

阻燃三聚氰胺改性脲醛树脂胶对 胶合板发烟特性的影响

王真, 屈伟, 吴玉章

(中国林科院木材工业研究所; 中国林科院林业新技术研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 为探究阻燃三聚氰胺改性脲醛树脂胶 (IFR-MUF) 对胶合板发烟特性的影响, 研究了两种辐射强度下, 胶合板的发烟总量和烟气温度。结果表明: MUF 可使炭化层趋于整体性, 抑制燃烧前期的发烟, 但会导致燃烧后期烟气的集中释放; IFR 阻燃剂对发烟总量的影响与辐射强度密切相关, 可使烟气温度大幅降低。

关键词: 胶合板; 三聚氰胺改性脲醛树脂胶; 阻燃剂; 热辐射强度; 发烟总量; 烟气温度

中图分类号: S782.39 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2016) 06-0019-04

Influence of Flame-retardant Melamine Modified Urea Formaldehyde Resin Adhesive on Smoke Characteristics of Plywood

WANG Zhen, QU Wei, WU Yu-zhang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry (CAF); Research Institute of Forestry New Technology, CAF;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: In order to evaluate the influence of flame-retardant melamine modified urea formaldehyde resin adhesive (IFR-MUF) on smoke characteristics of plywood, the total smoke production and smoke temperature of a veneer stack, conventional plywood and flame-retardant plywood were studied under different heat radiation intensities. Results showed that the MUF promoted integrality of char layers, which had negative effects on smoke production in an earlier combustion process, but led to an intense smoke release in a later combustion process. The IFR had effects on smoke production of plywood, which were closely relevant to radiation intensities, and could reduce smoke temperatures significantly.

Key words: plywood; MUF; IFR; heat radiation intensities; total smoke production; smoke temperature

建筑火灾中, 相对于燃烧热造成的破坏, 烟气的危害更大, 主要表现在: 人吸入大量的烟尘和有

毒气体产生窒息或中毒^[1-3]; 烟气中的游离炭、干馏粒子、液滴等对光线有吸收、折射、散射作用, 将导致火灾现场的可视度降低, 严重妨碍人员疏散和消防队员灭火救援行动^[4]; 烟气中的污染物, 可以产生致癌、致畸、致基因突变的物质^[5]。高温烟气不仅对人造成伤害, 而且是火势发展和蔓延的重要因素^[6]。因此, 材料燃烧发烟问题越来越受到重视。

膨胀型阻燃氨基树脂胶, 可以在不改变木质材料原有生产工艺的条件下, 在胶合的同时, 赋予其

收稿日期: 2016-02-14; 修改日期: 2016-10-27

基金项目: 中国林科院林业新技术所基本科研业务专项“氨基树脂基阻燃和防霉复配体系研究”(CAFINT2015K03); 国家自然科学基金“模拟火灾中阻燃木质材料的有害烟气成分及其毒性预测研究”(31170528)。

作者简介: 王真 (1990—), 女, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

责任作者: 屈伟, 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

阻燃功能, 现已应用于阻燃中密度纤维板、阻燃刨花板、阻燃胶合板、阻燃实木复合地板以及阻燃细木工板等产品, 其燃烧性能均达到 GB/T 8624-2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》中 B₁(C)级以上^[7]。

现行 GB/T 8624-2012 中, 已增加了发烟总量等指标, 以评价材料的发烟特性。基于此, 笔者探讨了阻燃三聚氰胺改性脲醛树脂胶 (MUF) 对胶合板发烟总量及烟气温度的影响, 以期对相关标准的制/修订及木质材料抑烟技术的开发, 提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1) 柳叶桉 (*Eucalyptus saligna* Smith) 单板: 含水率 12%, 尺寸: 长×宽×厚=300 mm×300 mm×2.3 mm, 外购。

2) 阻燃剂: 聚磷酸铵 (APP), 工业级, 平均聚合度>50; 季戊四醇 (PER), 质量分数 95%; 均外购。

3) 胶黏剂: 三聚氰胺改性脲醛树脂胶 (MUF), 参照文献^[7]自制。选用其中的 MUF3, 黏度 58.8 mPa·s (25 °C), 固体含量 57.04%。

1.2 试验设备

匀浆机、锥形量热仪、热压机等。

1.3 试验方法

1) 膨胀型阻燃 MUF 的制备^[7]

将 APP 和 PER 以质量比 2:1 均匀混合, 获得膨胀型阻燃剂, 记为 IFR;

将 MUF 和 IFR 按质量比 100:60 均匀混合, 制得膨胀型阻燃 MUF, 记为 IFR-MUF。

2) 试样制备

笔者设计了单板摺、普通胶合板和阻燃胶合板 3 种试样。为保证 3 种试样材料和结构的一致性, 选用 9 张单板, 按胶合板的组坯方式排列, 以金属丝按“#”字形捆扎固定为单板摺, 作为对照样。普通胶合板和阻燃胶合板试样的施胶量 (单面) 分别为: MUF 160 g/m²; IFR-MUF 220 g/m²; 热压参数均为: 温度 120 °C、压力 1 MPa、时间 25 min。

1.4 性能测试

参照 ISO 5660-1: 2002^[8]进行燃烧试验, 并分别检测 3 种试样的消光系数、发烟总量和烟气温度。

热源辐射强度分别为 30 kW/m² 和 50 kW/m²。其

中 30 kW/m² 是模拟中小规模火灾的热辐射水平; 50 kW/m² 是日本建筑基本法按材料的热发性能确定的不燃材料、难燃材料和可燃材料的标准辐射强度^[9-10]。

颗粒物收集: 采用直径 90 mm 的石英纤维滤膜 (孔径 0.2 μm), 在 220 mL/min 的流量下进行, 每种辐射强度下重复 3 次, 取平均值。

2 结果与讨论

2.1 消光系数和发烟总量

消光系数反映了烟气对光线吸收、折射、散射作用的综合结果, 而发烟总量反映了材料燃烧过程中发烟量的累积结果。

图 1 和图 2 分别为 2 种辐射强度下, 3 种试样的消光系数和发烟总量随时间的变化规律。

1) MUF 的影响

由图 1 可见, 2 种辐射强度下, 对照样和普通胶合板试样消光系数的变化规律均呈现 2 个强发烟和 2 个弱发烟交替发生, 与前期研究结果基本一致^[11]。

由图 2 可见, 2 种辐射强度下, 对照样和普通胶合板试样发烟总量的差异主要为: ① 在普通胶合板试样第 2 个强发烟过程出现前, 对照样的发烟总量大于胶合板试样; ② 普通胶合板试样第 2 个强发烟过程的发烟总量大于对照样。

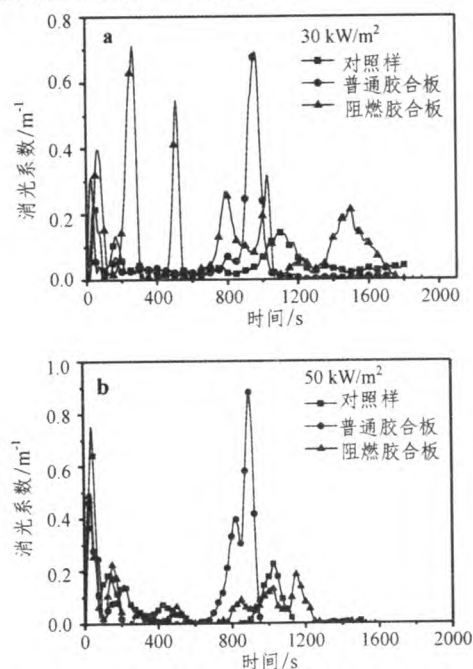


图1 2种辐射强度下3种试样的消光系数
Fig.1 Extinction coefficients of three samples under different radiation intensities

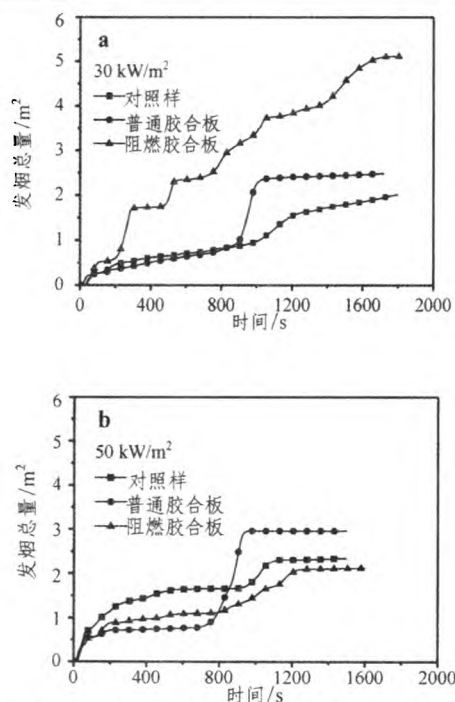


图2 2种辐射强度下3种试样的发烟总量

Fig.2 Total smoke production of three samples under different radiation intensities

主要原因如下:

燃烧前期, 对照样表层因炭化而收缩卷曲, 在火焰中, 且氧气充分的条件下, 热解速率和烟释放速率加快^[12]。由于表面无法形成有效的炭化层, 使热解产物向燃烧区域自由扩散; 而普通胶合板试样是一个整体, 层与层之间没有空隙, 表层单板不易卷曲, 表面可维持一层稳定的炭化层。下层单板处于缺氧或无氧的热解状态, 热解速率和烟释放速率缓慢, 同时炭化层抑制了热解产物向燃烧区域的扩散, 故在第2个强发烟出现前, 发烟总量相对较少。

燃烧后期, 由于对照样可燃物质少, 所以整体的第2强发烟过程的发烟总量减小; 而普通胶合板试样在燃烧前期由于热解速率低, 挥发产物少, 固定碳质量增加(残重15%~20%)^[13], 后期的燃烧物质更多, 因而, 在第2强发烟过程的发烟总量增大。

由图2a和图2b对比可见, 当辐射强度由30 kW/m²增加为50 kW/m²时, 对照样和普通胶合板试样在燃烧前期的发烟总量差距扩大。这是由于当辐射强度增至50 kW/m²时, 对照样的卷曲程度更为严重, 质量损失速率加快, 故燃烧前期的发烟总量有所增大, 而普通胶合板试样的发烟总量在第2个强发烟前出现了平台期, 致使二者发烟总量差距扩大。

从烟道气中颗粒物的产率(图3)也可以看出, 50 kW/m²时, 对照样的颗粒物产率比30 kW/m²时高50%; 而普通胶合板试样的颗粒物产率却比30 kW/m²时低28%。进一步说明, 辐射强度增大, 改变了二者的热解状态, 导致其发烟总量差距扩大。

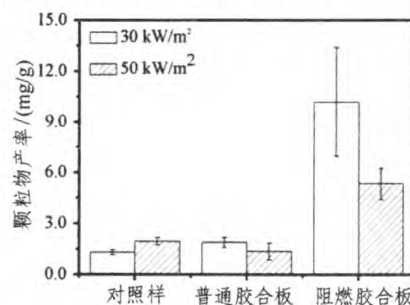


图3 2种辐射强度下3种试样烟道气中的颗粒物产率

Fig.3 Yield rates of particulates of three samples under different radiation intensities

综上所述, 由于MUF的胶合作用, 使各层单板间形成一个整体, 没有空隙, 减小了表层单板炭化时的卷曲程度, 形成较为稳定的炭化层, 抑制燃烧前期的烟气释放, 却造成燃烧后期烟气的集中释放。

2) IFR的影响

与普通胶合板试样相比, 30 kW/m²时, 阻燃胶合板试样的消光系数出现了明显的波动(图1a), 发烟总量呈阶梯式增长(图2a)。

主要原因在于: 在50 kW/m²时, 阻燃胶合板试样被快速引燃并保持有焰燃烧状态, 直至试验结束。而30 kW/m²时, 热辐射作用减弱, 每遇到阻燃胶层, 均会较长时间处于阴燃状态, 直至膨胀炭质层保护的下层单板完全碳化, 而形成快速质量损失过程, 如此反复, 形成了其在30 kW/m²时, 消光系数的剧烈波动和发烟总量的阶梯式增长^[14]。

与30 kW/m²相比, 当辐射强度为50 kW/m²时, 阻燃胶合板试样的消光系数减小(图1b), 发烟总量降低(图2b), 与文献^[15]报道的变化规律相符。

这是由于膨胀炭质层耐热稳定性以及隔热能力降低, 阻燃胶合板试样更长时间处于有焰燃烧状态, 加之较强的辐射作用, 释放的不稳定物质会在高温区域进一步分解^[13], 烟道气中不燃气体和颗粒物的产率降低(图3)所致^[15-16]。

综上所述, IFR对胶合板发烟总量和消光系数有一定影响, 影响程度与辐射强度密切相关。

2.2 烟气温度

图4为2种辐射强度下,3种试样烟气温度随时间的变化规律。

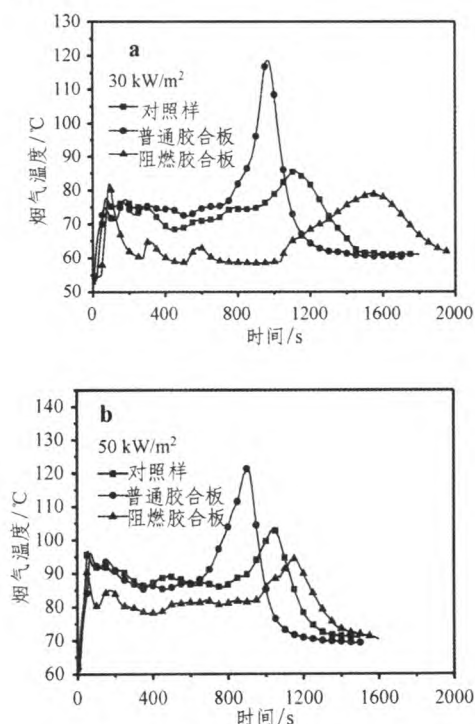


图4 2种辐射强度下3种试样的烟气温度

Fig.4 Smoke temperatures of three samples under different radiation intensities

1) MUF 的影响

由图4a可见,燃烧前期,对照样与普通胶合板试样具有相近的烟气温度。而普通胶合板试样的最高烟气温度较高。这是由于MUF的作用,使普通胶合板试样单板的卷曲程度降低,释热速率峰值增大,而烟气温度与释热速率正相关,故试样的最高烟气温度提高^[11]。

与30 kW/m²时相比,50 kW/m²的辐射强度下,对照样和普通胶合板试样的最高烟气温度均提高,且出现的时间提前(图4b)。这是由于随着辐射强度增大,试样的燃烧反应速度加快,释热速率峰值增大,故出现时间提前。

2) IFR 的影响

由图4a和图4b可见,与普通胶合板试样相比,2种辐射强度下,阻燃胶合板试样的烟气温度和最高烟气温度均有所降低。这是由于IFR形成的膨胀炭质层阻碍了热和质的传递,改变了试样的燃烧状态,降低了释热速率。

3 结论

1)MUF的胶合作用可使单板炭化卷曲的程度降低,确保材料表面形成一层稳定的炭化层,抑制热解产物向燃烧区域的自由扩散,对燃烧前期的发烟起一定的抑制作用,但会导致发烟在燃烧后期的集中释放。

2) IFR 阻燃剂对胶合板消光系数和发烟总量的影响,与辐射强度密切相关。低辐射强度下,胶合板的消光系数呈明显波动性,发烟总量呈阶梯式增加;在高辐射强度下,胶合板的消光系数和发烟总量降低。

3) IFR 阻燃剂脱水成碳,形成膨胀炭质层,并释放不燃气体,使胶合板燃烧烟气温度大幅降低。

参考文献:

- [1] Stec A A, Hull T R. Assessment of the fire toxicity of building insulation materials [J]. Energy and Buildings, 2011, 43(2-3): 498-506.
- [2] 杨立中, 方伟峰. 可燃材料火灾中的毒性评估方法[J]. 中国安全科学学报, 2001, 11(1): 65-70.
- [3] Alarie Y. Toxicity of Fire Smoke [J]. Critical Reviews in Toxicology, 2002, 32(4): 259-289.
- [4] 杨立中, 方伟峰, 邓志华, 等. 火灾中的烟气毒性研究[J]. 火灾科学, 2001, 10(1): 29-33.
- [5] Alarie Y. The toxicity of smoke from polymeric materials during thermal decomposition[J]. Ann Rev Pharmacol Toxicol, 1985, 25(3): 325-347.
- [6] 刘艳军. 建筑火灾烟气危害及其控制措施[J]. 中国安全生产科学技术, 2008, 4(4): 3.
- [7] 朱海龙, 吴玉章, 孙伟圣. 膨胀型阻燃氨基树脂的制备及性能[J]. 消防科学与技术, 2012, 31(12): 1326-1328.
- [8] Reaction-to-fire tests — Heat release, smoke production and mass loss rate — Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method).
- [9] 季经纬, 杨立中, 范维澄. 外部热辐射对材料燃烧性能影响的实验研究[J]. 燃烧科学与技术, 2003, 9(2): 139-143.
- [10] 舒志俊, 徐晓楠, 李响. 聚合物材料火灾燃烧性能评价[M]. 北京: 化学工业, 2007.
- [11] 王真, 吴玉章, 马星霞. 木材及木质复合材料的燃烧发烟规律[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(4): 121-126.
- [12] 王清文, 张志军, 陈琳, 等. 氧浓度对阻燃木材发烟性能的影响[J]. 林业科学, 2006, 42(12): 95-100.
- [13] 吕子安, 连晨舟, 季春生, 等. 火灾中材料产烟毒性的分析[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2004, 44(2): 278-281.
- [14] 陈卫民, 叶平安, 李新功. 杨木胶合板阻燃性能研究[J]. 包装工程, 2012, 33(23): 6-9.
- [15] Ishihara S. Smoke and Toxic Gases Produced during Fire[J]. Wood Research & Technical Notes, 1981, 16: 49-62.
- [16] Fateh T, Rogaume T, Luche J, et al. Characterization of the thermal decomposition of two kinds of plywood with a cone calorimeter-FTIR apparatus[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2014, 107(1): 87-100.

(责任编辑 姜征、劳万里)