

发泡粉煤灰保温憎水材料试验研究

陈泉水

(东华理工学院材料科学与工程系,江西 抚州 344000)

摘要 介绍了以粉煤灰为原料进行发泡和憎水处理制取保温憎水材料的新工艺,对发泡剂、稳泡剂及憎水剂的种类、掺量、发泡温度等影响产品质量的因素进行了试验研究,同时探讨了发泡与憎水机理。并在实验室研究的基础上,介绍了发泡粉煤灰保温憎水材料中试生产概况。

关键词 粉煤灰;发泡;憎水处理;导热系数

中图分类号:TQ171.72 文献标识码:A 文章编号:1000-6532(2004)01-0044-05

粉煤灰是火力发电厂排出的工业废渣,随着国民经济建设的飞速发展,其排放量与日俱增。粉煤灰弃之有害,用之为宝。当今发达国家粉煤灰大多已商品化、资源化,欧洲部分国家综合利用率已达到 100%,而我国粉煤灰利用率仅为 25% 左右,因此,扩大粉煤灰的综合利用势在必行^[1]。

发泡粉煤灰保温憎水材料是在粉煤灰中加入适量发泡剂和稳泡剂,经化学发泡后再进行憎水处理而制成的一种新型无机保温防水材料,是取代传统保温隔热防水材料的理想换代产品。由于发泡剂会产生一定量气体,致使粉煤灰与发泡剂配合料生成气孔结构而形成一种轻质材料。发泡粉煤灰保温憎水材料基质疏松多孔,并含有憎水基团等,因而具有保温憎水性能好、强度高、不易燃烧等优良的物理、化学性能。其生产工艺特点是,在常温常压下发泡,生产环节少,粉煤灰利用率大于 70%,既充分利用了工业废料,又减

少了环境污染。发泡粉煤灰保温憎水材料同时具有建筑保温隔热材料和防水材料的双重功效,具有容重轻、施工方便、防水隔热保温效果好等优点。目前已建成年产 1000t 的发泡粉煤灰保温憎水材料中试生产线,产品用于建筑物的屋面、墙体、管道等的保温防水工程,收到了显著的经济效益和社会效益。

1 实验原料^[2]

实验中所用粉煤灰为江西丰城火力发电厂排出的工业废渣,其堆积密度为 0.4667g/cm³,比表面积为 26.62m²/g,pH 值为 6.2,粒度分布状况为:+120 目 36.73%,-120+20 目 48.12%,-20 目 15.15%。其化学组成见表 1。

选用石灰石、碳酸钠、白云石作发泡剂,硼酸、硼酸盐、磷酸盐作稳泡剂,硬脂酸盐、液体石蜡、固体石蜡作憎水剂。

leached by cyanide. The test results showed that temperature can be decreased from 550 °C to 450 °C compared with conventional fixing agent Ca(OH)₂ under the condition of same technical index. So, the mineral resource may be widened and the cost of fixing agent raw material is obviously reduced.

Key words Refractory gold concentrate ; Industrial waste ; Fixing roasting

表 1 丰城粉煤灰的化学组成/%

| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | SO ₃ | Loss |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------|------------------|-----------------|------|
| 45.24 | 30.72 | 10.02 | 3.48 | 1.13 | 0.23 | 0.12 | 0.26 | 9.06 |

2 反应机理

2.1 发泡机理^[3]

在粉煤灰—水组成的体系中,气体为分散相,水为连续相,同时也是气体分离成气泡的分散介质。气泡之间由水膜隔开。当加入发泡剂时,它立即与由粉煤灰—水组成的体系发生化学反应,放出气体,形成细小的气泡,使体系膨胀。随着化学反应的进行,形成的气泡越来越多。由于体系的表面张力的存在,两个小的气泡碰撞时,很容易结合成较大的气泡,而绝对不会碰撞成若干个更小的气泡。如果加入的发泡剂的量比较适当,气泡经过碰撞、结合等一系列变化后,最终形成的气泡孔径为一定值。这种孔径的气泡在体系中受到的浮力即上升力要小于体系的重力和粘附力所产生的双重阻力,不能逃逸到大气中去,而是被保持在体系中。最后得到的发泡材料的气泡是独立的,具有一定直径的均匀气泡孔。其自然状态下的干容重为 420kg/m³ 左右。

2.2 稳泡机理^[3]

加入稳泡剂的目的是为了稳定气泡和调节气孔的大小。由发泡机理可知,气泡的孔径越大,发泡的体系越容易塌落,因此,加入稳泡剂可以遏制气泡体积的增长,防止气泡孔径过快增大,以生产出低容重、高强度的发泡材料。稳泡剂的作用主要表现在以下几个方面:

(1)增强气泡孔径壁的弹性即气泡的坚韧度。气泡在相互碰撞的过程中,因为气泡坚韧而不易被碰撞破裂,因此小气泡难以结合成大气泡。

(2)增强气泡孔径壁在湿状态下的强度。即使小气泡结合成大气泡,由于气泡孔

径壁的湿强度增加,当发泡过程接近完成或完成以后,气泡也不会被压扁或压破。

(3)稳泡剂具有增溶性和分散性,增加了体系的整体性和粘聚性,从而增加了对气泡的吸附力,气泡的体积即使很大,也难以克服体系的吸附力而逃逸到大气中去。

试验结果表明,加入稳泡剂后,发泡材料的容重可以降到很低,可低至 200kg/m³ 左右,气泡孔径即使大至 8mm,体系也不会塌落。

2.3 憎水机理^[4]

用表面活性剂与憎水剂处理发泡粉煤灰时,表面活性剂与憎水剂分子以物理吸附和机械粘附的形式吸附粘着发泡粉煤灰表面,首先是表面活性剂和憎水剂分子中的羟基与发泡粉煤灰的表面羟基形成复合键,然后表面活性剂与憎水剂分子之间以及憎水剂各分子之间的有机基团又相互缩合、齐聚形成网状结构的膜,覆盖在发泡粉煤灰的表面,在发泡粉煤灰的表面形成一个完整的憎水层。

3 试验部分

3.1 试验方法

生产发泡粉煤灰保温憎水材料的工艺流程包括三部分(1)粉煤灰与发泡剂和稳泡剂混合、粉碎、筛分(2)配合料的发泡(3)发泡粉煤灰的憎水处理及产品性能检测等。试验工艺流程如图 1 所示。

3.2 工艺条件试验

3.2.1 发泡剂种类对发泡效果的影响

试验选择石灰石、白云石、碳酸钠等作为粉煤灰的发泡剂。结果表明,发泡剂种类对粉煤灰的发泡效果具有一定影响,选用石灰石、碳酸钠作为粉煤灰的发泡剂较好。结果如表 2 所示。

综合考虑发泡效果、生产工艺和生产成本等多方面的因素,最终选取石灰石作为粉煤灰的发泡剂。

3.2.2 发泡剂掺量对发泡效果的影响

试验选取石灰石作为粉煤灰的发泡剂,其掺量对粉煤灰发泡效果的影响见表 3。



图 1 试验工艺流程

表 2 不同发泡剂种类对粉煤灰发泡效果的影响

| 序号 | 粉煤灰/% | 发泡剂/% | 导热系数/W·(m·K) ⁻¹ | 发泡效果 |
|----|-------|--------|----------------------------|-------------------|
| 1 | 70 | 石灰石 30 | 0.093 | 发泡效果好,泡孔均匀,泡径适中 |
| 2 | 70 | 白云石 30 | 0.098 | 发泡效果较好,泡孔较均匀,泡径较小 |
| 3 | 70 | 碳酸钠 30 | 0.086 | 发泡效果好,泡孔均匀,泡径适中 |

表 3 石灰石掺量对粉煤灰发泡效果的影响

| 序号 | 粉煤灰/% | 发泡剂掺量/% | 导热系数/W·(m·K) ⁻¹ | 发泡效果 |
|----|-------|---------|----------------------------|------------------|
| 1 | 80 | 20 | 0.147 | 发泡效果差,泡孔不均匀,泡径较小 |
| 2 | 70 | 30 | 0.093 | 发泡效果好,泡孔均匀,泡径适中 |
| 3 | 60 | 40 | 0.116 | 发泡效果较好,泡孔不均匀,泡径大 |

试验结果表明,发泡剂掺量对粉煤灰的发泡效果具有较大的影响,选用 30% 的石灰石掺入量较为适宜。

3.2.3 容重对导热系数的影响

发泡材料主要靠其中容纳的不流动密闭空气保温。空气含量越多、容重越低,导热系

数越小,保温效果就越好。试验结果见表 4。

3.2.4 环境温度对发泡过程的影响

从加入发泡剂、粉煤灰发泡膨胀开始,到粉煤灰停止膨胀所用的时间称为发泡过程。环境温度对发泡过程的影响是非常显著的。试验结果见表 5。

表 4 容重与导热系数的关系

| 容重/kg·m ⁻³ | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 导热系数/W·(m·K) ⁻¹ | 0.084 | 0.091 | 0.095 | 0.097 | 0.103 | 0.109 | 0.117 | 0.121 | 0.129 |

表 5 环境温度与发泡过程的关系

| 环境温度/°C | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 发泡过程/min | 122.6 | 98.7 | 71.2 | 46.2 | 28.5 | 28.6 | 28.5 | 28.5 |

3.2.5 稳泡剂种类及掺量对发泡效果的影响

加入适量的稳泡剂可以防止小气泡相互结合形成大气泡,稳定气孔结构,减少连通孔,改善发泡粉煤灰保温憎水材料的性能。不同稳泡剂种类及其掺量对发泡粉煤灰保温

憎水材料性能的影响如表 6 所示。

试验表明,硼酸和磷酸盐作为发泡粉煤灰的稳泡剂效果较好,其适宜加入量为 0.50%。

3.2.6 憎水剂种类及掺量对产品性能的影响

响

产品憎水性能的好坏以憎水性破坏时间表示,时间越长,产品性能越好。

表 6 稳泡剂种类及掺量对产品性能的影响

| 序号 | 粉煤灰 /% | 发泡剂 /% | 稳泡剂种类 | 稳泡剂掺量 /% | 导热系数 /W (m·K) ⁻¹ |
|----|--------|--------|-------|----------|-----------------------------|
| 1 | 70 | 30 | 硼酸 | 0.25 | 0.117 |
| 2 | 70 | 30 | 硼酸 | 0.50 | 0.096 |
| 3 | 70 | 30 | 硼酸 | 0.75 | 0.102 |
| 4 | 70 | 30 | 硼酸盐 | 0.25 | 0.167 |
| 5 | 70 | 30 | 硼酸盐 | 0.50 | 0.156 |
| 6 | 70 | 30 | 硼酸盐 | 0.75 | 0.162 |
| 7 | 70 | 30 | 磷酸盐 | 0.25 | 0.108 |
| 8 | 70 | 30 | 磷酸盐 | 0.50 | 0.092 |
| 9 | 70 | 30 | 磷酸盐 | 0.75 | 0.099 |

憎水性破坏时间测试方法^[5-7]:在 250mL 带塞三角烧瓶中,样品和水以 1:10 (重量比)混合,在电动振荡器上以 273 次/min 进行连续振荡,直到粉末结团失去松散性,此时样品憎水层被破坏失去憎水性。所需时间即为憎水性破坏时间,单位以 min 表示。

以发泡粉煤灰为基核,改变憎水剂的种类与用量进行交叉试验(见表 7)。结果表明,憎水剂用量有一较宽的适用范围,但过少明显影响产品质量,过多增加成本,而且基核相互粘连成大颗粒,产品质量下降^[5]。

表 7 憎水剂种类及掺量对产品性能的影响

| 序号 | 粉煤灰 /% | 发泡剂 /% | 憎水剂种类 | 憎水剂掺量 /% | 憎水性破坏时间 /min |
|----|--------|--------|-------|----------|--------------|
| 1 | 70 | 30 | 硬脂酸盐 | 3 | 42.3 |
| 2 | 70 | 30 | 硬脂酸盐 | 4 | 113.6 |
| 3 | 70 | 30 | 硬脂酸盐 | 5 | 117.4 |
| 4 | 70 | 30 | 液体石蜡 | 3 | 34.2 |
| 5 | 70 | 30 | 液体石蜡 | 4 | 46.5 |
| 6 | 70 | 30 | 液体石蜡 | 5 | 51.7 |
| 7 | 70 | 30 | 固体石蜡 | 3 | 38.1 |
| 8 | 70 | 30 | 固体石蜡 | 4 | 67.6 |
| 9 | 70 | 30 | 固体石蜡 | 5 | 72.4 |

试验表明,硬脂酸盐作为发泡粉煤灰的憎水剂效果较好,其适宜加入量为 4% 左右。

4 扩大试验研究

扩大试验的目的是为了验证并完善小试得出的结论,解决大规模生产时出现的新问题,为建立中试生产线提供生产配方、生产工艺等方面可靠的参考数据。

参考扩大试验得到的数据,并解决扩大试验中存在的主要问题,我们建立了年产 1000t 规模的中试生产线^[7]。经过近几年的生产实践,证明中试生产线完全达到设计要求,具有占地面积小、生产效率高、产品质量好、劳动强度低等优点。

4.1 生产工艺的优化

在实验室小试基础上,再一次对中试的原料配比进行了优化研究,结果发现扩大化试验后,最佳原料配比为:粉煤灰:发泡剂:稳泡剂:憎水剂 = 100:43:0.75:8.5。

在保证产品质量的前提下确定了较优的生产工艺,反应总时间为 140min 左右,其中前期处理时间约 100min,憎水作用时间约 25min,后期处理时间约 15min。同时,注意到改善搅拌速度与温度的控制,也有利于产品质量的提高,可以进一步减少能耗,降低生产成本。

生产过程中采用高速搅拌混合设备,其目的是在尽可能短的时间内将加入的物料混合均匀。为了减轻劳动强度,缩短搅拌时间,提高生产效率,中试生产线采用集中搅拌的一次混合工艺。高速搅拌混合机容积为 500L³,电加热,转速 500~950r/min,采用浆叶式的下搅拌方式。

4.2 产品应用^[8]

在中试研究过程中,中试产品应用的试点工程有:

(1)抚州市政府新宿舍楼屋面工程,铺设发泡粉煤灰保温憎水材料 880m²。

(2)江西省民航管理局综合办公楼屋面维修工程,铺设发泡粉煤灰保温憎水材料 1600m²。

(3)江西省东乡磷肥厂生产车间屋面维修工程,铺设发泡粉煤灰保温憎水材料 1000m²。

根据用户反映,该产品容重小,强度高,施工方便,保温憎水性能好,受到房地产开发商与施工单位的一致好评。

5 结 论

1. 发泡粉煤灰保温憎水材料充分利用工业废渣粉煤灰,掺入量超过 70%,不仅节能、节土,而且减少环境污染,符合国家建材节能的政策和工业废渣资源化的发展方向。

2. 发泡粉煤灰保温憎水材料容重小,强度高,加工性能好,导热系数低,施工方便,具有显著的憎水性能。

3. 该中试的主要技术特征是在粉煤灰中同时加入了发泡剂和憎水剂,前者使其容重显著下降,后者使其克服了怕水的缺点,使产品达到了质轻防水的双重功能。

4. 已建成年产 1000t 的中试生产线,实

践证明该生产线设计简便合理,可操作性强。中试产品在试点工程的成功应用,表明发泡粉煤灰保温憎水材料在实际中的应用具有广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 尹付,李卉. 粉煤灰综合利用大有可为[J]. 江苏地质科技情报,1996(1):1~4.
- [2] 陈泉水. 粉煤灰制备 4A 分子筛工艺研究[J]. 化工矿物与加工,2001(1):9.
- [3] 吴科如,张雄. 建筑材料[M]. 上海:同济大学出版社,1999.
- [4] 郑水林. 粉体表面改性[M]. 北京:中国建材工业出版社,1995.
- [5] 陈泉水. 粉煤灰表面改性工艺研究[J]. 化工矿物与加工,2001(2):9.
- [6] 杜仕国. 填料的改性及其表征[J]. 塑料工业,1991(2):49.
- [7] 陈泉水. 年产 400t 轻钙/重钙活性复合粉中试研究及生产[J]. 非金属矿,2003(2):15.
- [8] 李节发,陈泉水. HD₃ 高效防水隔热粉施工及验收方法初探[J]. 江西建设,1999(8):46.

Experimental Research on Preparation of Heat-Insulation and Hydrophobic Material by Use of Foaming Fly Ash

CHEN Quan-shui

(East China Technology Institute , Fuzhou , Jiangxi , China)

Abstract :A new technology for preparation of heat-insulation and hydrophobic materials by use of foaming fly ash as a raw material was described in this article. The influence of kind and dosage of the foaming agent , foam-stabilization agent and hydrophobing agent on the quality of the product obtained was examined. The mechanisms of foaming and hydrophobic action were also explored. On the basis of laboratory research , the pilot test of the heat-insulation and hydrophobic material prepared by use of foaming fly ash is carried out.

Key words :Fly ash ;Foaming ;Hydrophobic treatment ;Heat transfer coefficient