

# 铁球磨介硅酸锆超细粉碎的工艺研究<sup>\*</sup>

张敬阳 魏永聪 陈亦可

( 华侨大学材料物理化学研究所, 泉州 362011)

摘要 比较搅拌球磨机的主要磨介的特点, 介绍用铁球磨介生产具有国际同类质量水平的硅酸锆超细粉的生产实践, 并就生产中的几个主要环节进行了探讨.

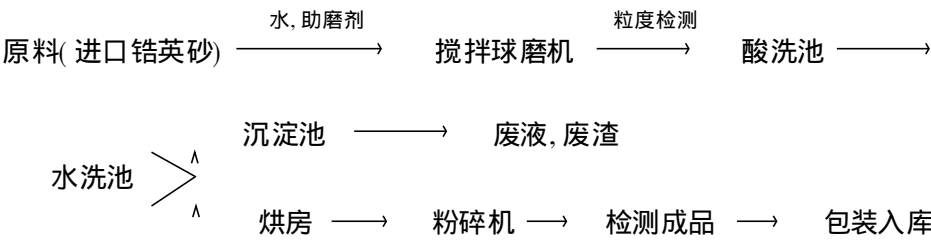
关键词 硅酸锆, 超细粉碎, 磨介, 铁球

分类号 TQ 174.611

硅酸锆超细粉俗称锆英粉, 是由天然锆英石经超细粉碎、表面改性处理等工艺加工而成的, 现已广泛用于制备陶瓷釉料的乳浊剂中. 硅酸锆超细粉碎设备普遍采用搅拌球磨机<sup>[1]</sup>, 磨介可用氧化锆球, 但氧化锆球价格昂贵, 相应的设备投入也较大. 如果能采用铁球作磨介可大大降低成本, 但产品若不除铁就用于釉料将影响陶瓷制品的质量<sup>[2]</sup>. 我们建立了一套除铁工艺, 经生产实践证实可完全除去铁球磨介所带来的铁污染, 同时所产生的废液、废渣经适当处理后可达到排放标准.

## 1 铁球磨介硅酸锆超细粉碎的生产实践

### 1.1 工艺流程



### 1.2 生产工艺过程的主要环节的研究

#### 1.2.1 不同料球比的粉碎效果

如表 1 所示, 在其他条件(如料水比、助磨剂等)相同下, 料球比( $w_1$  为硅酸锆与铁球的质量比)越小即磨介越多, 粉碎效果越好, 以粒度分布( $w_D$  为质量分数)表示. 但磨介太多, 会产生‘铁磨铁’的现象, 磨介消耗增大, 产量也会降低. 从锆英粉粒度质量要求和经济效益来分析, 大约 1.0~1.9 的料球比较佳.

表 1 不同料球比的粉碎效果<sup>①</sup>

$w_1$		$w_D$			$w_1$		$w_D$		
		$> 5 \mu\text{m}$	$5 \sim 2 \mu\text{m}$	$< 2 \mu\text{m}$			$> 5 \mu\text{m}$	$5 \sim 2 \mu\text{m}$	$< 2 \mu\text{m}$
1.0	1.0	0.0960	0.3032	0.6008	1.0	1.9	0.0131	0.2454	0.7415
1.0	1.5	0.0560	0.2710	0.6730	1.0	2.5	0.0072	0.2370	0.7558

① 粉碎时间( $t_1$ )为 12 h

1. 2. 2 不同料球比的粉碎效果

料水比( $w_2$ 为硅酸锆与水的质量比)对产品的粒度有很大的影响,料水比小,不易磨细,且能耗大,产量低.随着料水比的增大,产品粒度逐渐变细,但料水比太大,料浆流动性则差,同样不易磨细.一般说来,开始时料水比可大一些[约(8.0~8.5) (2.0~1.5)].随着粒度变细,料浆粘度逐渐增大,须在研磨过程中适当加水,直至料水比为(6.0~6.5) (4.0~3.5)为较佳.

1. 2. 3 铁球磨介球径的影响

铁球磨介球径( $d$ )的大小,应根据加工产品的要求合理确定.我们选择了3种铁球,其球径分别为10 mm, 12 mm和14 mm.一般来说,对于80~120目的原料,铁球含量按直径的大、中、小,其质量比1 2 1;对于更细的原料,则不用大球,中、小球质量比为(1.5~2.0) 1.0较好.

1. 2. 4 助磨剂的影响

由于超细粉碎的能耗较高,能量利用率又很低,因此助磨剂的选择是很重要的一环.原则是:首先,必须大幅度地提高研磨效率;其次,助磨剂的作用不能影响产品的最终使用性能<sup>①</sup>.我们试用了多种助磨剂,最后选择了KB,达到了预期目的(表2).表中A加了KB,B未加KB,研磨时间( $t_2$ )为12 h.

表 2 料浆 A, B 粉碎效果的比较

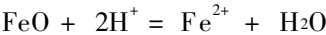
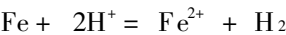
料浆	$w_D$		
	$> 5 \mu\text{m}$	$5 \sim 2 \mu\text{m}$	$< 2 \mu\text{m}$
A	0.0301	0.2309	0.7390
B	0.1753	0.3596	0.4651

1. 2. 5 研磨时间

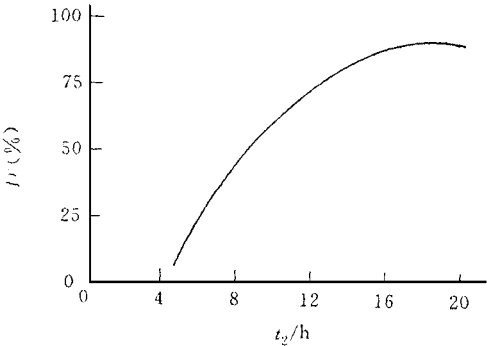
从附图( $d < 2 \mu\text{m}$ )可看出,在其他工艺条件固定下,随着研磨时间( $t_2$ )的增加,锆英粉快速变细.但研磨时间达到一定程度后,曲线趋于平缓,粒度变细有限.在生产中应根据产品的要求,合理掌握研磨时间.

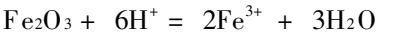
1. 2. 6 酸处理工艺

酸处理的目的是除去料浆中呈细微粒或超细微粒的元素铁及氧化铁等有害杂质<sup>②,5]</sup>.采用单一酸或混合酸氧化是最合适的除铁方法,酸用量一般应比理论用量增加5%~20%<sup>6]</sup>.经搅拌反应,铁杂质基本会转化为可溶性铁盐,其反应为



附图 硅酸锆料浆粒径分布与研磨时间关系图





常用盐酸或硫酸即可较容易地把杂质铁转为可溶性铁盐, 关键在于如何快速、有效地把铁盐漂洗掉. 酸处理中常发生浆料静置数天仍不澄清, 且沉下部分很难搅散清洗, 因此清洗效率低, 且产品浪费大. 经反复研究采用具有以下特性的 FIA 絮凝剂, 解决了生产中这一关键难题.

- (a) 选择性快速絮凝硅酸锆(十几分钟即澄清), 而铁盐留于溶液被排出.
- (b) 絮凝的锆英粉疏松便于短期内反复清洗.
- (c) 清洗后产品粒度分布基本不变.
- (d) 用量少, 每吨锆英粉只需微量的 FIA 絮凝剂, 约 15.00 元. 只要一次投入, 便可反复高效的漂洗, 直至铁化合物基本除净, 且无毒、无味, 对产品质量无影响.
- (f) 高温煅烧时可挥发掉, 不影响陶瓷制品的质量.
- (g) 投资少, 工艺简单, 操作方便. 酸处理后产生的废液、废渣经处理后可达到排放标准.

1.3 与使用氧化锆球作磨介的工艺的比较

铁球密度( $7.8\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )比氧化锆球密度( $4.65\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )大得多, 因此铁球的研磨效率比氧化锆球高(表 3), 表中料球比, 料水比和研磨时间条件均相同, 对同样的料, 研磨时间可节省 2~3 h.

表 3 不同磨介的粉碎效果

磨介	$w_D$		
	$> 5\text{ }\mu\text{m}$	$5 \sim 2\text{ }\mu\text{m}$	$< 2\text{ }\mu\text{m}$
氧化锆球	0.1301	0.5349	0.3350
铁球	0.0934	0.5210	0.3856

铁球的硬度、机械强度都不如氧化锆球, 故磨耗较大. 磨每吨锆英砂需耗氧化锆球 2 kg 左右, 耗铁球 15~20 kg, 但氧化锆球价格达几十万元 $\cdot\text{t}^{-1}$ 以上, 而铁球不足 1~2 万元 $\cdot\text{t}^{-1}$ . 采用铁球作磨介, 搅拌球磨机就无须用昂贵的聚酯内衬(更换较麻烦), 至于酸处理增加的设备, 投资也不多. 因此, 铁球磨介硅酸锆超细粉碎工艺投资少, 成本也低得多.

1.4 硅酸锆超细粉达到的技术质量指标

1.4.1 化学成分指标

用搅拌磨铁球磨介加工 12 h 的硅酸锆超细粉(粉料 1)与进口硅酸锆超细粉(粉料 2), 其主要化学成分(质量分数)列于表 4.

表 4 两种粉料的主要成分比较

粉料	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{ZrO}_2$	合计
粉料 1	0.3194	0.0039	0.0007	0.0013	0.6693	0.9946
粉料 2	0.3182	0.0041	0.0006	0.0012	0.6691	0.9932

1.4.2 物理指标

两种粉料的物理指标对比见表 5,  $w$  为质量分数.

表 5 两种粉的物理指标对比表

$w$	$d/\mu\text{m}$		$w$	$d/\mu\text{m}$		$w$	$d/\mu\text{m}$	
	粉料 1	粉料 2		粉料 1	粉料 2		粉料 1	粉料 2
0.01	0.049	0.022	0.40	0.864	0.737	0.80	2.035	1.972
0.10	0.261	0.230	0.50	1.120	0.978	0.90	2.796	2.521
0.20	0.450	0.563	0.70	1.621	1.503	0.99	6.012	4.571

## 2 结束语

采取恰当的酸处理工艺,用铁球磨介搅拌球磨机生产具有国际同类产品质量水平的硅酸锆超细粉,是一条投资少、成本低、效率高、切实可行的工艺路线,其推广应用前景广阔.

### 参 考 文 献

- 1 陈亦可. 硅酸锆的超细粉碎及其对釉料遮盖力的影响. 非金属矿, 1996, (1): 36 ~ 38
- 2 柳名金. 瓷器原料除铁的途径和方法. 陶瓷, 1982, (1): 37 ~ 40, 35 ~ 49, 43 ~ 46
- 3 魏永聪. 高岭土矿物分散、絮凝、超细粒压滤及再分散的研究. 非金属矿, 1992, (6): 14 ~ 17
- 4 柳名金. 瓷器原料除铁的途径和方法. 陶瓷, 1982, (2): 35 ~ 49
- 5 柳名金. 瓷器原料除铁的途径和方法. 陶瓷, 1982, (3): 43 ~ 46
- 6 魏永聪. 高岭土电解除铁初探. 华侨大学学报(自然科学版), 1990, 11(2): 147 ~ 153

## Technological Study on the Ultrafine Pulverization of Zirconium Silicate by Iron Ball Grinding Medium

Zhang Jingyang   Wei Yongcong   Chen Yike

(Inst. of Mater. & Phys. Chem., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

**Abstract** Staring from a comparison of characteristics of major grinding media of agitating ball grinder, the authors describe the practice in producing ultrafine powder of zirconium silicate with the quality up to international standard; and discuss several key links in the production.

**Keywords** zircon silicate, ultrafine pulverization, grinding medium, iron ball