

电气石粉的超细研磨工艺研究^x

季理沉

(核工业井巷建设公司,浙江湖州,313005)

摘要:对电气石进行了超细研磨试验,采用低速搅拌磨循环磨矿—高速搅拌磨循环磨矿两段磨矿加工,研究确定了研磨工艺条件,得到的 $d_{95} \leq 2\mu\text{m}$ 的电气石超细粉产品可作为人造纤维丝的功能性填料。

关键词:电气石;超细粉;研磨;工艺条件

Study on Ultrafine Grinding of Tourmaline Powders

Ji Li - yuan

(Nuclear Industry Shaft and Lane Engineering Construction Corporation, Huzhou, Zhejiang Province 313005, China)

Abstract: In the experiment of ultrafine grinding of tourmaline powders it was found that two stages grinding technology, low speed stirring circulating grinding—high speed stirring circulating grinding, is ideal technology and the optimum conditions was ascertained. The obtained ultrafine tourmaline powders with $d_{95} \leq 2\mu\text{m}$ can be used as the fillers for Rayon.

Key words: tourmaline; ultrafine powders; grinding; technology conditions

电气石是电气石族矿物的总称,化学成分比较复杂,其组成一般可表示为: $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, 是以含硼为主的锂、钠、铁、镁、铝的环状结构硅酸盐矿物。它基本上由以下三种端员组成: 锂电气石: $\text{Na}(\text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, 黑电气石: $\text{NaFe}_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, 镁电气石: $\text{NaMg}_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$, 三者之间均可以成类质同象置换。电气石通常以黑色的常见,也有呈褐色、绿色、蓝色、红色、玫瑰色等,玻璃光泽,硬度 7~7.5,比重 2.9~3.25。具有热电性与压电性。电气石由于产地稀少,能形成开采规模的为数甚少,除作为宝石及磨料对待外,其工业应用至今仍是一个“空白点”。国内也很少有人从事电气石工业加工、应用的研究探索。

最近,有一项专利技术是把电气石应用于人造纤维丝中,即人造纤维丝中含有 0.5%~2.0% 的电气石粉体,其颗粒以不超过 1~2 μm 为宜。该纤维具有优异的保暖性能,并可有效地促进人体的血液循环从而达到增强人体生理机能的目的,因此已被应用于保暖和保健内衣的生产中。根据某厂家的委托,我们对电气石进行了超细研磨加工试验,结果表明,采用干法超细粉碎,产品细度虽可满足要求,但生产成本过高,不适合于工业化生产。而采用低速搅拌磨+高速搅拌磨的联合磨矿工艺,则产品完全可以达到工业利用的技术要求,且在经济上也是可行的。

^x 收稿日期:2002-05-01;修回日期:2003-03-06

作者简介:季理沉(1971-),男,浙江湖州人,工程师,大学本科,主要从事分析测试、黄金及非金属矿的生产和深加工研究。

1 试验设备

1.1 试验样品

试验用样品为委托方提供的电气石粉,呈深灰色,密度 3.0~3.1g/cm³,硬度 7~7.5,中位粒径(d₅₀)22.95μm。其粒度分布见表 1。

表 1 电气石原料的粒度分布 (%)

粒径(μm)	产率	粒径(μm)	产率	粒径(μm)	产率
0.0~5.0	11.45	20.0~30.0	28.75	50.0~60.0	2.27
5.0~10.0	6.90	30.0~40.0	19.46	60.0~70.0	0.14
10.0~20.0	22.61	40.0~50.0	8.42		

1.2 超细研磨及检测设备

主要为湿式低速搅拌磨、湿式高速搅拌磨(带冷却夹套)和 JL - 1155 型激光粒度分布测试仪。其它有隔膜泵、循环桶、制浆桶等。

2 电气石超细研磨原理及工艺流程

根据我们的初步试验表明,单独采用低速搅拌磨时,产品的细度不能达到规定的技术要求(中位径

d₅₀ ≤0.70μm,d₉₅ ≤2μm),在技术上不可行;而采用高速搅拌磨时产品细度可以满足要求,但由于磨矿介质损耗很大,成本过高,在经济上不可行。经过多次探索试验,最后采用了低速搅拌磨循环磨矿+高速搅拌磨循环磨矿的联合工艺,即将电气石调浆后先在低速搅拌磨机上循环磨矿,直至粉体的细度达到 d₈₀ ≤2μm,然后把浆料转入高速搅拌磨机循环磨矿,直至产品细度合格。这样即可保持较高的磨矿效率,又可把成本控制在合理的范围内。

研磨过程是:搅拌磨的搅拌棒搅动研磨矿介质,使介质作不规则运动而冲击、剪切、摩擦,对物料进行粉碎。研磨前,先按比例将电气石粉和水、分散剂在调浆桶中配成一定浓度的浆料,然后泵送到装有研磨矿介质的搅拌磨内,边输入浆料边启动搅拌轴。研磨后的浆料从溢流口流出至循环桶后,启动搅拌器,调节隔膜泵的转速,将桶内浆料通过磨机底部入口,再输回机内,如此往复循环进行超细研磨,在研磨过程中每隔 30min 取一次样,进行粒度测定。直至粒度达到 d₈₀ ≤2μm 后,再按上述方法把浆料转入高速搅拌磨中进行循环研磨,直至粒度合格,见图 1。

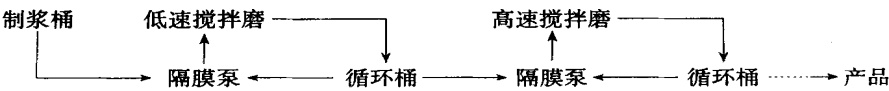


图 1 电气石超细研磨工艺流程

3 研磨试验及结果及讨论

3.1 研磨矿介质的选择

研磨矿介质的密度及硬度对物料研磨效果起着重要作用,一般情况下,介质密度及硬度越大,对物料的冲击力也越大,研磨效果也就越好。但由于电气石是一种十分难磨的物料,在长时间的研磨过程中,磨矿介质损耗很大,且大部分损耗是由于磨矿介质自身的碰撞而引起的,特别是在高速搅拌磨中更加明显。在本研究过程中,对氧化锆和陶瓷磨矿介质进行了对比试验,试验条件:介质填充率 67%,磨矿浓度 67.5%,磨矿时间 5h;试验结果见表 2。由表 2 可见,氧化锆介质由于密度比氧化铝介质大,其研磨效率明显好于氧化铝介质,损耗率也明显低于

氧化铝介质,但由于二者的价格相差 6 倍以上(氧化锆磨矿介质 125 元/kg,陶瓷磨矿介质 20 元/kg),因而采用氧化锆磨矿介质的综合成本反而大大高于氧化铝磨矿介质。故在实际生产中,选用了氧化铝作为磨矿介质,其配比如表 3 所示。

表 2 氧化锆和陶瓷两种磨矿介质研磨效率及成本对比

项目	搅拌磨种类	氧化锆介质	陶瓷介质
产品细度(-10μm, %)	低速搅拌磨	82.76	77.50
产品细度(-10μm, %)	高速搅拌磨	91.27	85.22
磨矿介质损耗(kg/t)	低速搅拌磨	0.43	1.25
磨矿介质损耗(kg/t)	高速搅拌磨	6.55	16.50
磨矿介质成本(元/t)	低速搅拌磨	53.85	25.00
磨矿介质成本(元/t)	高速搅拌磨	818.75	330.00

表3 陶瓷磨矿介质的配比

磨矿介质规格(Φ ,mm)	1.5~2	2~3	3~4	4~5	5~6
低速搅拌磨(%)	—	—	40	30	30
高速搅拌磨(%)	40	60	—	—	—

3.2 浆料浓度试验

不同物料,其研磨的浆料浓度也有所不同,实践中曾将电气石的浆料浓度控制在 $70 \pm 1\%$,此时,在初始阶段物料的流动性良好,但当电气石的细度达到 $80\% \sim 85\%$ 小于 $2\mu\text{m}$ 时,浆料的粘度迅速增加,物料的流动性变得极差,磨机的研磨效率会明显降低;同时磨机进出口阻力急剧增加,易造成筛网堵塞,影响生产过程的稳定,必须加入适量的分散剂方可使研磨继续进行。为降低生产成本,同时保持在较高的浓度下磨机具有较高的生产效率和稳定性,经多次试验,将电气石的浆料浓度控制在 $65 \pm 1\%$,此时,随着研磨时间的延长,浆料浓度虽有所增加,但不影响磨机的磨效和生产过程的稳定性。试验条件:陶瓷磨矿介质,介质填充率 67.5% ,研磨时间 5h ;结果见图2。

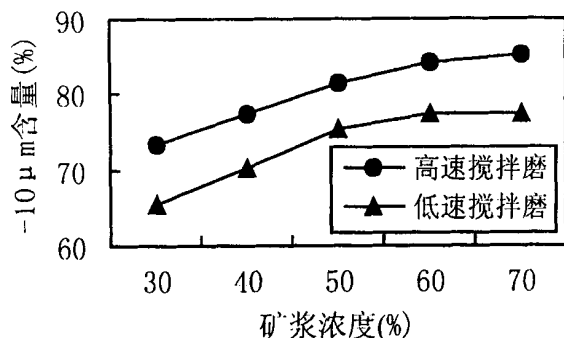


图2 磨矿浓度试验

3.3 介质填充率

在电气石的超细研磨中,介质填充率对物料的研磨效果也是一个重要的影响因素,若介质填充过多,则磨机内的物料相应减少,反而引起研磨效率的下降,同时由于介质自身碰撞等引起的损耗急剧增加;若介质填充过少,由于机内物料过多,磨矿介质对电气石的冲击、剪切、摩擦相应减少,同样会引起研磨效率的下降。由图3和图4(试验条件:陶瓷磨矿介质,矿浆浓度 65% ,研磨时间 5h)可见,最佳的介质填充率为 $65\% \sim 70\%$ 。在此范围内,介质损耗

适中,研磨效率却仍保持较高水平,综合经济指标最高。同时,在研磨过程中,要始终保持介质填充率的相对稳定,随着介质的损耗,需及时补加。根据本试验的经验,在低速搅拌磨中,可以每 8h 添加一次,而在高速搅拌磨中则需每 4h 补加一次。

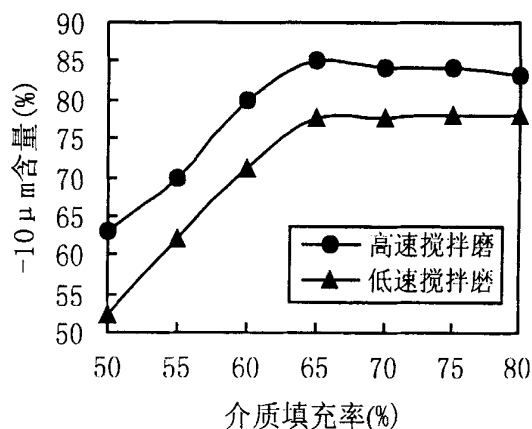


图3 介质填充试验

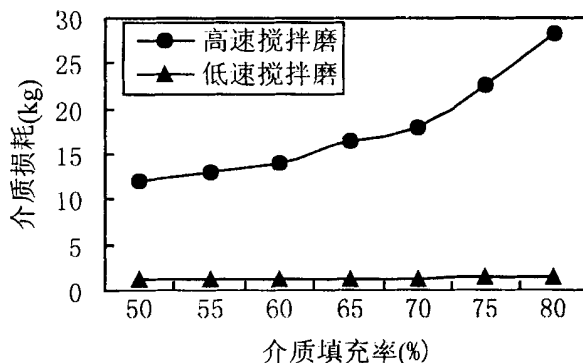


图4 介质填充率与介质损耗关系

3.4 研磨时间的影响

电气石中位粒径(d_{50})变化与研磨时间的关系见图5。可见随着研磨时间的延长,电气石粒径逐渐减小,但难度也随之增大。在研磨初始阶段,由于其存在大量结构缺陷,颗粒易粉碎,但随着研磨时间的延长和颗粒的细化,颗粒结构缺陷减少,粉碎能耗增大,研磨难度随之提高,最后,当研磨到一定细度时,随着研磨时间的延长,电气石的粒径就会维持在一个平衡范围内,这即为理论上所谓的“逆粉碎状态”。

根据上述试验结果,选定的磨矿时间为:先低速

搅拌磨研磨 6h,然后在高速搅拌磨中研磨 4h,其它试验条件:陶瓷磨矿介质,介质填充率 67.5%,矿浆浓度 65%。此时电气石的细度可以达到中位径 $d_{50} \leq 0.70\mu\text{m}$ 、 $d_{95} \leq 2\mu\text{m}$ 的技术要求。

表 4 研磨时间与产品中位粒径(μm)的关系

研磨时间(h)	低速磨	高速磨	研磨时间(h)	低速磨	高速磨
0	22.95	3.25	6	3.25	0.64
1	18.26	1.96	7	2.89	0.64
2	13.52	1.32	8	2.57	—
3	8.86	0.93	9	2.35	—
4	6.43	0.67	10	2.28	—
5	4.81	0.65			

3.5 其它影响因素

分散剂一般用聚丙烯酸盐类即可满足要求,其用量以保持研磨过程顺畅为宜,一般 5~6kg/t 干粉即可。采用高速搅拌磨生产时由于浆料温度很高(可达 70℃以上),因此磨机和浆料循环桶必须加循环冷却装置。在研磨初始阶段,由于电气石颗粒较粗,易沉淀到磨机底部,会卡死搅拌棒,甚至烧毁电机,一次停机时间不可超过 10min。

4 产品技术和经济指标

4.1 产品技术指标

超细电气石产品中位径 $d_{50} 0.67\mu\text{m}$,其粒度分布见表 5。

表 5 超细电气石粒度分布

粒径(μm)	0~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0
产率(%)	40.36	35.10	21.71	2.39	0.44

4.2 经济指标

原矿经雷蒙磨机加工为 - 325 目后的价格为 2 万元/吨,按本试验确定的研磨工艺条件对 1 吨电气石进行的中试表明,其加工成本(含烘干成本)为 3500 元/吨,而超细电气石粉的市场售价则可达 4~5 万元/吨,因此具有较好的利润空间。

5 结 语

电气石是一种难磨的工业矿物原料,若选用干法超细粉碎,则能耗过高,生产成本过大;其超细研磨宜选用湿法低速搅拌磨和高速搅拌磨相结合的工艺,其最经济合理的研磨工艺为:采用陶瓷研磨介质,矿浆浓度 $65 \pm 1\%$,介质填充率 65%~70%。电气石的最终细度达到 $d_{50} \leq 0.70\mu\text{m}$ 、 $d_{95} \leq 2\mu\text{m}$,可以作为人造纤维丝的功能性填料,具有很好的经济效益。

参考文献:

[1] 郑水林. 超细粉碎原理、工艺设备及应用[M]. 北京:中国建材工业出版社,1998.
[2] 卢寿慈. 粉体加工技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.