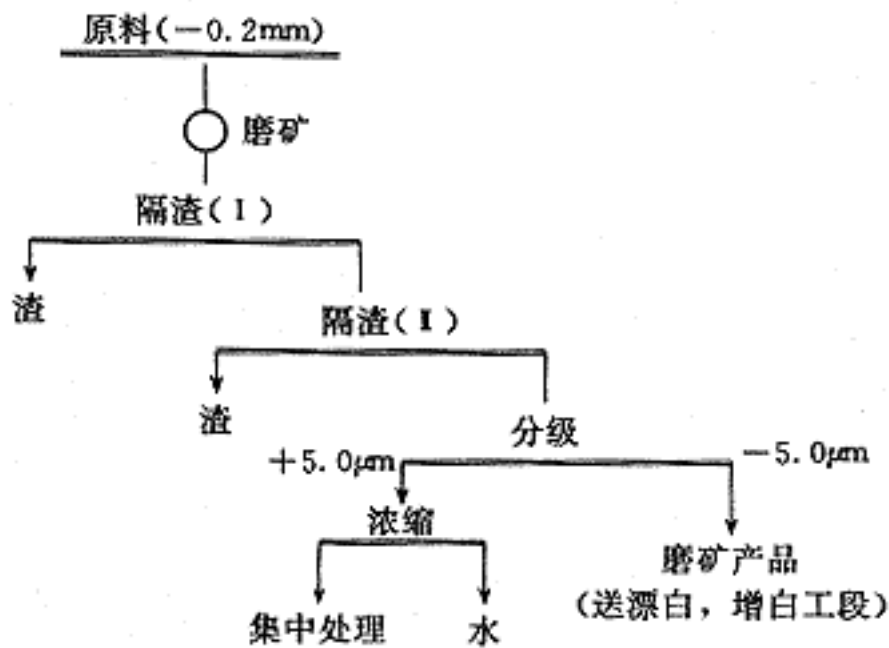


图4 磨矿工艺流程图
Fig.4 Technological flowsheet of grinding

表3 JM1050型搅拌磨机工业试验结果
Table 3 Results of industrial test on Type JM1050 agitating grinder

粒级/ μm	产率/%	平均粒度/ μm
+5.0	0	
-5.0+4.0	15.50	
-4.0+3.0	5.70	
-3.0+2.0	21.50	
-2.0+1.5	7.90	
-1.5+1.0	14.90	
-1.0+0.8	7.20	
-0.8+0.6	10.80	
-0.6+0.5	1.30	
-0.5	15.20	
合计	100.00	1.54

5 结论

- (1)JM1050型搅拌磨机是一种高效超细粉碎设备, 设计合理, 磨矿效果好.
- (2)将JM1050型搅拌磨机应用于生产锆英石超细粉, 产品粒度小于 $5\mu\text{m}$, 平均粒度 $1.54\mu\text{m}$, 生产指标稳定, 经济效益和社会效益好.

(3)生产实践表明, JM1050型搅拌磨机的磨矿效率高, 运转可靠, 适用于工业化生产.

作者简介: 陈志强(1964-), 男, 广东兴宁人, 工程师.

作者单位: 广州有色金属研究院选矿工程研究所, 广东广州 510651

参考文献:

[1] 李启衡.碎矿与磨矿.北京:冶金工业出版社, 1980.174.

[2] 陆厚根.粉体工程导论.上海:同济大学出版社, 1993.162~163.

收稿日期: 1998-08-21