

三山岛金矿尾矿在玻璃微珠 制品中整体综合利用研究

王丽,张红亮,殷继广,陈峰,周鑫

(山东省地质科学实验研究院,山东 济南 250013)

摘要:根据矿石性质,通过样品加工,添加辅助矿物,生产出可用作金属构件表面的抛光处理的抛光丸,石油开采用固体润滑剂、压力支撑剂的玻璃微珠。使该金矿尾矿完全可以达到整体综合利用,从而使金矿生产达到无尾矿排放。

关键词:金矿尾矿;玻璃微珠;抛光丸;三山岛金矿

中图分类号:TD926.4

文献标识码:B

0 引言

金矿矿山生产活动中伴生的固体废弃物主要有生产废石及尾矿废渣。目前,黄金矿山尾矿则多采用库存方式处理^[1]。随着这些废弃物的产生与堆积量的不断增加,除了占压土地、破坏地质地貌景观,加重水土流失外,还可产生渣石流、崩塌等重力地质灾害,对地下水及地表水环境造成一定污染^[2]。因此,近年来对金矿尾矿的再利用研究越来越被人们所重视。

山东省金矿床类型可分为蚀变岩型、含金石英脉型、隐爆角砾岩型、绿岩带型、砂卡岩型等^[3]。据不完全统计,现生产矿山的蚀变岩型金矿产量约占总产量的三分之一左右,蚀变岩型金矿每年产出尾矿在 250 万 t 左右,需建尾矿库占地 33.33 hm²;经测算,排放 1 t 尾矿约需 3 元人民币,年排放尾矿的费用达 750 万元。充分开发利用这些尾矿,既可节约资源、保护环境,又能提高其工业利用附加值,具有巨大经济、社会效益^①。三山岛金矿利用尾矿生产玻璃微珠是一个大胆的尝试。三山岛金矿位于风景秀丽的渤海莱州湾三山岛。是国家黄金工业“七五”期间重点建设项目。是一座日处理矿石量达 1 500t 以上的采、选、冶的国有大型黄金矿山。

玻璃微珠是一种表面光滑的微小玻璃球,其粒径从数微米至几百微米。是一种具有特定形貌的粉末状玻璃产品,其球形形貌使其具有比表面积大、流动性好、不易团聚等优点。

玻璃微珠生产主要以石英砂为主要原料。利用尾矿生产玻璃微珠鲜有报道。随着科技的不断发展及矿山尾矿的综合利用程度不断提高,一些适合生产玻璃微珠的尾矿用于生产玻璃微珠是尾矿综合利用向高精度、高附加值产品迈进的必然趋势。该项研究不仅可以是金矿尾矿得到整体开发利用,同时也为玻璃微珠生产找到了可替代资源,其经济和社会效益是非常显著的。该产品是玻璃制品中的高附加值产品,依其组成和性能不同,其目前市场售价约在 2 000~60 000 元/t 不等,远高于一般玻璃制品,是一个发展潜力巨大、利润丰厚的产品。该文主要对三山岛金矿矿山固体废弃物综合利用技术进行了探讨。

1 尾矿性质

该尾矿为破碎带蚀变岩型金矿尾矿。主要矿物组成有石英、长石、绢云母、方解石、黑云母及少量不透明矿物等。经显微镜观察,试验样品砂薄片矿物粒度不等,粒度小于 0.02 mm 的颗粒约占 60%~

* 收稿日期:2011-04-28;修订日期:2011-09-23;编辑:曹丽丽

作者简介:王丽(1976—),女,河北固安人,工程师,主要从事矿产开发应用工作;E-mail:waxieruyi2007@163.com。

①山东省国土资源厅,山东省矿产资源规划(2001—2010),2002年。

70%，此粒度的矿物镜下不易分辨。另一部分粒度一般在 0.02~0.05 mm，颗粒主要是单体，少量为连生体。

石英、长石呈棱角状，由于粒度小，两者不易区分。少量长石可见聚片双晶，有的长石已绢云母（水白云母）化。大粒者多为连生体，以石英为主。绢云母大部分呈鳞片状，片长一般在 0.02~0.1 mm，多数呈单体，少量呈隐晶状集合体。也有 0.1~0.3 mm 的，少量为大于 0.3 mm。不透明矿物呈粒状，零星分布。方解石呈棱角状，零星可见。黑云母局部偶尔可见，呈鳞片状。不透明矿物呈粒状，零散分布。

主要矿物百分含量：石英、长石 70%~80%；绢云母 20%~30%；方解石 1%~3%；不透明矿物及其他土 1%，矿物的化学多项分析见表 1。

表 1 矿物的化学多项分析 (%)

Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO ₂
10.02	79.74	1.34	1.91	2.03	1.08	0.84	0.16	0.29

2 实验研究

2.1 原料成分及工艺流程

实验所用原料包括金矿尾矿、石灰石、白云石、纯碱、三氧化二锑、硝酸钠、萤石等，各原料的成分见表 2。

表 2 实验所用原料及其成分 (%)

原料	Na ₂ O+K ₂ O	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO ₂	其他	备注
金矿尾矿	3.77	1.08	79.74	10.02	0.84	2.03	0.16	0.29	2.07	尾矿
石灰石		55.5								矿物原料
白云石		31.5		21.1						矿物原料
纯碱		56								化工原料
萤石		3.3	8						CaF ₂ 86	矿物原料
Sb ₂ O ₃									Sb ₂ O ₃ 99	化工原料
硝酸钠		36								化工原料

薄片鉴定所用金矿尾矿的矿物组成(百分含量)见表 3。

表 3 金矿尾矿的矿物组成 (%)

石英、长石	绢云母	方解石	不透明矿物
60~70	30~40	1~3	1~2

从成分上看，金矿尾矿将主要向玻璃微珠引入 SiO₂, Al₂O₃, CaO 等组分，这 33 个组分的含量在很大程度上决定了尾矿的最大添加量。石灰石向玻璃

中引入 CaO，白云石则向玻璃中引入 MgO 和 CaO，纯碱引入 Na₂O。

三氯化二锑和硝酸钾为玻璃的澄清剂，主要是为了消除玻璃液中的气泡，萤石作为助溶剂，加速玻璃的熔化过程。实验工艺流程如图 1 所示。

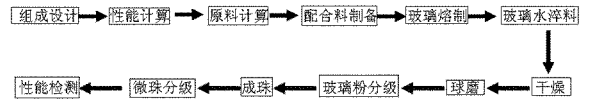


图 1 实验工艺流程图

2.2 配方设计与尾砂利用率

根据尾矿的物质组成及玻璃微珠所需要的矿物成分进行配方设计，试验选定配方见表 4。

表 4 制备玻璃微珠的配方 (kg)

配方	金矿尾矿	石灰石	白云石	纯碱	三氧化二锑	硝酸钠	萤石	金矿尾矿利用率/%
2	3.6	2.4			0.03	0.180	0.060	57.4
32	2.5	1	1.5		0.025	0.150	0.05	47.8
42	3.6	1.8		0.9	0.0315	0.189	0.063	54.7

由表 4 可以看出，除玻璃生产必需的辅助原料，如澄清剂三氧化二锑、硝酸钠，助熔剂萤石外，配方用料种类很少，其中 2[#] 配方仅用尾砂，石灰石 2 种原料，32[#] 配方仅用尾砂、石灰石、白云石 3 种原料，二者均未使用任何化工原料。这在玻璃生产中是不多见的，其原料成分非常经济。为提供不同种类的玻璃微珠样品，也为降低玻璃熔制温度和缩短玻璃微珠烧制过程，在 42[#] 配方中添加约 14% 的化工原料纯碱。从原料成本上看，相比于 2[#] 和 32[#]，42[#] 配方是不经济的。此设计仅是为了满足获得不同玻璃微珠品种的需要。

计算显示，尾矿的利用率分别为 57.4%，47.8%，54.7%（在主要原料中分别占 60%，50%，57%），远大于国家对利用固体废弃物生产建筑材料实施减免税要求的 30%，因此，项目若能实施，将大大提高金矿尾矿的利用率，减少其对环境 and 耕地产生的压力。

2.3 玻璃微珠的生成

根据配方设计，按照实验工艺流程生产出 3 种合格的玻璃微珠。根据该结果，实验所得玻璃微珠的最大粒径 125 μm，最小粒径 38 μm。

2.4 玻璃微珠的性能指标

表 5 列举了玻璃微珠的密度、堆积密度、硬度、强度吸水率等性能指标。

表 5 玻璃微珠的性能指标

性能	2#	32#	42#	参照值
密度(g/cm ³)	2.63	2.69	2.54	2.5~2.7
堆积密度(g/cm ³)	1.59	1.52	1.53	
硬度(MOH)	6	6	5~6	5~7
强度(MPa)	83	79	72	Min70
吸水率%	2.3	3.2	2.8	

由表 5 可以看出,2# 和 32# 玻璃微性能较接近,其强度、密度、硬度、软化温度等数据均较 42# 玻璃微珠大,42# 玻璃微珠的特性基本接近于由普通平板玻璃粉料烧制的玻璃微珠。需要说明的是,实心玻璃微珠本质上是不吸水的,表中吸水率数据实际上代表的是玻璃微珠表面吸附水以及颗粒间夹杂的水分^[4]。在实际应用中,一些场合玻璃微珠是不与水接触的,而另一些场合,微珠是分散后使用。因此,此数据对于实心玻璃微珠而言意义不大。

结合玻璃微珠形貌、粒度分布、组成以及性能测试结果,实验所得的 2#,32# 玻璃微珠可用作金属构件表面的抛光处理的抛光丸,而 42# 玻璃微珠可用于石油开采用固体润滑剂、压力支撑剂^[5]。

3 结论

(1)以三山岛金矿尾矿为主要原料,分别制得 3 个系列组成的玻璃水淬料。配方中尾矿的利用率分别为 57.4%,47.8%,54.7%。其指标远大于

国家对利用固体废弃物生产建筑材料实施减免税要求的 30%,因此,项目若能实施将大大提高金矿尾矿的利用率,减少其对环境和耕地产生的压力,具有明显的经济效益和社会效益。

(2)实验所得玻璃微珠的最大粒径 125 μm,最小粒径 38 μm,通过筛选分析,可获得粒度分布均匀的玻璃微珠。

(3)利用尾矿制得的 CaO-Al₂O₃-SiO₂(2#),CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂(32#)玻璃微珠可用作金属构件表面的抛光处理的抛光丸,而 Na₂O-CaO-Al₂O₃-SiO₂(42#)玻璃微珠可用于石油开采用固体润滑剂、压力支撑剂。

综上所述,以三山岛金矿尾矿为主要原料生产玻璃微珠无论从经济、技术、环保等各方面看都是可行的。

参考文献:

- [1] 王伟之,张锦瑞,邹汾生.黄金矿山尾矿的综合利用[J].黄金,2004,25(7):43-45.
- [2] 郭玉强,唐欣,姚春梅,等.山东省胶东金矿矿区矿山生态环境现状及保护对策[J].山东国土资源,2008,24(9):25-28.
- [3] 孔庆友,张天祯,于学峰,等.山东矿床[M].济南:山东科学技术出版社,2006:219-223.
- [4] 杨玉香,邵谦,葛圣松.玻璃微珠的应用研究进展[J].中国粉体技术,2006,12(2):45-47.
- [5] 叶艳,鄢捷年.高强度空心玻璃微珠低密度水基钻井液室内研究及应用[J].石油钻探技术,2006,34(3):41-43.

Study on Comprehensive Application of Tailings in Sanshandao Gold Deposit in Glass Beads Products

WANG Li, ZHANG Hongliang, YIN Jiguang, CHEN Feng, ZHOU Xin

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Science, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: According to the characteristics of ore, through samples processing and adding secondary minerals, polishing pills which can be used in polishing the surface of metallic materials, solid lubricant for exploitation of oil, and glass beads for pressure proppant. Tailings of this gold deposit can be used comprehensively, so that gold production can be carried out with no tailings discharge.

Key words: Tailings of gold deposit; glass beads products; polishing pills