



脉石英矿制备高纯石英砂工艺的试验研究

袁学友, 吴小文, 杜高翔, 文瑞龙, 步超远

(中国地质大学(北京)材料科学与工程学院, 北京 100083)

摘要: 为了使天然脉石英达到高纯石英砂的标准, 通过煅烧—水淬—浮选—酸洗—乙醇—去离子水洗等工艺提纯石英砂, 采用光学显微镜、扫描电镜、X射线衍射、激光粒度仪、电感耦合等离子体光谱仪等手段分析石英砂试样的显微结构、形貌、物相、粒度和成分。结果表明, 脉石英矿粗砂粒径分布较均匀, 浮选精砂及高温煅烧精砂的粒径明显增大, 比表面积明显减小; 浮选后精砂的大颗粒为纯石英; 筛分、高温处理对石英砂杂质元素去除不明显, 浮选、酸浸去除杂质效果显著, 脉石英矿经处理后的石英砂中 SiO_2 的质量分数达到 99.99% 以上。

关键词: 脉石英; 提纯; 浮选; 高纯石英砂

中图分类号: TD97 **文献标志码:** A

文章编号: 1008-5548(2013)01-0052-06

Purifying Technology of Preparing High Purity Quartz Sands from Vein Quartz Ore

YUAN Xueyou, WU Xiaowen, DU Gaoxiang,
WEN Ruilong, BU Chaoyuan

(School of Materials Science and Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: To make the natural veins quartz come up the standard for high purity quartz sands, the purifying technology of calcination—water quenching—flotation—acid leaching—purification of alcohol—deionized water was used to obtain high purity of quartz sands. The microstructure, morphology, phase, particle size, and composition of the prepared quartz sands were determined by optical microscope, SEM, XRD, laser particle size and inductively coupled plasma spectrometers. The results show that the particle size distribution of grit is relatively uniform. The particle size of flotation and high temperature calcination fine sands is obviously increased than that of quartz grit, and the specific surface area is obviously decreased. The block matrix of fine sands after flotation is pure quartz. Screening and calcination have no obvious effect on the removal of the impurity elements, while flotation and acid leaching experiments show excellent cleaning effect. The mass fraction of SiO_2 in purified samples is more than 99.99%.

Key words: vein quartz; purification; flotation; high purity quartz sand

收稿日期: 2012-06-28, 修回日期: 2012-08-11。

第一作者简介: 袁学友(1989—), 男, 本科生, 研究方向为非金属矿提纯工艺。E-mail: yxy2009abe@hotmail.com。

通信作者: 吴小文(1980—), 男, 博士, 讲师, 研究方向为矿物材料及新型炭材料开发及应用。电话: 010-82322039, E-mail: xwwu@cugbedu.cn。

高纯石英的纯度要求 SiO_2 的质量分数为 99.99% 以上。高纯石英具有优异的高温热稳定、化学稳定性、电绝缘性、光学和耐辐照性能, 在电子工业、半导体、宇航、光纤通信等领域得到了广泛的应用^[1-6]。单晶硅生长用石英玻璃坩埚的原料纯度要求十分严格, 铝含量超标会影响拉制单晶硅的纯度, 当钠、钾等含量过高时, 石英坩埚的软化温度大大降低, 无法进行拉晶。随着高科技行业的快速发展, 对水晶产品的质量要求也不断提高, 而水晶资源趋向枯竭, 世界范围内都面临着高品级石英原料的紧缺^[7-9]。为了应对这一危机, 美、德、日等发达国家寻求高纯石英作为水晶的替用品。国内在这方面也开展了不少研究工作, 经过多年的研究, 虽然找出了一些创新而有效的提纯方法, 但石英的纯度仍达不到高科技行业的要求, 与国外存在差距, 其原料主要依赖进口。另外, 我国石英砂杂质种类、赋存状态及分布各异, 也给提纯造成很大困难。提纯工艺的关键在于浮选和酸浸条件的控制, 虽然浮选方法已由有氟法转化为无氟法, 但无氟无酸法远不如无氟有酸法成熟^[10], 故未应用于工业生产。近年不少学者关注酸浸提纯的试验研究, 但因所用酸的种类、试验条件及方法各异, 提纯效果不尽相同^[11-15]。本文中以安徽霍山地区的脉石英矿为原料, 通过煅烧—水淬—浮选—酸洗—乙醇—去离子水洗等工艺对石英砂进行提纯, 除常规工艺外, 尝试对浮选后的石英砂分别进行分级和高温处理研究, 分析粒度分布和高温煅烧对微量元素杂质去除效果的影响, 用乙醇—去离子水混合清洗工艺清洗石英砂, 以最大限度地减少试验过程引入的杂质元素, 提高其纯度。

1 试验

1.1 原料及试剂

脉石英矿, 安徽霍山地区; 六偏磷酸钠, 分析纯, 广东西陇化工股份有限公司; 油酸钠, 化学纯, 国药集团化学试剂有限公司; 十八胺, 分析纯, 北京华丰化工有限公司; 去离子水, 北京化工厂; 乙醇、盐酸、硫酸、氢氟酸、硝酸, 分析纯, 北京化工厂。

采用电感耦合等离子体光谱仪分析脉石英原矿

中 13 种杂质元素的含量,结果如表 1 所示。

1.2 试验过程

鉴于试验原料中石英纯度较高,矿样坚硬不易破碎以及镜下观察的杂质种类多,设定试验流程如图 1 所示。

表 1 脉石英原矿中杂质的化学组分

Tab. 1 Chemical composition of impurities in vein quartz ore

元素	Al	Na	K	Mg	Fe	Ca	Cu	Co	Li	B	Ti	Ni	Mn
质量分数×10 ⁶	268.9	96.5	71.4	6.6	2 444.4	24.3	9.6	34.6	5.2	6.6	18.0	22.0	274.2

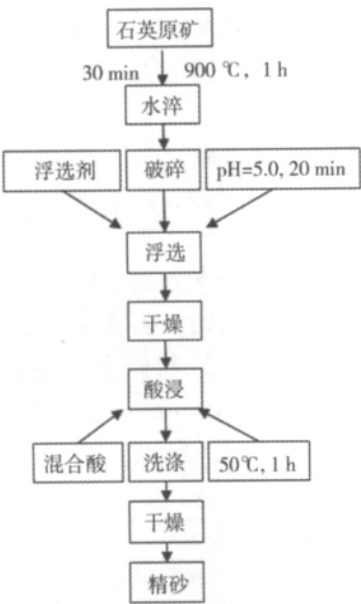


图 1 脉石英矿制备高纯石英砂试验流程图

Fig. 1 Flow chart of experiments on preparing high purity quartz sands from vein quartz ore

为 110 ℃,时间为 2 h 的条件下充分干燥;烘干后将脉石英块破碎至粒径小于 2 cm 的小块,再采用 GJ-2 型密封式化验制样粉碎机将碎块粉磨至粒径为 2 100 μm 的石英砂,称为粗砂 1[#] 试样。

1.2.3 浮选

称取 200 g 粗砂 1[#] 试样置于 1 L 的大烧杯中,加入适量的去离子水及质量分数为 20%的 H₂SO₄ 溶液,调节 pH 至 5.0,搅拌均匀后倒入浮选槽中。以油酸钠为长石活化剂,六偏磷酸钠为石英抑制剂,十八胺盐酸盐为长石捕收剂,以每千克石英粉加入 1.8 g 十八胺、10 g 油酸钠、3.4 g 六偏磷酸钠的配比,将配制好的浮选试剂依次加入盛有混合浆料的浮选槽中,在 pH=5.0、加气搅拌的条件下对粗砂 1[#] 试样进行浮选。所用仪器为 XFD 型单槽式浮选机,浮选槽的容积为 1 L,浮选时间为 20 min,温度为 20 ℃,制得 169.2 g(产率为 84.6%)精砂 2[#] 试样。为了进一步探究浮选工艺对粗砂 1[#] 试样中杂质元素的去除效果,分别采用分级和高温煅烧 2 种工艺对精砂 2[#] 试样进行处理,并将 1 200、1 400 ℃煅烧后得到的样品分别称为精砂 2[#]-1

1.2.1 煅烧—水淬

将选定的块状脉石英置于马弗炉中加热至 900 ℃后保温 1 h,然后将矿样取出直接放入水中淬火。

1.2.2 烘干—磨碎

水淬处理后,将矿样置于真空烘干箱中,在温度

试样、精砂 2[#]-2 试样。

1.2.4 混酸浸泡

浮选后大部分长石类杂质得到有效清除,但仍有一些杂质需要经过酸浸处理才能被去除。不同种类的酸对矿样中的杂质有不同的去除效果^[16],但只使用 1 种酸的除杂效果欠佳,只有混合酸对杂质的去除才有明显的效果。采用 HCl、HF、HNO₃ 和 H₂SO₄ 的混合液对浮选精砂 2[#] 试样进行浸泡。酸洗时 H₂SO₄、HCl、HNO₃ 和 HF 的质量分数分别为 20%、18%、10%、5%,混酸中以 $m(\text{H}_2\text{SO}_4):m(\text{HCl}):m(\text{HNO}_3):m(\text{HF})=10:5:3:2$ (质量比)配制酸浸液,加入石英砂制得矿浆,矿浆中固相的质量分数为 50%,水浴锅加热至 50 ℃后保温搅拌反应 1 h。在混合酸中,氢氟酸能溶解石英,使石英颗粒中的包裹体和裂隙破裂^[17-18],杂质暴露在颗粒表面,更易溶解在溶液中;而盐酸中的氯离子具有一定的络合效应,进一步促进了杂质的溶解。

1.2.5 乙醇—去离子水洗

经过混酸浸泡的石英砂,表面附着浸泡出的可溶性杂质,不但会影响成分分析,也会在干燥时释放有害的酸性气体,污染环境并腐蚀设备。为了最大程度地去除浮选和酸洗工艺引入的其他杂质,采用乙醇—去离子水混合清洗工艺对石英砂进行清洗,同时加以搅拌,促进石英砂表面的杂质及酸洗后的残液向液相扩散,提高提纯效果。室温下,将石英精砂 2[#] 试样用乙醇浸泡 7 次左右,用去离子水洗涤至少 10 次至中性,然后在真空干燥箱中充分干燥,温度为 110 ℃,时间为 2 h,得到最终的高纯石英砂精砂 3[#] 试样,产率(酸浸混合清洗)为 99.05%。

2 结果与分析

2.1 偏光显微镜分析

脉石英原矿样品薄片在偏光显微镜下观察(如图 2 所示),其主要矿物成分为石英,此外有少量副矿物和尘埃状物。

在单偏光下石英无色透明,粗粒状,呈镶嵌结构分布,普遍已破碎,裂隙发育较好,在石英表面和裂隙中分布着浅棕褐色的铁质和制片磨料等质点状尘埃

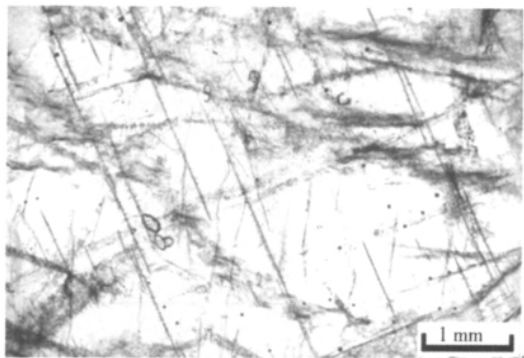


图 2 脉石英原矿的偏光显微镜图像

Fig. 2 Polarizing microscope image of vein quartz ore

物,以及零星的气泡包裹体。石英中少量的副矿物主要有金红石、榍石、锆石、磷灰石,偶见不透明矿物等。副矿物多呈米粒状及微粒状,其粒径分布为短轴大于 0.01~0.08 mm,长轴大于 0.06~0.2 mm,在石英中分布不均匀。

在正交偏光下石英干涉色为灰色-灰白色,薄片厚度较大部分干涉色呈黄色、红色和蓝色等。由于石英的强烈波状消光,故同一颗粒石英干涉色五颜六色,变化无常。镜下含量估计如下:石英的质量分数为

97%~99%,副矿物为少量,质点状尘埃物的质量分数为 1%~3%。

2.2 粒度测试分析

脉石英矿中含有少量的铁矿、锆石等杂质,在煅烧过程中会生成 Fe_2O_3 、 ZrO_2 等金属氧化物,利于在后续浮选及酸洗工艺中被去除。水淬处理的目的是使块状脉石英的内应力迅速增大,使脉石英矿从晶体缺陷处或相界处开始破裂^[19],一方面有利于块状石英的破碎,另一方面,脉石英矿中的包裹体以及裂隙中的杂质暴露在脉石英矿表面,便于后续浮选实验的去除。经过水淬的脉石英矿并未因骤冷而破碎,只是表面出现一些微细裂纹,所以需要将原矿烘干、磨碎,制得粗砂 1# 试样。

采用 BT-9300H 型激光粒度分布仪分别对破碎磨细后的石英粗砂 1# 试样、浮选后的石英精砂 2# 试样及浮选后高温处理的精砂 2#-1 试样、精砂 2#-2 试样进行粒度分布测试,结果如表 2 所示。由表可知,粗砂粒径整体分布比较均匀,能够满足后续试验的要求;石英粗砂 1# 与精砂 2#、精砂 2#-1、精砂 2#-2 试样相比,精砂 2#、精砂 2#-1、精砂 2#-2 试样的粒径明显

表 2 石英砂粒度分布

Tab. 2 Particle size distribution of quartz sands

试样	中位径 $d_{50}/\mu\text{m}$	体积平均径/ μm	比表面积 $/(\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1})$	备注
粗砂 1#	27.09	34.36	233.56	粒径小于 100 μm 的颗粒体积分数大于或等于 91%
精砂 2#	133.70	153.68	37.08	粒径小于 330 μm 的颗粒体积分数大于或等于 95%
精砂 2#-1	149.46	161.35	34.91	粒径小于 300 μm 的颗粒体积分数大于或等于 93%
精砂 2#-2	165.05	171.38	30.22	粒径小于 290 μm 的颗粒体积分数大于或等于 91%

注:1)粒度 d_{50} 为累积体积分数为 50%时所对应的颗粒粒度。

增大,比表面积也明显减小,原因可能是在浮选过程中,粗砂中的微细石英颗粒在搅拌和加气条件下与长石等杂质泡沫一同浮起而被去除,而且微细石英颗粒在酸洗实验过程中部分溶解消失,部分发生团聚使粒径增大。

2.3 物相分析

对磨碎后的石英粗砂进行 X 射线衍射分析,结果如图 3 所示。由图可知,特征衍射峰的位置及强度与

石英的标准谱图(JCPDS No.33-1161)相一致,说明该处理方法未破坏样品的晶相结构。在谱图中并未出现铁、铝、钠等物种的衍射峰,说明该矿样的主晶相为石英,铁、铝、钠等物种的含量很低。一方面,原矿中石英含量较高,其衍射强度较高,其他杂质的衍射峰基本上被石英晶相的衍射峰覆盖;另一方面,可能由于铁、铝、钠等物种含量较低,在石英砂表面均匀分散而没有出现衍射峰;因此,通过 X 射线衍射分析不能判断衍射谱图中极弱的峰所对应的物相,也分析不出原矿中的杂质物相,后续试验对微量元素的测试主要采用电感耦合等离子发射光谱进行定量分析。

2.4 形貌分析

脉石英中的石英与长石是伴生存在的,根据石英与长石零电势点的微小差别,采用阴、阳离子混合捕收剂为浮选剂浮选石英砂中的长石。浮选过程中石英几乎不浮起,而长石浮起,能够从石英中分离出长石。目前的浮选分离实验多采用无氟浮选法^[20],消除了氢氟酸法所产生的氟离子对环境的污染。为了了解浮选

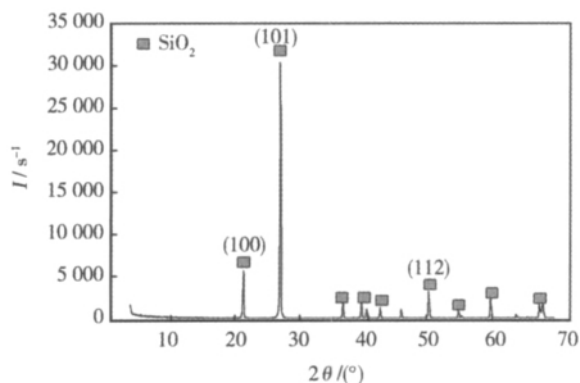


图 3 石英粗砂的 X 射线衍射谱图

Fig. 3 XRD pattern of quartz grit

过程在石英砂提纯中的作用,采用 JSM-6460LV 型扫描电镜对粗砂 1[#] 试样和浮选后精砂 2[#] 试样进行形貌观察。

图 4 为磨碎后石英粗砂 1[#] 试样的扫描电镜图像和能谱图。从图 4(a)可以看出,磨碎后的石英砂粒径主要为 60 μm 左右,由于扫描电镜的扫描区域范围较大,石英砂颗粒表面比较光滑,所含有的杂质不能清晰地显示出来,只能观察到颗粒状石英。为了进一步观察粗砂 1[#] 试样的颗粒表面情况,选定图 4(a)的某一区域放大观察(图 4(b))并进行能谱分析(图 4(c)),结果表明,粗砂 1[#] 试样的主要成分为 SiO_2 ,几乎未检测出杂质。

图 5 为浮选后石英精砂 2[#] 试样的扫描电镜图像和能谱图。从图 5(a)、(b)可以看出,选定区域内的大块基体是纯石英,不含杂质;据图 5(c)中的杂质元素可推断,粒径为 3 μm 左右的表面小颗粒是磷灰石、钾

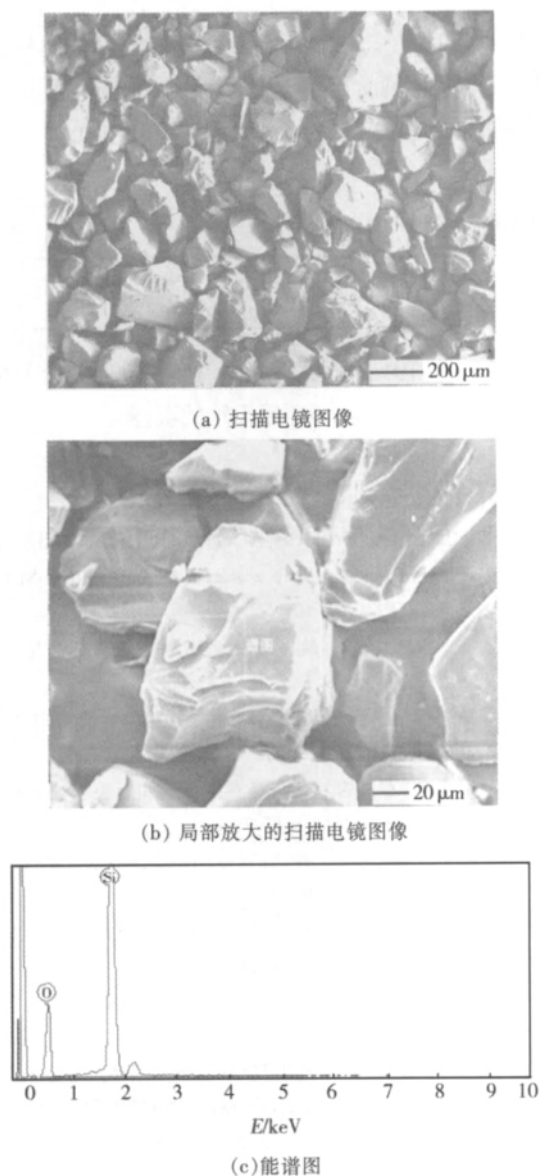
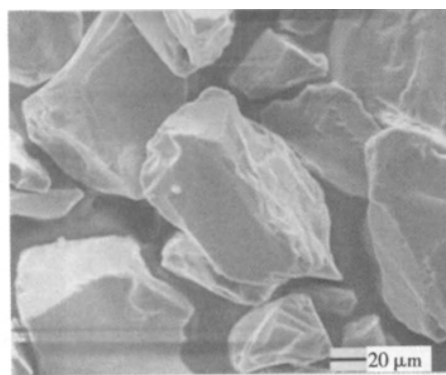
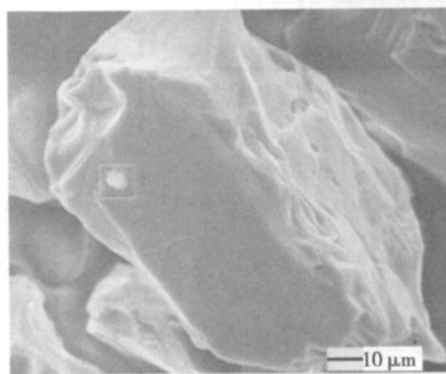


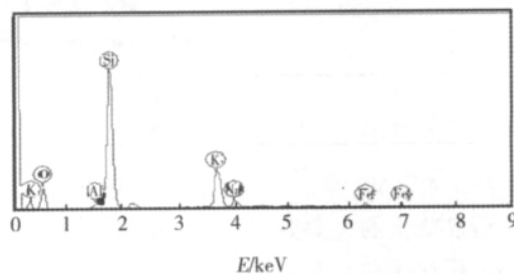
图 4 磨碎后石英粗砂 1[#] 试样的扫描电镜图像和能谱图
Fig. 4 SEM images and EDS patterns of quartz grit sample 1[#] after grinding



(a) 扫描电镜图像



(b) 局部放大的扫描电镜图像



(c) 能谱图

图 5 浮选后石英精砂 2[#] 试样的扫描电镜图像和能谱图
Fig. 5 SEM images and EDS patterns of quartz fine sands sample 2[#] after floatation

长石和少量含铁矿物等,严重影响了石英精砂的品位。该小颗粒的形成原因是,浮选过程中浮选剂与石英粗砂中的杂质络合并与石英颗粒发生吸附,杂质颗粒与基体的吸附力比浮力大,浮选工序不能使其浮起而被去除,仍需后续的酸浸实验进一步清除。

2.5 微量元素分析

采用电感耦合等离子体光谱仪分别对浮选后分级处理的试样及高温处理的精砂 2[#]-1 试样和精砂 2[#]-2 试样进行部分微量杂质成分的测定,结果如表 3 所示。由表可知,经过筛分后,不同粒级的石英砂中除 Al、K、Na 外,其他微量元素的含量相差较小,而 Al 元素含量随着粒度的减小稍有降低,说明粒度对杂质含量的影响程度较小;经过高温煅烧处理的石英砂与分级处理的石英砂相比较,Al 元素含量差别较小,说明在石英精砂中,Al 原子很可能以类质同象方式置换的 Si—O 四面体中的 Si 原子以 Al—O 四面体的形式存

表 3 处理后石英矿砂中杂质元素的质量分数

Tab. 3 Content of impurity elements in quartz sands after treatment

测试条件	质量分数 $\times 10^6$												
	Al	K	Na	Mg	Fe	Ca	Cu	Co	Li	B	Ti	Ni	Mn
$\geq 270 \mu\text{m}$	22	8	4	<1	3	2	<1	<1	<1	2	2	1	1
$<270\sim 150 \mu\text{m}$	38	7	4	<1	3	2	<1	<1	<1	<1	1	<1	1
$<150\sim 109 \mu\text{m}$	60	5	5	<1	3	<1	<1	<1	<1	1	<1	1	<1
$<109\sim 75 \mu\text{m}$	24	5	4	<1	2	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
$<75 \mu\text{m}$	16	9	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1
1 200 $^{\circ}\text{C}$	37	7	28	<1	2	1	<1	<1	<1	2	1	1	<1
1 400 $^{\circ}\text{C}$	24	7	11	<1	2	1	<1	<1	<1	<1	1	1	1

注:1 200、1 400 $^{\circ}\text{C}$ 煅烧样为浮选后的混合样。

在于石英精砂 2[#] 试样中,石英精砂的四面体结构未被破坏,Al 元素的含量不会降低;与未经高温处理的样品相比,高温煅烧后的精砂 2[#]-1 和精砂 2[#]-2 中 Al、K、Mg 等 12 种杂质元素含量没有太大变化,而 Na 元素的含量较分级处理试样的高,说明分级处理的石英精砂中大部分包裹体被去除,二次煅烧后 Na 元素含量升高,原因可能是高温条件下,颗粒内部常温下不易破裂的包裹体破裂,释放出杂质,之后又因小颗粒

团聚使杂质包裹在颗粒内部。高温煅烧后石英精砂试样的中位径增大,比表面积有所减小(具体数据见表 2),因此,筛分和煅烧对石英精砂微量元素的去除影响不明显,后续试验只需对浮选后的精砂 2[#] 试样进行酸浸即可。

对石英精砂 2[#] 试样进行酸浸、洗涤后得到精砂 3[#] 试样,采用电感耦合等离子体光谱仪对精砂 3[#] 试样中的 13 种杂质元素进行测定,结果如表 4 所示。

表 4 石英精砂 3[#] 试样中杂质元素的质量分数Tab. 4 Mass fractions of impurity elements in quartz fine sands sample 3[#]

元素	Al	Na	K	Mg	Fe	Ca	Cu	Co	Li	B	Ti	Ni	Mn
质量分数 $\times 10^6$	13.0	1.5	1.5	<1.0	2.0	2.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1.0	<1.0	<1.0

由表 3、4 可知,浮选、酸浸实验对 Al、Na、K 等 13 种微量元素杂质的去除效果显著,酸浸处理后,试样中 Al、Na、K 这 3 种元素杂质含量下降明显,由表 4 数据可得石英精砂中 13 种杂质元素的总质量分数小于 2.8×10^{-5} ,说明石英砂精砂 3[#] 试样中 SiO_2 的质量分数已达到 99.99%以上,符合高纯石英砂的要求。

3 结论

1)以脉石英矿为原料,通过煅烧—水淬—浮选—酸洗—乙醇—去离子水洗等工艺,对石英矿进行提纯实验,使 SiO_2 的质量分数达到 99.99%以上,K、Na 元素的质量分数均不高于 1.5×10^{-6} ,Al 元素的质量分数为 1.3×10^{-5} 。

2)浮选过程中以油酸钠为长石活化剂,六偏磷酸钠为石英抑制剂,十八胺盐酸盐为长石捕收剂,采用合理的工艺参数,可以获得良好的浮选效果。浮选后精砂试样的大块基体是纯石英,不含杂质,粒径为 3 μm 左右的表面小颗粒是磷灰石、钾长石和少量含铁矿物等。

3)筛分和高温处理对石英砂杂质的去除影响不明显,浮选、酸浸实验对微量元素杂质的去除效果显著,酸浸处理后,石英精砂中 13 种杂质元素的总质量

分数小于 2.8×10^{-5} ,石英砂精砂中 SiO_2 的质量分数达到 99.99%以上,符合高纯石英砂的要求。

参考文献(References):

- [1] KEMMOCHI K, MIYAZAWA H, WATANABE H, et al. High purity quartz glass and method for the preparation thereof: United States of America, 5968259[P]. 1999-10-19.
- [2] 包申旭,袁继祖.微波在高纯石英提纯实验中的应用[J].化工矿产地质,2005,27(1):38-39.
- [3] 葛鹤松,李舟,李浩,等.天然粉石英超细提纯试验研究[J].中国非金属矿工业导刊,2010(4):30-32,57.
- [4] 张凌燕,林秀玲.石英岩制备高纯石英微粉和石英玻璃砂试验研究[J].非金属矿,2005,28(6):37-38.
- [5] 金达表,张兄明,邹蔚蔚.高纯石英的加工工艺研究[J].中国非金属矿工业导刊,2004(4):44-46,48.
- [6] 孙成林,连钦明.高纯石英砂与硅微粉的技术研究与市场发展现状[J].中国粉体技术,2008,14(增刊1):45-50.
- [7] 雷清普,郑典模.高纯二氧化硅的制备与应用[J].江西科学,2008,26(6):915-916.
- [8] SATO T, WATANABE H, PONTOW W. Process for continuous refining of quartz powder: United States of America, 5637284[P]. 1997-06-09.
- [9] 丁亚卓,卢冀伟,印万忠,等.低品位石英矿浮选提纯的试验研究[J].金属矿山,2009(5):84-87.
- [10] 牛福生,徐晓军,高建国,等.石英砂选矿提纯工艺研究[J].云南冶金,2001,30(1):18-19.
- [11] 郑翠红,孙颜刚,杨文雁,等.石英砂提纯方法研究[J].中国非金

属矿工业导刊, 2008(5): 16-18.

- [12] ARSLAN V, BAYAT O. Iron removal from Turkish quartz sand by chemical leaching and bioleaching[J]. Minerals and Metallurgical Processing, 2009, 26(1): 35-39.
- [13] VEGLIO F, PASSARIELLO B, BARBARO M, et al. Drum leaching tests in iron removal from quartz using oxalic and sulphuric acids[J]. Miner Process, 1998, 54(3/4): 183-200.
- [14] TARASOVA I I, DUDENEY A W L, PILURZU S. Glass sand processing by oxalic acid leaching and photo catalytic effluent treatment[J]. Minerals Engineering, 2001, 14(6): 639-646.
- [15] 周永恒. 高纯度石英的酸浸实验研究[J]. 矿物岩石, 2005, 25(3):

23-26.

- [16] 闫勇, 卢义飞, 郑翠红, 等. 石英砂除铁钛杂质的新工艺研究[J]. 矿产综合利用, 2009(1): 17-18.
- [17] 李杨. 用石英岩制备高纯石英的工艺研究[J]. 中国非金属矿工业导刊, 1998(3): 26-27.
- [18] 杨涛, 蒋述兴. 高纯超细电子级石英粉的制备技术综述[J]. 化工矿地质, 2006, 28(3): 187-188.
- [19] 闫勇, 姜政志, 朱伟长, 等. 石英粉提纯工艺研究[J]. 非金属矿, 2008, 31(5): 14-15.
- [20] 刘凤春, 刘家弟. 用阴阳离子混合捕收剂浮选分离石英和长石[J]. 中国矿业, 2000, 9(3): 59-60.

(上接第 44 页)

粒表面熔融、球形化, 颗粒形貌完整, 流动性佳, 其松装密度亦随之增大; 送粉量过大, 部分钼粉颗粒不能充分熔融, 只是略微改形, 未能熔融、球形化, 流动性较差, 松装密度降低; 因此, 确定送粉量为 50 g/min。

4 结论

1) 等离子体处理后钼粉颗粒形状由不规则变为球形, 钼粉的流动性显著提高, 松装密度增大。

2) 当输入功率为 25 kW, 送粉量为 50 g/min 时, 钼粉颗粒的球形化最理想。

致谢: 感谢金堆城钼业公司项目(编号: 2012JSZX-009)对本研究的大力支持!

参考文献(References):

- [1] KUMAR S, SELVARAJAN V. Plasma spheroidization of iron powders in a non-transferred DC thermal plasma jet[J]. Materials Characterization, 2008, 59(6): 781-785.
- [2] TENDERO C, TIXIER C, TRISTANT P, et al. Atmospheric pressure plasmas: a review[J]. Spectrochimica Acta: B: Atomic Spectroscopy, 2006, 61(1): 2-30.
- [3] 魏智强, 邹丽琼, 阎晓燕, 等. 直流碳弧法制备碳包覆铁纳米颗粒机理研究[J]. 中国粉体技术, 2009, 15(5): 49-51.
- [4] HEDGER H J, HALL A R. Preliminary observations on the use of the induction-coupled plasma torch for the preparation of spherical powder[J]. Powder Met, 1961, 8(1): 65-72.
- [5] 曹翠华, 王从曾, 马捷, 等. 钨及其合金的空心阴极烧结工艺研究[J]. 热加工工艺, 2009, 38(10): 22-28.
- [6] 刘辉明, 范景莲, 田家敏, 等. 超细钨粉的研究与应用[J]. 中国钨业, 2009, 24(1): 29-32.
- [7] 张建强, 冯辉霞, 邱建辉. 二硫化钼粉体的表面改性研究[J]. 中国粉体技术, 2009, 15(4): 15-18.

浙江丰利入选 2012 中国化工装备百强

日前, 2012 中国化工装备百强名单揭晓, 全国颗粒表征与分检及筛网标委会超微粉碎设备工作组秘书长单位, 国家高新技术企业浙江丰利粉碎设备有限公司榜上有名。

据悉, 这是中国石油和化学工业联合会中小企业工作委员会及国家石油和化工网, 按照“公平、公正、公开、非盈利”的原则, 依据《2012 中国化工装备百强评选办法》, 经企业自愿申报、行业专家评价、百强评审委员会复审、公示等环节, 历时 3 个多月, 确定了“中国化工装备百强名单”。

享有“中国粉碎机专家”美誉的浙江丰利, 自成立 50 多年来, 始终坚持“高精专”, 创造出多项具有知识产权和国内领先并达到国际先进水平的技术和产品, 在粉体行业打出了响当当的“丰利”品牌; 浙江丰利“超微粉碎设备”是我国粉碎设备行业首家荣获省级名牌产品。其新一代超微粉碎设备——MTM 冲击磨、GJF 干燥超微粉碎机等多项高新技术产品, 被确认为国家重大产业技术开发专项、国家重点新产品和国家火炬项目, 成为我国高端粉碎设备的代表。“废塑料复合材料回收处理成套设备”项目进入《环保装备“十二五”发展规划》; “废塑料基复合材料粉体法综合利用装备”入选 2012 浙江省装备制造业重点领域首台(套)。各类超微粉碎设备广泛适用于化工、农药、无机盐、染(颜)料、医药、食品、生物、非金属矿、有色金属、电子科技、新材料、塑料、烟草、饲料、陶瓷、建材、环保等各个行业的不同领域。

(浙江丰利热线: 0575-83105888、83100888、83185888; 丰利网址: www.zjfengli.com)

(吴红富)