

煤矸石对粉煤灰页岩砖主要性能的影响

田北平, 钟 华, 易 兵, 胡 庸, 叶建兵

(四川理工学院建筑工程学院, 四川 自贡 643000)

摘 要:随着社会对资源综合利用,环境效益的关注度越来越高。资源的循环利用成为建筑行业取得持续发展的动力。探究以煤矸石作为粉煤灰页岩砖主要造孔剂的各项性能,得出在一定含量下,不仅降低产品的密度,同时使烧制品的导热系数大幅度下降,最后获得保温效果好、结构稳定、力学性能良好的烧结多孔砖。

关键词:粉煤灰页岩砖;煤矸石含量;导热系数;肖氏硬度;抗折强度;吸水率

中图分类号:TU55+1.2

文献标志码:A

引 言

现今,墙体材料的单一化既不能实现节约成本和资源综合利用的要求,也不能满足建筑节能65%的强制标准。因此,开发出当代可持续的新型烧结墙体材料,是符合我国走低碳经济发展的路线^[1-2]。煤矸石作为一种工业废料,对其科学有效地利用,具有重要意义。利用煤矸石自身的可燃物,在粉煤灰页岩砖中加入煤矸石,可使砖体在烧制过程中均匀受热,提高砖块的结构性能,同时在烧制过程中提供一定的热能,节约成本,降低能耗^[3]。

造孔剂即气孔形成剂,是轻质隔热保温砖及砌块生产中常用的外加剂^[4]。市场现在的造孔剂种类很多,烧制品主要的造孔剂分为两大类;一是有机类造孔剂,主要包括锯屑、聚苯乙烯、秸秆、纸浆、稻壳等;二是无机类造孔剂,主要包括珍珠岩、硅藻土、方解石、浮石、蛭石^[5]。但上述材料由于地方取材困难或经济成本高等原因,违背节能经济效益。在煤炭掘进、开采和洗煤过程中排出的工业废料——煤矸石,它的堆放占用成片土地,破坏土质特性导致耕地荒废。特别是,煤矸石本身

的硫化物一旦逸出将会污染空气、土壤和地下水,严重影响当地居民的生活^[6]。因此,利用煤矸石可减少对环境的破坏,并且节约能源,减少成本,可降低制品的密度,使烧制品的导热系数大幅度下降,提高隔热性能。所以最终选择煤矸石作为造孔剂^[7-8]。

1 实验研究

1.1 试验材料

(1) 粉煤灰:主要晶体矿物为石英、氧化铁、氧化镁、莫来石、生石灰等。

(2) 页岩:红色粉末状沉积岩,主要矿物组成为石英、长石、水云母、多水高岭土、白云石等。

(3) 煤矸石:主要矿物组成为高岭土、伊利石、石英、蒙脱石、长石、方解石、石灰石等。

1.2 试验设计

将粉碎后的粉煤灰、页岩按4:6的体积比混合,分别掺入体积百分数为10%、15%、20%、25%左右的煤矸石,经仪器1MZ-100粉碎后的页岩和煤矸石,通过KM型快速研磨机混入粉煤灰并研磨,待掺入水陈化俩天后,用仪器DY-30压制成型(190 mm×240 mm×90 mm)。

收稿日期:2014-03-19

基金项目:自贡市科技局重点项目(09X01);四川理工学院科技项目(2009XJKYL002)

作者简介:田北平(1963-),男,四川自贡人,教授,主要从事结构方面的研究,(E-mail)tianbeiping@126.com

压制成型后的制品在烧结温度为 1000 ℃ 的条件下,使用箱式电阻炉焙烧。通过试验探究煤矸石含量对页岩保温砖各性能的影响。

1.3 性能检测原理

1.3.1 肖氏硬度

把质量为 2.36 g 顶端(半径为 0.25 mm)带有小粒钻石的小锤挂在垂直的计测桶里一定高度,在此高度下使小锤自由落体。当小锤撞击试片时,试片表面会出现很小的压痕,此时小锤的一部份能量会转移到在试片内,使试片发生形变,而剩下的能量会使小锤反弹到一定高度。肖氏硬度可以通过反弹高度测定。

1.3.2 抗折强度

本实验使用 RGM-50 型仪器测试制品的抗折强度。此仪器所用的原理为三点弯曲加载法。把条形试样横放于机架上,调整跨度为 22 mm,弯曲挠度为 0.2 倍,速度为 2 mm/min,预加张力为 20 N,启动机器,试样断裂时得出最大载荷,测出制品厚度与宽度,并代入公式(1)即可获得制品抗折强度:

$$\sigma_f = \frac{3Pl}{2bh^2} \times 10^{-6} \text{ (MPa)} \quad (1)$$

其中, h 为试样高度(m), b 为试样横截面宽(m), P 为试样断裂时读到的负荷值(N), L 为支架两支点间的跨距(m)。

1.3.3 导热系数

测定导热系数的方法一般有两种:一种是稳态法,另一种是动态法。在稳态法中,先在待测制品内部用热源形成稳定的温度分布,然后开始测量。在动态法中,待测制品温度分布是不稳定的。鉴于粉煤灰砖的实际工作状态,实验使用稳态法测定制品导热系数。待温度分布恒定时,制品的上下表面温度分别为 ∂_1 、 ∂_2 ,使用傅立叶传导方程,得出 Δt 时间内通过制品的热量 ΔQ 满足:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \frac{\partial_1 - \partial_2}{h_B} S \quad (2)$$

式中 h_B 是制品的厚度, λ 是制品的导热系数, S 是制品的表面面积。

在实验当中,测得制品稳态时的上下表面温度 ∂_1 、 ∂_2 后,将制品 B 抽去,让散热盘 P 与加热盘 C 接触,当散热盘的温度升高比稳态时的 ∂_2 多 10 ℃ 时,移开加热盘 C,待散热盘冷却,记录散热盘温度 ∂ 随时间 t 的变化情况,求出散热盘在温度为 ∂_2 时的冷却速率,则散热盘 P

在温度为 ∂_2 时的散热速率为:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = mc \frac{\Delta \partial}{\Delta t} \Big|_{\partial = \partial_2} \quad (3)$$

式中 c 为散热片比热容, m 为其质量。

由(2)式和(3)式可得:

$$\lambda \frac{\partial_1 - \partial_2}{h_B} S = mc \frac{\Delta \partial}{\Delta t} \Big|_{\partial = \partial_2} \quad (4)$$

因此样品的导热系数 λ 为:

$$\lambda = mc \frac{\Delta \partial}{\Delta t} \Big|_{\partial = \partial_2} \frac{h_B}{(\partial_1 - \partial_2)} \frac{1}{S} \quad (5)$$

将实验所测得的数据代入公式(5)即可计算出样品导热系数。

1.3.4 吸水率

试件吸水饱和后增加的重量与试件干重的比值叫做吸水率,操作步骤是先测出试件质量以及体积,然后将试件浸入水中,待其吸水饱和后,称出此时试件的质量,算出前后质量差,以及其吸附水的质量。由于水的密度已知,可计算出所吸水的体积,通过试件的总体积与所吸的水的体积即可得出其吸水率。

吸水率计算公式:

$$P = V_{\text{吸水}} / V_{\text{实}} \times 100\% \quad (6)$$

将实验所得数据代入公式(6)即可算出试件的吸水率。

2 试验结果及分析

根据试验结果已知烧结温度为 1000 ℃ 时保温砖各项性能表现良好,将页岩、粉煤灰、煤矸石以 6:4:1、6:4:1.5、6:4:2、6:4:2.5 的体积百分比混合研究煤矸石的含量对页岩保温砖各性能的影响。

2.1 煤矸石含量对吸水率的影响

由实验可得吸水率与煤矸石的含量之间的关系,如图 1 所示。

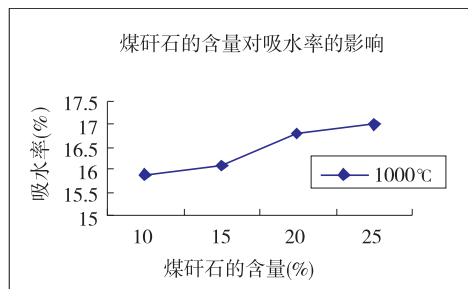


图 1 煤矸石的含量对吸水率的影响

由图 1 可知,煤矸石的含量越高样品的吸水率就越大。随着煤矸石含量的增加,在烧结时,样品内部煤矸

石中的碳与氧气燃烧($C + O_2 = CO_2$, $2C + O_2 = 2CO$, $CO + O_2 = CO_2$)产生的气体就越多,所以导致样品孔隙率增加,导致样品吸水率增加。

2.2 煤矸石含量对导热系数影响

通过FD-TC-B导热系数测定仪器测出煤矸石的含量与导热系数之间的关系,如图2所示。

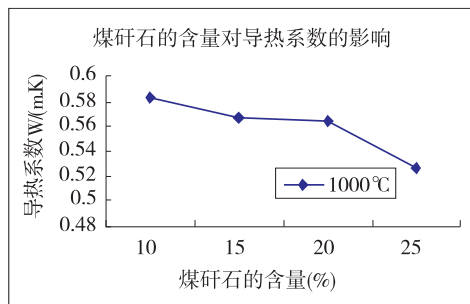


图2 煤矸石的含量对导热系数的影响

由图2可以看出,煤矸石的含量越高,样品的导热系数就越低。由于材料吸水率随煤矸石含量增加而升高,孔隙率增大,而且导热系数与材料孔隙率成负相关,所以多孔页岩砖的导热系数会随煤矸石含量的升高而降低。

2.3 煤矸石含量对肖氏硬度影响

用HS-19DV肖式硬度计测定不同煤矸石含量的烧结砖,每块试件各测5次取其平均值,记录数据,即可获得肖氏硬度与煤矸石的含量之间的关系,如图3所示。

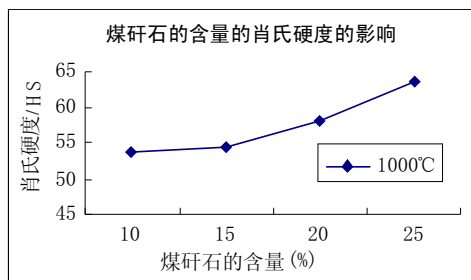


图3 煤矸石的含量对肖氏硬度的影响

由图3可知,煤矸石的含量越高,样品的肖氏硬度就越大。由于煤矸石中 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 的含量比页岩、粉煤灰多,所以随着煤矸石含量的增加样品中 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 的含量也随之增加,肖氏硬度也会越大。

2.4 煤矸石含量对抗折强度影响

通过RGM-50微机控制电子万能试验机测试含有不同煤矸石的烧结砖的最大荷载,测出试件宽度与高度,可得抗折强度与煤矸石的含量之间的关系,如图4

所示。

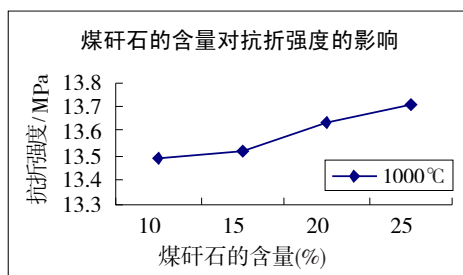


图4 煤矸石的含量对抗折强度的影响

由图4可以看出,煤矸石的含量越高样品的抗折强度就越大。因为煤矸石中 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 的含量比页岩、粉煤灰多,所以随着煤矸石的含量增加样品中 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 的含量也随着增加,所以样品抗折强度就越大。

综上所述,随着煤矸石含量的增加样品的抗折强度、肖氏硬度、吸水率都呈上升趋势,样品的导热系数也呈下降趋势,即保温效果加强,力学性能良好;但煤矸石含量大于25%时,各项性能有所降低,所以含有25%的煤矸石粉煤砖较为适合保温砖的制作。并且煤矸石本身是可燃物,具有未开发利用的能量,煤矸石含量的增加可节约能源。所以煤矸石的添加有利于保温砖的工业持续发展。

3 结论

分析上述实验结果可以推出如下结论:

- (1) 煤矸石含量是对烧制品综合性能起着重要作用,煤矸石的含量逐渐增加制品的肖氏硬度逐渐增强。
- (2) 随着煤矸石的含量增加制品抗折强度不断升高。
- (3) 导热系数随着煤矸石含量的增加而逐渐下降。
- (4) 随着煤矸石含量的增加制品吸水率逐渐上升。
- (5) 在本实验条件下,含有25%煤矸石粉煤砖的制品综合性能最佳,比较适合粉煤灰页岩砖的制作。

参考文献:

- [1] 毛利胜. 烧结温度对粉煤灰页岩砖主要物理、力学性能影响的实验研究[J]. 四川建筑科学研究, 2013 (4): 39-42.
- [2] 刘京丽. 墙体保温材料及体系与政策分析[J]. 新型

- 建筑材料,2013(12):46-51.
- [3] 郭艳玲.粉煤灰的性质及综合利用分析[J].煤,2008,17(1):43,54.
- [4] 孙光萍,缪建华.HL节能型建筑外墙保温水泥砂浆的研制[J].混凝土与水泥制品,2002(6):54-55.
- [5] 陈集阳,施恩斌,刘军,等.GS聚苯板外保温系统聚合物砂浆的研制与应用[J].化学建材,2006(1):36-37.
- [6] 赵亚丁,张宝生,葛勇.造孔料的选择与烧结砖微孔坯体性能的关系[J].哈尔滨建筑大学学报,1998,31(2):85-90.
- [7] 谢厚礼,彭家惠,郑云.成孔剂对烧结页岩砖性能的影响[J].土木建筑与环境工程,2012,34(2):149-154.
- [8] 黄榜彪,景嘉骅,黄中,等.轻质烧结页岩砖的纤维抗裂试验分析[J].四川建筑科学研究,2012,38(3):234-236.

The Influences of Coal Gangue on the Main Properties of Shale Brick of Fly Ash

TIAN Beiping, ZHONG Hua, YI Bing, HU Yong, YE Jianbing

(School of Architecture Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: As the development of the society for the comprehensive utilization of resources, the attention of environmental benefits has been highly increasing. Resource recycling has been the force of sustainable development in the construction industry. This paper explores the various properties of Shale brick of fly ash with coal gangue as a main pore-former. It is concluded that under a certain content, it reduces not only the density of the products but also the coefficient of thermal conductivity of the sintered products drastically. Finally the sintered porous brick with good heat preservation effect, stable structure and good mechanical properties is obtained.

Key words: Shale brick of fly ash; content of coal gangue; coefficient of thermal conductivity; Shore hardness; flexural strength; water absorption