

# 氯氧镁水泥对聚苯乙烯泡沫板阻燃性能及物理性能的影响

高辉, 林闯, 耿刚强\*

(长安大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710064)

**摘要:** 通过将氯氧镁水泥浸渍于聚苯乙烯泡沫板的缝隙中, 制成具有阻燃性能的聚苯乙烯泡沫板。研究了氯氧镁水泥摩尔比、黏度对聚苯乙烯泡沫板的阻燃性能、密度和抗拉强度的影响。结果表明: 当  $n(\text{MgO}) : n(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  为 7:1, 黏度小于 2 000 MPa·s 时, 其氧指数较高, 为 31.7。然而氯氧镁水泥的加入会使纯聚苯乙烯泡沫板的密度大幅度增加, 抗拉强度下降, 同时表现出聚苯乙烯泡沫板密度和抗拉强度成相反比例趋势。

**关键词:** 氯氧镁水泥; 聚苯乙烯泡沫板; 阻燃性能; 摩尔比; 黏度

**中图分类号:** TQ115

**文献标志码:** A

**文章编号:** 0253-4320(2016)03-0111-03

**DOI:** 10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2016.03.027

## Effect of magnesium oxychloride cement on flame retardance and physical properties of polystyrene cystosepiment

GAO Hui, LIN Chuang, GENG Gang-qiang\*

(College of Material Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** Polystyrene cystosepiment with flame retardance is prepared by impregnating polystyrene cystosepiment in magnesium oxychloride cement. The effects of different mole ratios and viscosity of magnesium oxychloride cement on flame retardant properties, density and tensile strength of polystyrene cystosepiment are studied. The results show that oxygen index can achieve 31.7 when  $n(\text{Mgo}) : n(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  in magnesium oxychloride cement is 7:1 and the viscosity of magnesium oxychloride cement is less than 2 000 MPa·s. However, when magnesium oxychloride cement is introduced, the density of the polystyrene cystosepiment is significantly enhanced but the tensile strength is decreased, compared with the pure EPS. At the same time, the trend that the density of polystyrene cystosepiment is inversely proportional to its tensile strength appears.

**Key words:** magnesium oxychloride cement; polystyrene cystosepiment; flame retardance; LOI; mole ratio; viscosity

近年来,随着低碳理念的不断深入,建筑材料领域内的节能、环保问题受到越来越广泛地关注。目前,我国建筑保温材料以 PS 泡沫塑料和聚氨酯泡沫塑料为主<sup>[1-2]</sup>。聚苯乙烯泡沫由于质轻,隔热性能优异,吸水率低,机械强度较高等优点被广泛应用。但由于聚苯乙烯泡沫易燃、安全性差的显著缺点<sup>[3]</sup>,因此提高聚苯乙烯保温材料的阻燃性已迫在眉睫。

氯氧镁水泥又称索瑞尔(Sorel)水泥或菱镁水泥,是 Sorel 于 1867 年发明的。与其他水泥不同,此水泥是一种  $\text{MgO}-\text{MgCl}_2-\text{H}_2\text{O}$  体系组成的镁质胶凝材料,黏结力强,对于各种无机或者有机掺和料均有较高的黏结力<sup>[4]</sup>。氯氧镁水泥具凝结硬化快,机械强度及耐磨性好,弱碱性和低腐蚀性,黏结性好,突出的阻燃性,较好的隔热性等有一系列显著的优点<sup>[5-7]</sup>。目前氯氧镁水泥用于 EPS 的阻燃鲜有报道,因此对其阻燃性能进行研究具有一定的理论及应用价值。笔者采用一定工艺将氯氧镁水泥浸渍于

聚苯乙烯泡沫板的缝隙中,从而实现对聚苯乙烯泡沫板的阻燃,并研究其对 EPS 氧指数、密度和抗拉强度的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原料

选用的轻烧氧化镁是由菱镁矿石( $\text{MgCO}_3$ )经 750~850℃ 煅烧后研磨而成,其主要成分如表 1 所示。

表 1 轻烧氧化镁成分

名称	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
质量分数/%	83.45	0.95	1.84	0.25	0.20

工业氯化镁( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )俗称卤粉,是制盐的副产物,由盐卤提炼而成。其化学成分如表 2 所示。

表 2 卤粉成分

名称	MgCl <sub>2</sub>	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>
质量分数/%	46.07	1.56	0.95	0.55

收稿日期:2015-09-10

作者简介:高辉(1988-),男,研究生,研究方向为材料加工工程,confident\_gh@163.com;耿刚强(1954-),男,硕士,教授,硕士生导师,主要从事材料表面工程和纳米材料研究,通讯联系人, genggangqiang@163.com。

聚苯乙烯泡沫板 (EPS) 的密度为 0.010 99 g/cm<sup>3</sup>, 抗拉强度为 0.075 96 MPa, 氧指数为 18。

本实验中所采用的外加剂有发泡剂、防水剂和抗卤剂等。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 氯氧镁水泥聚苯乙烯泡沫板的制备

室温下, 按照  $n(\text{MgO}) : n(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = X (X = 6 \sim 9) : 1$  的摩尔比称量原料, 首先将  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  溶于水, 使之形成具有一定浓度的  $\text{MgCl}_2$  水溶液, 再分批次加入一定量的轻烧氧化镁并搅拌均匀, 制得氯氧镁水泥样品。然后将其浸渍于聚苯乙烯泡沫板中, 最后将渗透好的聚苯乙烯泡沫板置于 60℃ 左右的烘箱中保温, 待其完全干燥固化后取出进行实验测试。

#### 1.2.2 性能检测

(1) 氧指数 (LOI) 测试: 采用 JF-3 型氧指数测定仪, 按照国标 GB/T 2406—1993 进行测试, 气体流速为 42 mm/s。

(2) 力学实验: 采用 CTM2500 微机控制电子万能材料试验机, 按照国标 GB/T 2568—81 进行测试。

(3) 黏度测量: 采用 NDJ-8S 旋转黏度计, 按照国标 GB/T 9269—1988 进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 氯氧镁水泥摩尔比对 EPS 板氧指数的影响

在氯氧镁水泥黏度及原材料不变的情况下, 选择不同的  $\text{MgO}/\text{MgCl}_2$  摩尔比按照 1.2.1 所述实验方法制备不同摩尔比氯氧镁水泥的 EPS 板, 用氧指数测定仪测量经过浸渍后 EPS 板的氧指数, 测量结果如图 1 所示。其中 0:0 指的是不含氯氧镁水泥的 EPS 板。

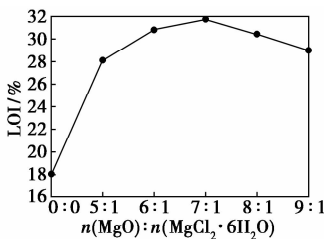


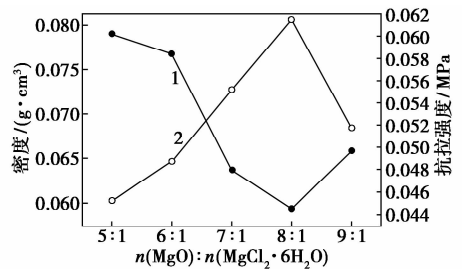
图 1 氯氧镁水泥摩尔比对聚苯乙烯泡沫板氧指数的影响

由图 1 可知, 当摩尔比小于 7:1 时, 随着氯氧镁水泥摩尔比的增加, EPS 板 LOI 随之增大; 当摩尔比大于 7:1 时, 随着氯氧镁水泥摩尔比的增加, LOI 出现下降的趋势。不含氯氧镁水泥的聚苯乙烯泡沫板的 LOI 为 18, 为易燃物质, 而添加氯氧镁水泥后其

氧指数均高于 27, 属于难燃材料。其中氯氧镁水泥摩尔比为 7:1 时, EPS 板的 LOI 为 31.7, 说明氯氧镁水泥对 EPS 板具有优异的阻燃性。氯氧镁水泥是由具有一定浓度的氯化镁水溶液与活性氧化镁调配后得到的水泥制品, 其硬化体是由水化物 5·1·8 相和 3·1·8 相为主的晶体交叉连生而成的晶体网状结构。受大气中 CO<sub>2</sub> 和水的作用, 5 相和 3 相最终会转成新相  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  和水菱镁矿 ( $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 以及  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$  等<sup>[8]</sup>。由此可知, 氯氧镁水泥之所以有如此优异的阻燃性能, 是因为其具有多相结构, 而每相化合物都具有良好的阻燃性能, 从而共同组成了氯氧镁水泥复合阻燃体系。

### 2.2 氯氧镁水泥摩尔比对 EPS 密度和抗拉强度的影响

在氯氧镁水泥黏度及原材料不变的情况下, 选择不同  $\text{MgO}/\text{MgCl}_2$  摩尔比进行试验, 氯氧镁水泥摩尔比对 EPS 密度及抗拉强度的影响如图 2 所示。



1—密度; 2—抗拉强度

图 2 氯氧镁水泥摩尔比对聚苯乙烯泡沫板密度及抗拉强度的影响

由图 2 可以看出, 密度与抗拉强度呈相反的变化趋势。随着氯氧镁水泥摩尔比的增大, EPS 板的密度先减小后增大; 同时 EPS 板的抗拉强度随着氯氧镁水泥摩尔比的增加而增大, 当氯氧镁水泥摩尔比大于 8:1 之后, 抗拉强度随着摩尔比增大而减小。纯 EPS 板的密度为 0.010 99 g/cm<sup>3</sup>, 抗拉强度为 0.075 96 MPa。当氯氧镁水泥加入到 EPS 板中, 板的密度增加, 这是因为在体积不变的条件下, 氯氧镁水泥占据了 EPS 板的缝隙引起其质量增加; EPS 板抗拉强度下降的原因是氯氧镁水泥与 EPS 珠粒之间的相容性以及氯氧镁水泥在 EPS 珠粒中的分散性, 导致珠粒之间的黏结强度下降。如需得到浸渍后较高的抗拉强度, 则必须提高纯 EPS 板的抗拉强度。

### 2.3 氯氧镁水泥不同黏度对 EPS 氧指数的影响

在原材料及氯氧镁水泥摩尔比不变的情况下, 按照 1.2.1 所述实验方法制备不同黏度氯氧镁水泥的

EPS板,用氧指数测定仪测量经过浸渍后EPS板的氧指数,结果如图3所示。

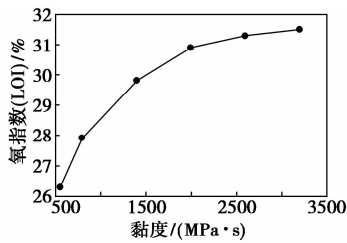
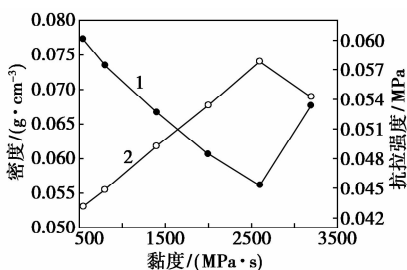


图3 氯氧镁水泥不同黏度对聚苯乙烯泡沫板氧指数的影响

由图3可知,随着氯氧镁水泥黏度的增加,EPS板的LOI增加。当氯氧镁水泥的黏度为800 MPa·s时,EPS板的LOI为27.7,大于27,为难燃材料。当氯氧镁水泥的黏度大于2000 MPa·s时,LOI增长斜率大幅减小,表明随着氯氧镁水泥黏度的增加,LOI的增速趋于平缓。当氯氧镁水泥的黏度处于800~2000 MPa·s之间时,LOI的增加较快。黏度反映了液体分子在运动过程中相互作用的强弱,黏度越大,流动性越差。因而当黏度增大到一定程度后,氯氧镁水泥的流动性有所降低,影响其浸渍性能,从而影响EPS板的氧指数。当黏度在800~2000 MPa·s之间,氯氧镁水泥具有较高的反应活性。当EPS遇火燃烧后,氯氧镁水泥能够更快地分解同时吸收大量的热量释放出水,珠粒表面形成一层氧化镁从而阻碍熔滴的形成,提高其阻燃性能。

#### 2.4 氯氧镁水泥黏度对EPS物理性能的影响

在原材料及氯氧镁水泥摩尔比不变的情况下,制备出含有不同黏度的氯氧镁水泥EPS制品,氯氧镁水泥黏度对EPS密度及抗拉强度的影响如图4所示。



1—抗拉强度;2—密度

图4 氯氧镁水泥黏度对聚苯乙烯泡沫板密度及抗拉强度的影响

由图4可知,EPS密度随着黏度的增加而增加,主要因为黏度较小时,水泥的流动性较好,浸渍后渗入珠粒缝隙中的氯氧镁水泥质量分数较少,因而导致其密度较小;但随着黏度的增加,其密度也出现上

升趋势。当黏度大于2600 MPa·s时,其流动性能较差,黏度较大,因而渗透性将大幅降低,密度呈下降的趋势。抗拉强度主要取决于EPS珠粒之间的黏结强度,氯氧镁水泥浸渍于缝隙之中会降低珠粒之间的黏结力,因而会出现抗拉强度随着密度的增加而减小,随着密度的减小而增加的情况。

### 3 结论

(1)随着氯氧镁水泥的加入,EPS板LOI大幅度提高。当氯氧镁水泥的摩尔比为5:1时,LOI大于27,EPS板就具有自熄性能;氯氧镁水泥的摩尔比为7:1时,LOI为31.7,因此,氯氧镁水泥对EPS板具有优异的防火阻燃性能。

(2)EPS板的密度随着氯氧镁水泥的加入呈现先减小后增大,当氯氧镁水泥的摩尔比小于8:1时,EPS板密度随着氯氧镁水泥摩尔比的增大而减小,当氯氧镁水泥的摩尔比大于8:1时,又出现增大的现象;EPS板的密度同时随氯氧镁水泥黏度的增加而增大,当氯氧镁水泥的黏度大于2600 MPa·s时,密度又出现减小的趋势。

(3)EPS板的抗拉强度随着氯氧镁水泥的摩尔比的增加而增加,当摩尔比达到8:1时又出现减小的趋势;EPS板的抗拉强度同时随氯氧镁水泥黏度的增大而减小,当黏度大于2600 MPa·s时,抗拉强度又出现增大的现象。

(4)EPS板的LOI随着氯氧镁水泥黏度的增大而增大,当黏度大于800 MPa·s时材料具有自熄性,而当黏度大于2000 MPa·s后LOI的斜率变小,增速变慢,说明黏度对LOI的影响变小,黏度已经不是其阻燃性能的主要影响因素。

### 参考文献

- [1] Eastmod G, Ledwith A. In comprehensive polymer science[M]. New York: Pergamon Press, 1989, 14-17.
- [2] Jonsson M, Nordin O, Malstrom E, et al. Suspension polymerization of thermally expandable core/shell particles[J]. Polymer, 2006, 47(10): 3315-3324.
- [3] 欧育湘, 李巧玲. 未来的高效阻燃系统[J]. 化工进展, 1998, 17(4): 14-16.
- [4] Mazuranic C, Billinski H, Matkovic B. Reaction products in the system MgCl<sub>2</sub>-NaOH-H<sub>2</sub>O[J]. J Am Ceram Soc, 1982, (65): 523-526.
- [5] 吴金焱, 朱书全. 氯氧镁水泥及其制品的研发进展[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2006, (1): 15-18.
- [6] 曹永敏, 常维峰, 王翔, 等. 镁质产品及改性技术的研究与发展[J]. 玻璃钢/复合材料, 2004, (9): 46-48.
- [7] 董义平. 氯氧镁改性抗盐卤性能研究[J]. 海湖盐与化工, 2004, 33(6): 20-22.
- [8] 傅剑波. 改性氯氧镁水泥性能的若干影响因素以及改性机理初探[D]. 汕头: 汕头大学, 2005. ■