

# 硬脂酸改性 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的机理及对 EVA 性能的影响

黄宏海 田 明 梁文利 张立群\*

(北京化工大学 新型高分子材料制备与加工北京市重点实验室, 北京 100029)

**摘 要:** 采用 FTIR 表征硬脂酸对氢氧化镁  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的改性效果, 发现不存在一个所谓的“最佳量”, 分析认为硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性既包括着硬脂酸  $-\text{COOH}$  与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的  $-\text{OH}$  之间的弱酯化反应, 也包含着酸与弱碱  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  之间的酸碱反应, 所以硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的表面改性随硬脂酸用量增加而持续进行。此外, 改性剂用量也对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  填充乙烯-醋酸乙烯酯共聚物 (EVA) 体系性能存在显著的影响。与填充未处理  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  体系相比较, 表面改性剂用量的增加会导致复合材料的拉伸强度的不断下降, 断裂伸长率的增加和阻燃性能的急剧恶化。但是, 复合材料的表观黏度下降, 加工性能得到改善。

**关键词:** 乙烯-醋酸乙烯酯共聚物;  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ; 硬脂酸; 表面改性; 阻燃性能

**中图分类号:** TQ314.24.8

## 引言

阻燃电缆料是阻燃聚合物复合材料的重要应用领域。多年来, 人们一直采用含卤素类阻燃剂与  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  复配或 PVC 和  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  复配来实现阻燃目的。众所周知, 卤系阻燃剂阻燃效率高, 较少用量就可以赋予复合材料优异的阻燃性能。但是, 这种聚合物材料燃烧时会放出有毒性、有腐蚀性的卤化氢气体及浓烟, 造成人民生命财产巨大的损失<sup>[1]</sup>。因此, 开发低烟、无卤阻燃电缆料就显得非常迫切和重要。

目前, 制备无卤阻燃复合材料最常用的方法之一是在聚烯烃塑料中填充无机阻燃剂, 如:  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  或  $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。与  $\text{Al}(\text{OH})_3$  相比,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  具有分解温度高, 燃烧成炭性好, 除酸能力强等优点<sup>[2]</sup>, 应用范围越来越广。结合以前的试验研究, 可以认为, 仅采用阻燃剂  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  时, 为了保证复合材料具有优异的阻燃性能, 其填充量一般都要达到 50% 以上。但是,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  与塑料之间的表面能差异很大, 粉体在树脂中难于均匀分散, 会导致复合材料力学性能和加工性能的恶化。为解决上述矛

盾, 人们进行了大量有关  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性的研究工作<sup>[3-5]</sup>, 希望籍此降低粉体表面极性, 改善树脂与粉体之间的浸润效果, 提高粉体的分散均匀性。硬脂酸是一种最常用的表面改性剂, 关于使用硬脂酸改性  $\text{CaCO}_3$  的报道很多<sup>[6-8]</sup>, 其作用机理是依靠硬脂酸的酸性  $-\text{COOH}$  与无机填料表面的碱性基团发生作用, 反应生成的硬脂酸盐停留在无机粒子表面, 起到表面改性的作用<sup>[9]</sup>。关于硬脂酸改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的报道也不少<sup>[10-12]</sup>, 硬脂酸及其盐对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的表面改性提高了粉体的分散行为和界面相容性, 改善复合材料力学性能。但是, 其中硬脂酸用量都控制在 3% 以内, 对于硬脂酸用量对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的表面改性效果, 以及表面改性效果对复合材料各项性能的影响方面的工作则很少报道。

本文采用硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  进行表面改性, 探讨了硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的表面改性效果及其机理。并在此基础上, 研究了表面改性剂用量对乙烯-醋酸乙烯酯共聚物 (EVA) 基复合材料力学性能、阻燃性能和加工性能的影响。

## 1 实验部分

### 1.1 原料

乙烯-醋酸乙烯酯共聚物 (EVA) (EVA Elvax 460, VA 质量分数 18%, 熔融流动指数 2.5 dg/min), 美国杜邦公司;  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (平均粒径 2.03  $\mu\text{m}$ , 比表面积 3.65  $\text{m}^2/\text{g}$ ), 北京化工大学精细化工厂; 硬脂酸及抗氧化剂 1010, 市售。

收稿日期: 2005-08-29

基金项目: 北京市自然科学基金重点课题 (231001); 北京市科技新星计划 (H010410010112); 北京市教委重点学科建设基金 (SYS100100420)

第一作者: 男, 1979 年生, 博士生

\*通讯联系人

E-mail: zhanglq@mail.buct.edu.cn

## 1.2 实验设备

高速搅拌混合机(GH-10),北京塑料机械厂;热辊开炼机(SK-160B),上海橡胶机械厂;平板硫化机(XQLB-350),上海橡胶机械制造厂;毛细管流变仪(Instron-3211),英国 Instron 公司;拉力实验机(XLL-250),广州材料实验机厂;氧指数测定仪(JF-3),江宁县分析仪器厂;水平垂直燃烧测定仪(CZF-3),江宁县分析仪器厂。

## 1.3 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的表面改性

对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  采用干法改性处理。首先准确称量硬脂酸,溶于适当溶剂中。然后将硬脂酸溶液喷淋在粉体表面,高速搅拌 10 min 后,将粉体置于 80 的烘箱中烘干,即得改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。

## 1.4 改性 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的 FTIR 分析

红外光谱分析由美国尼高力公司的 210-傅立叶红外变换仪进行。用 KBr 压片法制样。

## 1.5 复合材料制备及力学性能测试

将  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  和聚烯烃准确称量,在双辊上将称量好的物料混炼均匀,辊温为  $(130 \pm 5)$ ,混炼时间为 30 min,在平板硫化机上 160 压片,然后冷压,出模,制成厚度为 2 mm 的试样,按国标 GB/T 1040-92 测试复合材料的力学性能。

## 1.6 阻燃性能测试

氧指数(LOI)测定:样品规格为长 70 ~ 150 mm、宽  $(6.5 \pm 0.5)$  mm、厚  $(3 \pm 0.25)$  mm。试验环境应在 GB 2918 所规定的常温、常湿条件下进行,即环境温度为 10 ~ 35,相对湿度为 45 % ~ 75 %。

水平燃烧测定试样的尺寸为长  $(125 \pm 5)$  mm,宽  $(13 \pm 0.3)$  mm,厚  $(3.0 \pm 0.2)$  mm。测试标准为 GB/T 2408-1996,在  $(23 \pm 2)$ ,相对湿度  $(50 \pm 3)$  %条件下进行。

垂直法测试中试样尺寸以及测试条件同水平法。

## 1.7 流变性能测试

复合材料流变性能的测试是采用英国 Instron-3211 型毛细管流变仪进行的,首先将物料在毛细管中预热 5 min,然后分别在 0.06、0.2、0.6、2、6、20 mm/min 六个挤出速度下将物料挤出,用黏度对非牛顿剪切速率作图,比较不同复合材料流动性的差别。毛细管直径 1.196 mm,长度 51.11 mm。测试温度为 200。

## 2 结果与讨论

### 2.1 硬脂酸改性 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 效果

2.1.1 硬脂酸红外谱图 图 1 显示了实验用硬脂酸的红外谱图,如图中所示,在波数  $2900 \text{ cm}^{-1}$  附近出现  $-\text{CH}_2-$  和  $\text{CH}_3-$  的 C—H 伸缩振动吸收峰, $-\text{COOH}$  基团中的羰基(C=O)吸收峰则对应于  $1700 \text{ cm}^{-1}$  附近。

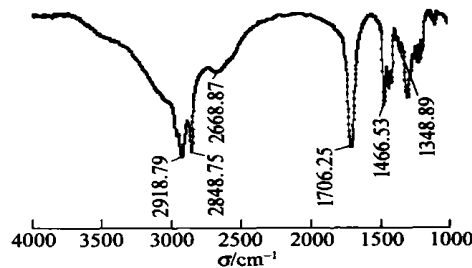
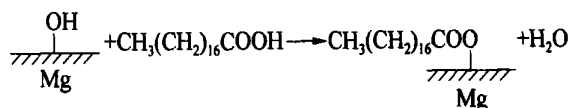


图 1 硬脂酸红外光谱图

Fig. 1 FTIR spectrum of pure stearic acid

2.1.2 硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性效果  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性过程是硬脂酸  $-\text{COOH}$  与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面羟基发生作用,改变  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面性质的过程<sup>[11]</sup>。改性过程可以利用如下示意图进行表示:



因此,当  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  经过硬脂酸表面改性后,硬脂酸与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  发生作用,若从  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  红外光谱图上分析,必然出现 C—H 伸缩振动吸收峰以及羧基羰基吸收峰的偏移。

图 2 显示了未处理  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  和 1 % ~ 15 % (文中涉及含量均为质量分数) 硬脂酸改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的 FTIR 光谱图,由图分析,波数为  $3694 \text{ cm}^{-1}$  处是  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面的  $-\text{OH}$  特征吸收峰。与未处理  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  谱图相比,经过硬脂酸改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的 FTIR 谱图上分别出现了 C—H 和羧酸盐羰基吸收峰。并且峰高度随着表面改性剂用量的增加而增加。即对应于波长  $2900 \text{ cm}^{-1}$  附近出现 C—H 伸缩振动吸收峰;对应于波数为  $1700 \text{ cm}^{-1}$  处的  $-\text{COOH}$  的(C=O)吸收振动峰在图 2 中消失,而在  $1577 \text{ cm}^{-1}$  和  $1465 \text{ cm}^{-1}$  附近对应出现了羧酸盐的(C=O)振动吸收峰,这说明硬脂酸已经完全参与了对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的表面改性反应。

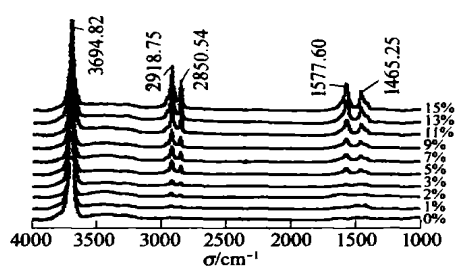
图2 不同用量硬脂酸改性的  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  FTIR 谱图

Fig. 2 FTIR spectra of  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  coated with different amounts of stearic acid

将 C—H 吸收峰面积与羟基吸收峰面积做比, 将其比值对硬脂酸用量作图, 见图 3。由图看出, C—H/—OH 峰面积比随着表面改性剂硬脂酸用量的增加而增加, 没有出现所谓的“平台”<sup>[11]</sup>。

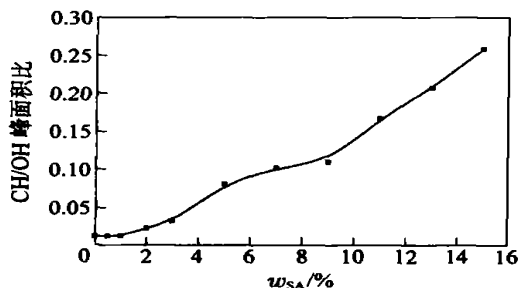
图3 硬脂酸改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  FTIR 中 CH/OH 吸收峰面积比值

Fig. 3 Plot of ratio of area of CH/OH amount of stearic acid

2.1.3 硬脂酸表面改性效果的分析 一般情况下, 人们认为, 对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  进行表面改性时, 改性剂用量都存在一个最佳包覆量。最佳值可以用如下公式计算出:

$$\frac{m_{\text{表面改性剂}}}{m_{\text{氢氧化镁}}} = \frac{6 M_s (2d + D)^2}{r N_A d^2 D^3}$$

其中,  $m$  是质量;  $d$ —表面处理剂亲水基半径 (约  $4 \times 10^{-8} \text{ cm}$ );  $D$ —氢氧化镁的平均粒径 ( $0.6 \sim 4 \mu\text{m}$ );  $M_s$ —表面处理剂的摩尔质量 ( $\text{g/mol}$ );  $N_A$ —阿佛加得罗常数 ( $\text{mol}^{-1}$ );  $r$ —氢氧化镁的密度 ( $2.36 \text{ g/cm}^3$ )。

所以, 经过上述公式计算可得  $\frac{m_{\text{表面改性剂}}}{m_{\text{氢氧化镁}}} = 1.08\%$ 。即达到完全包覆情况时, 只需 1.08% 的硬脂酸。

从图 2 和图 3 数据看出, 当硬脂酸用量在 1.08% 时, 硬脂酸表面改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  没有达到饱和, 而且, 峰面积 C—H/OH 比值随着硬脂酸用量的

增加而继续增加, 硬脂酸与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  之间继续进行化学反应。因此, 作者分析认为, 硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性实质上既包括着硬脂酸—COOH 与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的—OH 之间的弱酯化反应, 又包含着硬脂酸的酸根与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  碱基之间酸碱反应, 势必会最终达到二者的中和。但是, 过分的表面改性显然是没有必要的。

图 4 显示在没有任何外界能量作用下, 等质量的硬脂酸和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  常温下物理混合物的红外谱图。对谱图分析可见, 大量的羧基羰基团仍然存在。但是, 在  $1562 \text{ cm}^{-1}$  处出现了羧酸盐的 (C=O) 振动吸收峰。这显然是硬脂酸与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  二者相互作用的结果。此实验结果进一步证实了硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的表面改性可能是硬脂酸与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  碱基之间的酸碱反应。

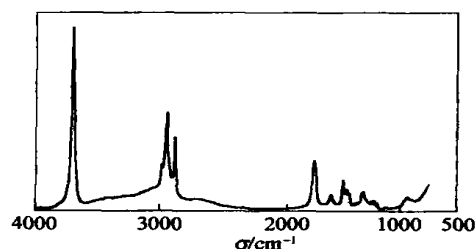
图4 硬脂酸和  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  物理混合后的 FTIR 谱图

Fig. 4 FTIR spectrum of simple mixture stearic acid and  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

如上所述, 硬脂酸改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  机理属于硬脂酸与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  碱基间酸碱反应, 其中还可能涉及到一定的弱酯化反应, 从而实现了硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的表面改性。过量硬脂酸引入会对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  产生“刻蚀”现象, 使  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  粒子中的  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  有效含量减少, 高温混炼过程中,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  粒子表面的大部分硬脂酸镁会脱落分散在树脂基体中。因此, 硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性的作用有二: 硬脂酸在  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面的有机化提高了  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  与树脂基体之间的界面浸润效果, 有利于  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  在基体中的分散; 从  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面脱落的硬脂酸镁作为分子间润滑剂作用存在, 有利于复合材料高分子链间和树脂与粉体之间的界面滑移, 延伸复合材料的断裂伸长率。

## 2.2 硬脂酸改性 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的效果对复合材料性能的影响

2.2.1 硬脂酸用量对复合材料力学性能的影响 如前所述, 作者认为覆盖于  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面过多的

硬脂酸镁会脱落于树脂之中或粉体之间,这必然对复合材料的力学性能产生影响。图 5 揭示出复合材料的力学性能随硬脂酸用量变化的规律。

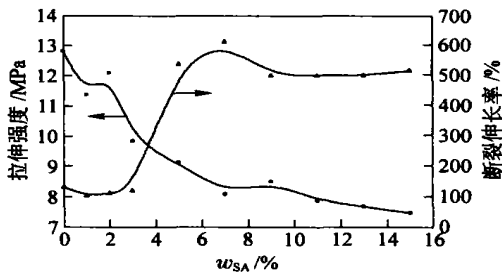


图 5 硬脂酸用量对复合材料力学性能的影响

Fig. 5 Effect of varying the amount of stearic acid on the mechanical properties of the composites

对图 5 分析可知:复合材料的拉伸强度随硬脂酸用量的增加而不断降低,而断裂伸长率随着硬脂酸用量增加先出现一个平稳增长再迅速增加的规律;当硬脂酸用量增加到一定程度时,材料的断裂伸长率反而有所下降,最终达到一个平衡值。其中,相比 3 %SA 改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  填充体系而言,填充 5 %硬脂酸改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的复合材料断裂伸长率明显增加,由 120 %增加到 528 %。

2. 2. 2 硬脂酸用量对复合材料阻燃性能的影响

复合材料阻燃性能是复合材料抵御火焰能力的体现,复合材料内部分子之间作用力强,材料的耐热能力一般较强,因而复合材料抵抗火焰的能力就增强,阻燃性能也会随之增加;反之则相反。

表 1 揭示了  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性剂 SA 用量对

表 1 硬脂酸(SA)用量对复合材料阻燃性能的影响

Table 1 Effect of varying the amount of stearic acid on the flame retardancy of the composites

$w_{\text{SA}} / \%$	氧指数	水平燃烧等级	垂直燃烧等级
0	34.6	FH-1	FV-0
1	34.4	FH-1	FV-0
2	34.5	FH-1	FV-1
3	34.4	FH-1	-
5	34.3	FH-1	-
7	34.0	FH-1	-
9	32.3	FH-1	-
11	31.4	FH-1	-
13	30.3	FH-1	-
15	30.5	FH-3	-

水平燃烧最高等级为 FH-1 等级;垂直燃烧最高等级为 FV-0 等级;“-”为最差等级

复合材料阻燃性能影响效果。随着表面改性剂用量的增加,复合材料的阻燃性能逐渐变差:氧指数下降;水平燃烧和垂直燃烧变差。当表面改性剂用量小于 7 %时,LOI 值变化较小,但是,随着 SA 用量的继续增加,复合材料的 LOI 明显由 34 下降到 30.5,近 4 个数值。就水平燃烧而言,当 SA 用量过大时,复合材料的水平燃烧等级达不到 FH-1 等级。利用垂直燃烧测试方法来衡量复合材料阻燃性能时,发现当表面改性剂 SA 用量为 2 %时,复合材料的垂直燃烧等级达不到 FV-0 等级;当 SA 用量为 3 %时,复合材料的垂直燃烧等级甚至达不到 FV-1 等级。

2. 2. 3 硬脂酸用量对复合材料流变性能的影响

由图 6 曲线不难看出,复合材料表观黏度随着 SA

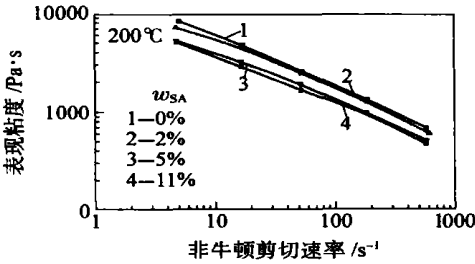


图 6 表面改性剂 SA 用量对复合材料表观黏度的影响

Fig. 6 Effect of varying the amount of stearic acid on the viscosity of composites

用量增加而下降。也就是说,随着表面改性剂 SA 用量的增加,复合材料的流动性不断改善。其中当 SA 用量为 5 %时,复合材料的表观黏度相对于 SA 用量为 2 %的复合材料显著下降。但当 SA 用量从 5 %变化到 11 %时,复合材料的表观黏度变化不大。因此,SA 改性的  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  可以发挥加工改性剂的作用。

3 结论

本文利用了 FTIR 分析硬脂酸改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的效果,揭示出硬脂酸对  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  表面改性既包括硬脂酸  $-\text{COOH}$  与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的  $-\text{OH}$  间弱酯化反应,又包含着硬脂酸与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  间的酸碱反应。当表面改性剂用量在 1 % ~ 15 %范围内时,改性  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的 FTIR 谱图上  $1700 \text{ cm}^{-1}$  附近羧基  $\text{C}=\text{O}$  基振动吸收峰消失,而在  $2900 \text{ cm}^{-1}$  附近和  $1577 \text{ cm}^{-1}$  附近分别出现了  $\text{C}-\text{H}$  和羧酸盐  $\text{C}=\text{O}$  基的对应吸收峰。随着改性剂用量的增加,吸收峰的强度在不断加强, $\text{C}-\text{H}/-\text{OH}$  峰面积比值也不断增加。说明 SA 与  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  间的反应随 SA 用量增

加而持续进行,即使在 15 % SA 用量下也可反应,这样不仅降低了  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  的有效阻燃效果,而且引入大量的硬脂酸镁,导致复合材料的拉伸强度显著下降,断裂伸长率明显增加。复合材料的阻燃性能在改性剂过量时会恶化,但有利于复合材料加工流动性能的改善。

### 参 考 文 献

- [1] 杨鸿. 氢氧化镁阻燃剂的开发与应用[J]. 无机盐工业, 2001, 33(3): 23 - 25.
- [2] 于永忠, 吴启鸿, 葛世成, 等. 阻燃材料手册(修订本)[M]. 北京: 群众出版社, 1997: 97.
- [3] 张立群, 黄宏海, 田明, 等. 界面改性对高填充  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ /EVA 复合材料的结构与性能的影响[J]. 塑料工业, 2003, 31(12): 8 - 12.
- [4] Hippel U, Mattila J, Korhonen M, *et al.* Compatibilization of polyethylene/aluminum hydroxide and polyethylene/magnesium hydroxide composites with functionalized polyethylenes [J]. Polymer, 2003, 44: 1193 - 1201.
- [5] Liauw C M, Lees G C, Hurst S J, *et al.* Effect of silane-based surface treatment formulation on the interfacial properties of impact modified polypropylene/magnesium hydroxide composites [J]. Composites Part A, 1998, 29A: 1313 - 1318.
- [6] Demjen Z, Pukanszky B, Nagy J. Evaluation of interfacial interaction in polypropylene/surface treated  $\text{CaCO}_3$  composites [J]. Composites Part A, 1998, 29A: 323 - 329.
- [7] Papirer E, Schultz J, Turchi C. Surface properties of a calcium carbonate filler treated with stearic acid [J]. European Polymer Journal, 1984, 20(12): 1155 - 1158.
- [8] Rothman R N. Particulate-filled polymer composites[M]. Second Edition. Shrewsbury: Rapra Technology Limited, 2003.
- [9] Fekete E, Pukanszky B, Toth A, *et al.* Surface modification and characterization of particulate mineral filler [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 1990, 135(1): 201 - 207.
- [10] 杨庚成, 滕人瑞, 肖鹏, 等. 表面活化氢氧化镁阻燃剂的制备工艺: 中国, CN1224041A[P]. 1999-7-28.
- [11] Gilbert M, Sutherland I, Guest A. Characterization of coated particulate filler [J]. Journal of Materials Science, 2000, 35: 391 - 397.
- [12] Hornsby P R, Watson C L. Interfacial modification of polypropylene composites filled with magnesium hydroxide [J]. Journal of Materials Science, 1995, 30: 5347 - 5355.

## Mechanistic studies of the effect of stearic acid coated $\text{Mg}(\text{OH})_2$ on properties of EVA/ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ composites

HUANG Hong-hai   TIAN Ming   LIANG Wen-li   ZHANG Li-qun

(Key Laboratory of Novel Polymer Materials Preparation and Processing of Beijing City,  
Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China).

**Abstract:** In this paper, FTIR spectroscopy was employed to evaluate the effect on  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  of coating the surface with stearic acid. It was found that there was no one optimum loading. It is proposed that the surface modification involves two important processes: one is a type of weak esterification and the other is the acid-base interaction between stearic acid and  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Both these reactions were favored by increasing the amount of stearic acid. Moreover, the amount of surface modifier had a significant influence on the properties of EVA/  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  composites. A continuous decrease in tensile strength and increase in elongation at break of the composites were observed with increasing amount of stearic acid. Meanwhile the flame retardancy of the composites was poorer however compared with that of composites filled with uncoated  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . However, surface modification of  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  by stearic acid facilitated the processing of the composites.

**Key words:** ethylene-vinyl acetate copolymer; magnesium hydroxide; stearic acid; surface modification; flame retardancy