

研究与开发

聚磷酸铵阻燃处理对 汽车内饰用复合材料性能的影响

杨学通, 高黎, 郭文静

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 探索水溶性聚磷酸铵阻燃剂对汽车内饰件用木纤维/麻纤维/聚丙烯纤维三元复合材料性能的影响。将复合材料卷材浸渍阻燃剂后,经热压-冷压定型,测试其吸水性、抗弯性能和阻燃性能。结果表明:聚磷酸铵处理后复合材料的吸水性和阻燃性能有所改善,弯曲强度降低,但仍可满足应用要求;燃烧速率降为 0,成炭率和极限氧指数有所升高。当板材增重率为 43.9%时,极限氧指数超过 27%,满足国标 GB 50222-1995《建筑内部装修设计防火规范》(2001 版)中 B₂级要求。

关键词: 聚磷酸铵; 木/麻/聚丙烯纤维复合材料; 物理力学性能; 阻燃性能; 汽车内饰件

中图分类号: S782.39; TS653 文献标识码: A 文献编号: 1001-8654(2015)05-0010-04

Effect of Fire Retardant Treatment with Ammonium Polyphosphate on Wood /Jute/Polypropylene Fiber Composites for Automotive Interior Trims

YANG Xue-tong, GAO Li, GUO Wen-jing

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Wood/jute/polypropylene (PP) fiber panels are used for automotive interior trims when fiber mat is hot pressed into composite panels. Prior to pressing, the fiber mats were impregnated with water-soluble ammonium polyphosphate fire retardant, and then the fire retardant effectiveness for the panels was tested. The test result indicated that water absorption and fire retardancy were all improved but the modulus of rupture (MOR) of the panels was reduced slightly. Combustion speed was reduced to 0 mm/min while char yield and limiting oxygen index (LOI) were increased. When weight gain rate of the panels reached 43.9%, the sample's LOI was 27.84%, which met the requirement of the National Standard GB 50222-1995 (2001) for the B₂ grade.

Key words: ammonium polyphosphate; wood/jute/PP composites; physical and mechanical properties; fire retardancy; automotive interior trims

收稿日期: 2014-11-05; 修改日期: 2015-08-14

基金项目: 国家林业局推广项目“木纤维/麻纤维/合成纤维三元复合材料推广应用”(2012-12)。

作者简介: 杨学通(1987—), 男, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

责任作者: 郭文静, 女, 中国林科院木材工业研究所研究员, 硕士生导师。

随着汽车工业的快速发展,木纤维和麻纤维等天然植物纤维复合材料逐渐成为了汽车内饰件生产的主要原料。天然植物纤维复合材料不仅具有无可替代的环保性能,还能减轻整车重量,降低耗油量^[1]。但是天然植物纤维复合材料的易燃性,存在安全隐

患。火灾时车内空间密闭,燃烧产生的烟雾不易排除,加上易燃内饰件,使得火势扩散更加迅速。火灾是交通事故中人员重大伤亡的主要原因之一,许多国家通过立法来规定各类车辆的耐燃要求,以提高交通运输工具的防火安全^[2]。因此,进行天然植物纤维复合材料的阻燃性能研究,具有重要的现实意义。

目前,阻燃型天然植物纤维复合材料内饰件的生产中,大多选用塑料或挤出型木塑复合材料阻燃剂^[3-4]。有研究表明,硼酸锌、十溴二苯醚、氢氧化镁和聚磷酸铵(APP)四种阻燃剂中,APP 处理后的木塑复合材料,综合性能更佳^[5-7],APP 不仅对木纤维和塑料可同时起阻燃作用^[8],且对 PP 纤维含量较高的复合材料的阻燃效果更显著^[9]。

基于此,笔者选用 APP 阻燃剂,对汽车内饰件用木/麻/PP 复合材料进行阻燃处理,并研究了阻燃处理对其吸水性能、抗弯性能和阻燃性能的影响,以期在不显著影响复合材料抗弯性能、保持其原有重量以及环保性能的前提下,提高其阻燃性能,以满足汽车内饰件安全性的要求。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 复合材料卷材:长春博超汽车零部件有限公司生产。由木纤维、麻纤维和 PP 纤维,按质量比 3:3:4 通过梳理机均匀混合、无纺布气流成型制备而成,厚度 8 mm 左右。将卷材裁成 320 mm×320 mm 规格的片材,备用。

2) 阻燃剂:水溶性聚磷酸铵(APP),白色粉末状,聚合度<20,外购。

1.2 试验设备

高温干燥箱;热压机;冷压机;万能力学试验机;氧指数测定仪;差热-热重联用分析仪。

1.3 试验方法

阻燃复合板材制备流程:复合材料卷材→片材→浸渍阻燃剂→干燥→热压→冷压

1.3.1 片材阻燃处理

根据前期试验结果,设定处理板材增重率为 15%、30%和 45%,将 APP 配制成 5%、10%和 15%的三种不同质量分数溶液,将片材试样分别浸渍处理 1 h 后,取出置于室外晾晒 7~8 h 后,再将片材置于

95 ℃干燥箱中烘至含水率 6%以下。

1.3.2 复合板材制备

板材设计密度 1.00 g/cm³,厚度 3 mm,根据实际增重率调节厚度规,保证板材密度一致,制备工艺如下:

1) 热压温度:通过 PP 纤维熔化后再冷却定型来制备木/麻/PP 复合材料板材。PP 的熔融温度为 164~170 ℃,温度越高,PP 分子的黏度越低,流动性越好;但是温度过高,木纤维会发生一定的热降解,同时还要考虑阻燃剂能够承受的温度,所以,确定热压温度为 180 ℃;

2) 加压压力:压力根据成形板材的最终密度来确定,根据试验的设定密度及前期研究经验,压力定为 4 MPa;

3) 压板工艺过程:先热压 2 min,然后降压至压力为 0,保持 2 min,再次升压至 4 MPa,保持 2 min 后降压出板。将热压的板材快速移入冷压机进行冷压定型,压力 4 MPa,冷却时间 3 min(通冷却水)。

实测板材增重率分别为 14.8%、29.4%和 43.9%,与试验设定值接近;密度依次为 1.02、1.08 和 1.12 g/cm³,未添加 APP 的对照板材密度为 1.03 g/cm³,平均密度为 1.06 g/cm³,密度偏差小于 5%。

1.4 性能评价

1) 按相应标准锯制试件,测试其各项性能(表 1)。每种性能指标平行测试 6 次,取平均值。

表 1 复合板材性能测试方法

Tab. 1 Testing methods of composite samples

测试指标	参照标准	试件尺寸/mm
24 h 吸水厚度	GB/T 17657-2013	50×50×厚度
膨胀率		
24 h 吸水率	GB/T 17657-2013	50×50×厚度
MOR	GB/T 1449-2005	150×10×厚度
MOE	GB/T 1449-2005	150×10×厚度
极限氧指数	GB/T 2406. 2-2009	150×10×厚度
燃烧速率	GB 8410-2006	265×50×厚度

注:板材设计厚度 3 mm,试件厚度以实测值为准。

2) 对复合板材进行热重分析。

2 结果与讨论

2.1 吸水性能

图 1 为复合板材在不同增重率下吸水性能的检测结果。

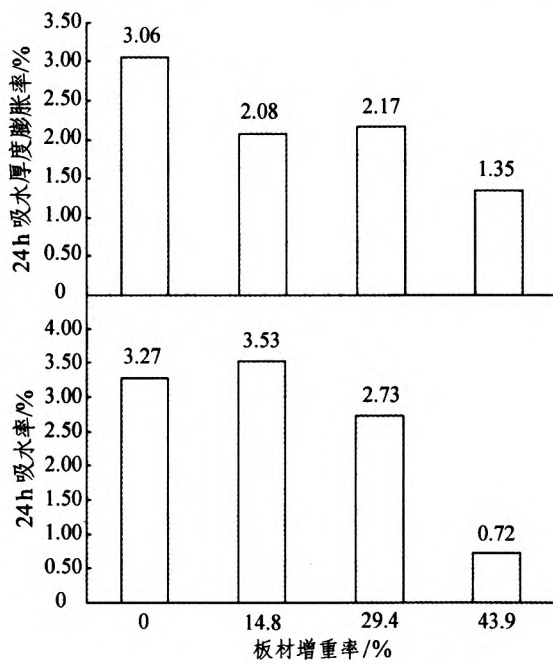


图 1 不同增重率复合板材的吸水性能
Fig. 1 Water-absorption of composite samples with different weight gain rate

由图 1 可见,添加 APP 后,复合板材的 24 h 吸水厚度膨胀率较未添加 APP 的对照板材有所降低;24 h 吸水率先增加,后随增重率增加而逐渐降低。APP 的加入量较高时,可以降低复合板材的吸水性,与阻燃型木纤维-聚丙烯复合材料制备及性能研究的结论相似^[10]。

这可能是因为板材在热压过程中,阻燃剂对木纤维和麻纤维的脱水成炭起到了一定程度的催化作用,提高了二者的表面活性,进而有效改善了木纤维、麻纤维和 PP 纤维间的界面相容性,提高了复合板材的整体性能,致使吸水性有所降低。

2.2 抗弯性能

图 2a、2b 分别为复合板材 MOR 和 MOE 随增重率增加的变化趋势。

从图 2a 可以看出,APP 的加入一定程度上降低了复合板材的 MOR,但对板材 MOR 的影响并不显著。虽然不同车型对汽车内饰件的强度要求不同,一般内饰件材料的 $MOR \geq 30MPa$ 即可^[11],因此,添加 APP 后,复合板材仍完全满足汽车内饰件的弯曲强度要求。

从图 2a 还可以看出,复合板材的 MOR 随增重率的增大而减小,这可能是因为加入 APP 后,在一定

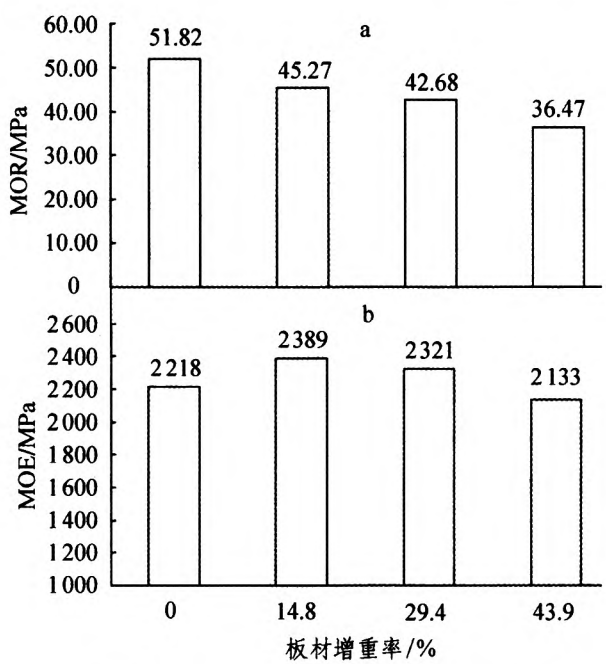


图 2 不同增重率复合板材的 MOR 和 MOE
Fig. 2 MOR and MOE of composite samples with different weight gain rate

程度上降低了 PP 纤维的胶合作用,进而影响了复合板材的 MOR,使得经过 APP 处理的复合板材的 MOR 均低于对照板材。

由图 2b 中可知,加入 APP 后,板材的 MOE 先有所增加,后随增重率的增大而减小。原因是 APP 填充在纤维间的空隙,使得材料的刚性增加,但 APP 加量过大,则影响植物纤维与 PP 纤维间的结合强度,板材的 MOE 反而下降。

2.3 阻燃性能

图 3 为不同增重率下复合板材的热重曲线。

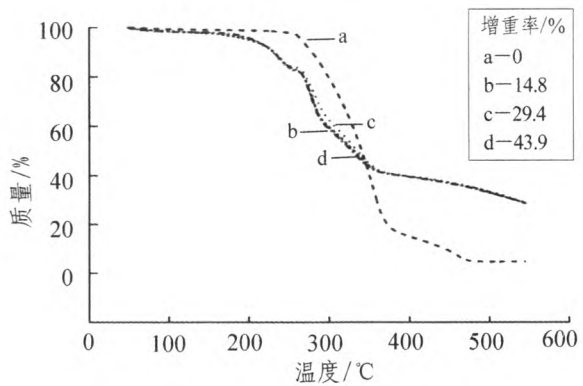


图 3 不同增重率复合板材的热重曲线
Fig. 3 TGA curves of composite samples with different weight gain rate

从图 3 可以看出,在 200 ℃之前,APP 对复合板材试样的热降解过程影响较小;在 200 ℃之后,虽然添加 APP 的试样的分解温度相比于对照试样低了 50 ℃左右,但是分解速率明显慢于对照试样;同样,添加 APP 的试样的质量损失率明显降低,约 60%~70%,而对照试样高达 90%以上,表明 APP 的加入提高了试样的成炭率。

由图 3 还可看出,不同增重率的板材,其热降解过程中的质量损失率基本相同,APP 含量的增加对板材的成炭率作用不明显。这可能是因为 APP 具有较强的炭化作用,即使较低的添加量也可使板材脱水炭化。

图 4 为不同增重率下复合板材的极限氧指数检测结果。

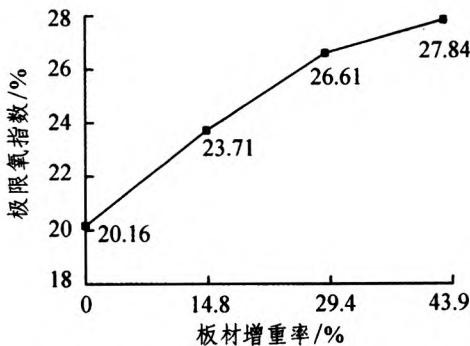


图 4 不同增重率复合板材的极限氧指数
Fig. 4 Limiting oxygen index of composite samples with different weight gain rate

由图 4 可以看出,添加 APP 后,复合板材极限氧指数有所增加,且随增重率的增加而缓慢升高,说明 APP 的添加对复合板材有一定的阻燃效果。本试验中复合板材的最终极限氧指数仅为 27.84%,与板材中 PP 含量较高且不易后期阻燃有关,但仍然满足 GB 50222-1995《建筑内部装修设计防火规范》2001 年修订版中 B₂级要求。

燃烧速率测试结果表明,未添加 APP 对照板材的燃烧速率为 49 mm/min,而所有添加 APP 的复合板材离火即熄,燃烧速率为 0,完全满足汽车内饰件的应用要求。

3 结论

1) 对于汽车内饰件用木纤维/麻纤维/聚丙烯纤维三元复合材料,水溶性聚磷酸铵阻燃剂添加量较高时,可以降低复合材料的吸水性;

2) 添加聚磷酸铵阻燃剂,使复合材料的弯曲强度有所降低,并且随阻燃剂用量的增加而降低,但降幅有限,仍满足复合材料的应用要求;

3) 添加聚磷酸铵后,复合材料阻燃性能有所改善,燃烧速率明显降低,成炭率和极限氧指数升高,且极限氧指数随增重率的增加呈升高趋势。当板材增重率为 43.9%时,极限氧指数超过 27%,达到 GB 50222-1995(2001 版)中 B₂级要求。

参考文献:

[1] 刘效梅. 木纤维复合材料和 PP 木粉板在汽车内饰件中的应用[J]. 科技信息, 2007(5): 36.

[2] 陈志林, Cai Z Y, Winandy J E, 等. 美国阻燃人造板研究现状与应用[J]. 中国人造板, 2009(4): 6-10.

[3] Lerner I. Phenomenal growth projected for wood plastic additives[J]. Chemical Market Reporter, 2003, 263(3): 10.

[4] Guo G, Park C B, Lee Y H, et al. Flame retarding effects of nanoclay on wood-fiber composites [J]. Polymer Engineering & Science, 2007, 47(3): 330-336.

[5] Ayrlimis N, Benthien J T, Thoemen H, et al. Effects of fire retardants on physical, mechanical, and fire properties of flat-pressed WPCs[J]. European Journal of Wood and Wood Products, 2012, 70: 215-224.

[6] 靳晓雨, 王玉梅. 聚磷酸铵阻燃塑木复合材料的研究[J]. 塑料制造, 2009, (12): 57-59.

[7] 李珊珊, 吕群, 张清锋, 等. APP 在 PE 基木塑复合材料中的阻燃作用研究[J]. 塑料工业, 2009, 37(12): 60-63.

[8] 高黎, 王正, 郭文静. 水溶性聚磷酸铵对木塑复合材料性能的影响[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(4): 247-250.

[9] Zhang S, Horrocks A R. A review of flame retardant polypropylene fibers [J]. Progress in Polymer Science, 2003, 28 (11): 1517-1538.

[10] 阻燃型木纤维-聚丙烯复合材料制备及性能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2007.

[11] 田永. 汽车内饰用麻纤维增强聚丙烯复合材料的力学性能研究[D]. 长沙: 湖南大学硕士学位论文, 2008.

(责任编辑 劳万里 向 琴)

欢迎订阅 2016 年《木材工业》杂志, 邮发代号 2-311