



利用金矿尾矿制作建筑材料蒸压砖的工艺研究

朱敏聪, 朱申红, 夏荣华

(青岛理工大学环境与市政工程学院, 山东 青岛 266033)

摘要: 随着矿产资源的不断开发, 大量的尾矿被长期堆积, 既浪费资源, 又带来严重的环境问题。为此, 作者对应用金矿尾矿制作蒸压砖的可行性进行了试验研究。结果表明, 制得蒸压砖的密度为 $1900 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$, 抗压强度达到国家标准规定的 MU15 级砖的要求, 实现了尾矿的资源化。

关键词: 矿产资源; 金矿尾矿; 蒸压砖; 资源化

中图分类号: X751 文献标识码: A 文章编号: 1000-6532(2008)01-0043-04

1 引言

目前, 黄金矿山尾矿多采用库存方式处理。随着黄金开发规模的扩大和开采历史的延长, 尾矿堆积量逐年增加, 不仅占用大量的土地, 而且造成库区周围环境污染。因此, 对金矿尾矿的综合利用, 已成为各黄金矿山资源综合利用和环境保护的重要课题之一。黄金矿山尾矿的综合利用主要包括两方面: 一是回收, 即将尾矿作为二次资源再选, 综合回收有用矿物; 二是利用, 即将尾矿作为相近的非金属矿产直接加以利用。矿山应根据实际情况, 选择其一, 优先发展, 或两者结合开发, 实现金矿尾矿的资源

化^[1]。

2 试验原料

原料: 采用山东某金矿的自然粒级的尾矿。取回的金矿尾矿于阴凉处自然晾干, 然后混匀、缩分、取分析样, 其余置干燥处以备试验用。该金矿尾矿的矿物组成、化学成分及颗粒级配见表 1、2、3。

生产尾矿砖类产品, 主要是自然粒级的尾矿砂

表 1 尾矿的矿物组成/%

云母	方解石	石英	钾长石、斜长石	其他
20.0	10.0	45.0	20.0	5.0

表 2 尾矿的化学成分/%

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	Na ₂ O	MnO	TiO ₂	其他
77.21	14.54	1.79	1.85	0.93	0.08	0.29	2.89	0.08	0.13	0.21

表 3 尾矿的颗粒级配

粒级/目	+40	-40+80	-80+120	-120+150	-150+180	-180+200	-200
含量/%	9.4	40.0	20.0	10.4	5.3	2.8	12.1

直接与碱性激发剂混合, 依靠化学反应实现结合, 在化学成分上无特殊的要求, 但是为满足产品标准, 尾矿中石英含量不宜低于 30%, 碳酸盐、有机物等非活性杂质含量最好不高于 2%~3%^[2]。

石灰: 采用市售生石灰, 磨细至 200 目筛余 < 15%, 有效 CaO > 80%, 消化时间为 3~4min, 消化温度 90℃, 属快速消化石灰。石灰在蒸压砖中的主要作用为: 有效氧化钙与硅质材料发生反应生成含

收稿日期: 2007-08-20; 改回日期: 2007-09-10

基金项目: 山东省科技攻关项目(03106112); 国家建设部项目(05-k4-53)

作者简介: 朱敏聪(1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向为固体废弃物处理与资源化。

水硅酸盐凝胶及结晶连生体,从而胶结未反应完全的尾矿颗粒。

石膏:采用市售普通石膏。石膏可以减少制品收缩量,当尾矿中含有 Al_2O_3 时,加入适量的石膏,可以提高制品的强度。

3 试验方法

(1) 坯料制备。首先将生石灰与石膏分别粉磨至 0.074mm 筛余 15% 左右,然后与尾矿混合加水用搅拌机进行搅拌,静置消化 2h 左右,进行二次搅拌并加水。通过探索试验,生石灰比例在 5% ~ 10% 时掺加 12% 左右的水;生石灰增加到 15% ~ 20% 时加入 14% ~ 15% 左右的水。

(2) 确定钙硅配比。为了使蒸压砖具备较高的强度和良好的耐久性,要求制品中尽可能多的形成水化硅酸钙矿物或凝胶,但又不致含有过多的剩余氢氧化钙。因此,必须确定最佳钙硅配比。通过试验证明,尾矿制作蒸压建筑材料中,石灰、石膏确实存在最佳掺量,并且与尾矿的级配有很大的关系。一般来说^[2],尾矿颗粒越细,蒸压砖达到最高强度的石灰掺量越高,之后强度会随着石灰掺量的增加而降低。如果砖的标号并不要求很高,通常石灰的用量在 8% ~ 12%、石膏用量在 1% ~ 3% 即可。

(3) 确定成型压力。成型压力对压制产品的性能有较大的影响,确定产品最适宜的成型压力,将提高制品的性能。

(4) 确定蒸压制度。建立科学合理的蒸压养护制度,既能强化蒸压砖的水化反应,又能有效避免在蒸压养护过程中出现的不利水热反应或有损于养护效果和制品质量的情况。高压蒸汽养护过程包括四个阶段,即蒸前静停、升温阶段、恒温阶段和降温阶段。

(5) 综合条件试验。通过上述试验研究,确定最佳工艺条件,进行综合条件的全流程试验。

4 试验结果与讨论

4.1 配合比的确定

(1) 石灰最佳掺量的确定

原料配比方案、试验条件和蒸压后抗压强度测试结果如表 4 所示。

由表 4 可看出,同一蒸压制度下,蒸压砖的平均抗压强度随着石灰掺量的增加先增大后减小,石灰

掺量 20% 时,抗压强度最大;石灰掺量继续增加,抗压强度反而减小。这是由于掺入过多的石灰,有剩余的氢氧化钙所致。因此,确定石灰最佳掺量为 20%。

(2) 石膏最佳掺量的确定

原料配比方案、试验条件及蒸压后的抗压强度检测结果如表 5 所示。

表 4 蒸压砖原料配比设计及抗压强度检测结果

编号	原料配比/%			抗压强度/MPa		
	尾矿	石灰	石膏	最低	最高	平均
A1	92	5	3	4.8	6.6	5.7
A2	87	10	3	11.5	16.2	13.4
A3	82	15	3	13.7	18.3	15.9
A4	77	20	3	15.2	19.6	17.5
A5	72	25	3	14.4	19.8	17.2
A6	67	30	3	14.6	18.7	16.4

注:蒸压制度为升温 2h、恒温 6h、自然降温 3h,成型压力为 25MPa。

表 5 不同石膏掺量的蒸压砖抗压强度检测结果

编号	原料配比/%			抗压强度/MPa		
	尾矿	石灰	石膏	最低	最高	平均
B1	80	20	0	13.2	17.9	15.8
B2	79	20	1	14.8	18.6	16.5
B3	78	20	2	14.3	18.3	17.2
B4	77	20	3	15.2	19.6	17.5

注:蒸压制度为升温 2h、恒温 6h、自然降温 3h,成型压力为 25MPa。

从表 5 看出,随石膏掺量的增加,蒸压砖的抗压强度也逐渐增加,但增加的幅度逐渐减小。试验中蒸压砖平均抗压强度均达到 MU15 级砖的要求,考虑成本问题及充分利用尾矿的原则,确定石膏的掺量为 2%。

4.2 最佳成型压力的确定

原料配比方案、不同成型压力及其性能检测结果见表 6。

由表 6 看出,随着成型压力的增大,制品的抗压强度也随着增大,但增长幅度越来越小,当压力为 20 ~ 25MPa 时,制品抗压强度能够满足 MU15 级用砖要求。考虑到成型压力的增高,一方面带来投资成本以及动力消耗的增加,另一方面易造成试块分层,影响最终强度,因此确定最佳成型压力为 25MPa。

表 6 原料配比和成型压力对抗压强度的影响

编号	原料配比/%				成型压力 /MPa	平均抗压 强度/MPa
	尾矿	石灰	石膏	水灰比		
C1					15	13.2
C2					20	16.7
C3	78	20	2	15	25	17.5
C4					30	18.0
C5					35	18.4

注:蒸压制度为升温 2h,恒温 6h,自然降温 3h。

4.3 蒸压制度的确定

选择石灰掺量为 20%、石膏掺量为 2%、成型压力为 25MPa,固定静停时间为 12h、升温时间为 2h,采用自然降温(3h 左右),考察不同蒸压强度、不同恒温时间对制品抗压强度的影响,其结果见表 7。

表 7 不同蒸压制度下制品的抗压强度检测结果

编号	蒸压强度 /MPa	恒温时间 /h	平均抗压强度 /MPa
D1	0.8	4	3.4
D2	0.8	6	6.1
D3	0.8	8	8.2
D4	0.8	9	10.8
D5	1.2	4	12.1
D6	1.2	6	17.5
D7	1.2	8	17.8
D8	1.2	9	16.7
D9	1.6	4	12.8
D10	1.6	6	17.0
D11	1.6	8	16.5
D12	1.6	9	15.8

由表 7 看出:D7 即蒸压强度为 1.2MPa、恒温时间为 8h 时,制品的平均抗压强度最高。当最高蒸汽压力为 0.8MPa 时,制品的平均抗压强度随恒温时间的增加而增大,但强度都较低。当最高蒸汽压力为 1.2MPa 和 1.6MPa 时,制品平均抗压强度均先增大后减小,恒温 6h 比恒温 9h 制品强度都偏高,说明较高压力下长时间的恒温会导致制品强度降低。相同的恒温时间下,如恒温时间为 4h 时,制品的平均抗压强度随最高蒸汽压力的增大而增加,而恒温时间增加到 6h、8h、9h 后制品的平均抗压强度均随最高蒸汽压力的增大先增加后减小,同样说明较高压力下长时间的恒温会导致制品强度降低。

综合考虑蒸压周期、运行成本、蒸压效果等因素,最终选择的最佳蒸压制度为:最高蒸汽压力为 1.2MPa,升温 2h,恒温 6h,自然降温 3h 左右。

4.4 综合条件试验

根据上述试验结果选取最佳条件,进行了尾矿制作蒸压砖的综合条件试验,并参照 GB11945 - 1999《蒸压灰砂砖》标准进行了检验,其综合试验方案及抗压强度检测结果见表 8。

从表 8 看出,蒸压砖的抗压强度达到国家标准规定的 MU15 级砖的要求,密度为 1900 ~ 2000kg/m³,比粉煤灰蒸压砖的密度(1700 ~ 1900kg/m³)及烧结粘土砖的密度(1600 ~ 1800kg/m³)要大,但比普通蒸压灰砂砖的密度(2100kg/m³ 左右)要小一些。说明利用矿山尾矿制作蒸压砖是可行的,达到了预期目的。

表 8 综合试验方案及抗压强度检测结果

原料配比/%			成型压力/MPa	蒸压制度/h			平均抗压强度/MPa	
尾矿	生石灰	石膏		升温时间	恒温时间	降温时间	标准要求	实测结果
78	20	2	25	2	6	3	≥5.0	17.5

5 结 语

1. 将自然粒级的尾矿与石灰、石膏按一定配比混合后,采用高温蒸压养护的工艺,可制备出 MU15 级砖,其密度为 1900 ~ 2000kg/m³。

2. 利用金矿尾矿制作蒸压砖墙体材料是可行的。该产品属低能耗、环保型新型墙材,具有节能、节土的优点,符合我国走可持续发展道路的政策。

3. 该工艺固体废弃物掺量较大,实现了尾矿的资源化。

参考文献:

[1] 王伟之,张锦瑞,周汾生. 黄金矿山尾矿的综合利用[J]. 黄金,2004,25(7).
[2] 徐惠忠. 尾矿建材开发[M]. 北京:冶金工业出版社,2000.

Research on the Technology for Preparing Building Materials(Autoclaved Brick) Using Tailings of Gold Mines as Raw Materials

ZHU Min-cong, ZHU Shen-hong, XIA Rong-hua

(Qingdao Technological University, Qingdao, Shandong, China)

Abstract: With continuous exploitation of mineral resources, resulting in a great quantity of tailings were long-timely accumulated. This circumstance can not only waste mineral resources, but also cause serious environmental pollution. Thus, the feasibility research on preparing autoclaved brick using tailings of gold mines as raw materials is performed. The test results showed that the density of prepared autoclaved brick reaches $1900 \sim 2000 \text{ kg/cm}^3$, and the pressive strength can achieve the national standard of MU15. The object of resourceful disposal of tailings is realized.

Key words: Mineral resources; Tailings of gold mines; Autoclaved brick; Resourceful disposal

欢迎订阅 2008 年《矿产综合利用》(双月刊)

《矿产综合利用》杂志是经原国家科委批准,由中国地质科学院矿产综合利用研究所主办的矿业科技刊物,1980 年创刊,国内外公开发行,1992 年~2000 年连续三届入选全国中文核心期刊,1987 年至今长期入选中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)。主要报道国内矿产综合利用科研成果与技术进展,矿产资源分析与地质评价,二次资源的回收利用以及选冶新工艺、新技术、新药剂、新设备等。设有选冶试验、工艺矿物、综合评述、资源开发、利废工艺、设备研制、问题讨论和试验简讯等栏目。

《矿产综合利用》融科研、技术、生产、管理为一体,内容丰富,实用性强。主要读者对象为从事矿产资源开发和利用的生产企业、科研、设计、管理部门的工程技术人员、管理人员及大专院校师生等。

征订办法:《矿产综合利用》全年 6 期,每期定价 5.00 元(含邮费),全年 30.00 元。邮汇订刊款请寄四川省成都市武侯区二环路南三段五号《矿产综合利用》编辑部(邮政编码 610041)。银行信汇:四川省成都市工商银行跳伞塔分理处,帐号:4402248009024909735,户名:中国地质科学院矿产综合利用研究所。汇款请写明“订阅期刊款”。

联系电话:(028)85592322 E-mail:kczi@chinajournal.ent.cn 联系人:胡青华

《矿业工程》杂志 2008 年度征订启事

《矿业工程》系原《国外金属矿山》杂志,由国家新闻出版总署及国家科技部批准向国内外公开发行的国家级期刊。《矿业工程》杂志由中冶北方工程技术有限公司和中国冶金矿山企业协会主办。其读者遍及全国黑色冶金、有色金属、稀有金属、黄金和核工业系统的生产建设矿山和教学、设计科研单位,在煤炭、化工、建材、水电、交通、国防工程和矿山机械制造也有广泛的读者。

《矿业工程》为双月刊,国内外公开发行。额定版面 72 页,每册定价 10.00 元,全年 60 元。国内统一刊号:CN21-1478/TD,邮发代呈:8-38。如有漏订,请向我杂志社索取订单,每册单价 12.00 元(包括邮费和包装费)。地址:辽宁省鞍山市南胜利路 35 号《矿业工程》杂志社收,邮编:114001;电话:0412-5537630,传真:0412-5538649,广告部:010-8954023。

http:www.cnki.net/gwks E-mail:kygcz@163.com kygcz@sina.com