

单板与铝箔复合多层板的燃烧性能研究

李江晓, 武 轲, 陈广辉, 杨亚峰, 李普宪, 杨红旗

(河南农业大学林学院, 河南郑州 450002)

摘要: 利用杨木单板和铝箔制备复合多层板, 采用锥形量热仪法进行板材燃烧性能测试, 探讨铝箔在板坯中位置对复合胶合板燃烧性能的影响与变化规律。试验结果表明: 随着铝箔位置由板坯中心层逐渐向上下两面对称配置, 点燃时间逐渐延长, 热释放速率HRR和总释放热THR逐渐降低, 质量损失速率MLR和有害气体减少, 但总生烟量上升, 且后期的烟释放量增大。铝箔位于外层时, 复合多层板的耐火和阻燃性能更强。

关键词: 复合多层板; 铝箔; 单板; 锥形量热仪; 燃烧性能

中图分类号: S781.73; TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2019) 01-0012-05

Combustion Performance of Laminated Composite Panels Made from Poplar Veneers and Aluminum Foils

LI Jiang-xiao, WU Ke, CHEN Guang-hui, YANG Ya-feng, LI Pu-xian, YANG Hong-qi

(College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: A cone calorimeter was used to determine combustion performance of laminated composite panels made from poplar veneers and aluminum foils which were placed at different layers inside the panels. The influences of the aluminum foil's positions on combustion characteristics of the panels were evaluated.

The results showed that with symmetrical position of the aluminum foils from center to surfaces of the panels, time to ignition (TTI) of the panels was extended with lower heat release rate (HRR) and total heat released (THR) as well as reduced mass lost rate (MLR) and harmful gases (CO and CO₂) released. However, it was observed that total smoke release (TSR) of the panels was increased and significantly enhanced in the later period. The laminated composite panel with aluminum foils placed close to panel surface showed better fire resistance and flame retardation.

Key words: laminated composite panel; aluminum foil; veneer; cone calorimeter; combustion performance

木材是一种可再生、可回收再利用及可自然降解的理想环境材料, 利用木材加工制备的人造板, 是家具制造和室内外装饰装修的重要基础材料。但

因木材易燃, 存在火灾安全隐患, 限制了应用范围, 需要通过阻燃处理, 增强木质材料的阻燃性能, 拓展人造板的使用范围^[1-5]。

已有研究发现, 铝箔贴面的中密度纤维板, 不仅板材的物理力学性能提高, 而且阻燃性能明显增强^[6-8]。但铝箔位于复合板内部不同位置时, 板材阻燃效果的变化规律尚无研究报道。鉴于此, 笔者制备了铝箔在板材内部不同位置的木铝复合多层板,

收稿日期: 2018-04-17; 修改日期: 2018-11-22

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目“多层实木铝箔复合制备功能人造板技术研究”(15A220005)。

作者简介: 李江晓(1980—), 女, 河南农业大学林学院讲师。

责任作者: 杨红旗, 男, 河南农业大学林学院副教授。

采用锥形量热仪(CONE)法,测试木铝复合多层板材的燃烧性能,分析其燃烧性能的变化规律,评估其火灾行为,为木铝复合板的结构设计、性能改良和应用推广,提供理论依据和技术参考^[9-12]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1)速生杨木(*Populus simonii*)旋切单板,外购,幅面 300 mm×300 mm,厚度 2.0 mm,密度 0.41 g/cm³,含水率 12.1%;

2)铝箔,外购,幅面 300 mm×300 mm,厚度 0.2 mm;

3)酚醛树脂胶,自制,固体含量 48%,pH 值 8.9,黏度 145 mPa·s;聚乙酸乙烯酯乳液,外购,固体含量 43%,pH 值 6.1,黏度 630 mPa·s。

1.2 主要设备仪器

DHG-9053A型电热恒温鼓风干燥箱,自制热压机(400 mm×400 mm),WDW-W10型微机控制电子式人造板试验机,FTT0007型锥形量热仪等。

1.3 试验方法

1.3.1 板材结构设计

在前期研究基础上,设定木铝复合多层板结构为 11 层,采用对称设计的原则,将铝箔置于板材内部偶数层及中间层(单层),以避免和减少复合板材内应力的产生^[13-19]。

如图 1 所示,试板结构分 4 种:1 号为铝箔在第 2、10 层,2 号为铝箔在第 4、8 层,3 号为铝箔在中间层(单层);4 号为 11 层纯杨木单板(对照板)。

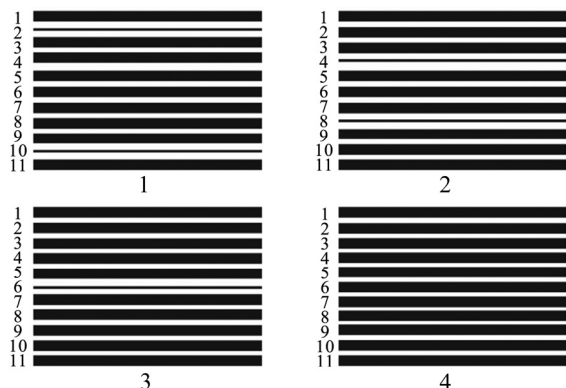


图 1 铝箔位于不同位置的木铝复合多层板结构
Fig.1 Structure of laminated composite panels with different positions of aluminum foils

1.3.2 试样制备

单板用 120 目砂纸稍微打磨,用棉纱擦拭;铝箔先用 120 目砂纸打磨,再经脱脂液脱脂,纯净水冲洗,在 50 °C 对流干燥箱中烘干。

酚醛树脂、聚醋酸乙烯酯乳液、水按质量比 2 : 1.5 : 1 混合^[7];单板与铝箔双面涂胶,双面涂胶量为 240 g/m²,并在 50 °C 对流干燥箱中干燥至胶层成透明状。

按预先设计的板材结构组坯后热压,热压参数为:温度 140 °C,时间 15 min,压力 1.0 MPa。热压后自然降温并放置 24 h。每组板材平行压制 3 张^[12]。

从制备的试板上裁取尺寸为 100 mm×100 mm 的试样,在温度(23±3)°C、相对湿度(50±2)% 的恒温恒湿箱中调节至质量恒重。

1.4 燃烧性能测试

按照 ISO 5660-1-2015 “Reaction-to-fire tests -Heat release, smoke production and mass loss rate—Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement)”,测试试样的燃烧性能。热辐射功率 50 kW/m²,温度 750 °C^[20]。

测试指标:引燃时间(time to ignition, TTI)、热释放速度(heat release rate, HRR)、热释放总量(total heat released, THR)、释热速度峰值(pkHRR)、平均热释放速率(avHRR)、质量损失率(mass lost rate, MLR)、残余物质量分数(Mass)、产烟速率(smoke production rate, SPR)、总释烟量(total smoke release, TSR)、CO 及 CO₂ 产率等。

试验数据由锥形量热仪的专用软件记录或计算,运用 EXCEL 软件对测试数据进行分析处理。燃烧性能测试分别进行 3 次平行试验,结果取平均值。

2 结果与分析

不同位置铝箔与单板复合多层板的燃烧性能测试结果,列于表 1。

2.1 引燃时间 TTI

由于 4 种试样表面都是杨木单板,测试时试样都被点燃。表 1 结果显示,随着铝箔从无到有、由板材中心层向上下表面对称配置,试样点燃时间逐渐延长,最大差值为 5 s,差别不明显。

表1 木铝复合多层板的主要燃烧性能测试结果

Tab.1 Combustion performance of laminated composite panels

编号	TTI/ s	pkHRR/ (kW·m ⁻²)	avHRR/ (kW·m ⁻²)	THR/ (MJ·m ⁻²)	TSR/ (m ² ·m ⁻²)	MLR/ (g/s·m ⁻²)	Mass/ %	Y(CO)/ (kg·kg ⁻¹)	Y(CO ₂)/ (kg·kg ⁻¹)
1	22	351.23	148.77	134.52	656.5	9.98	34.73	0.032	1.961
2	20	356.43	151.07	142.06	625.5	10.2	33.64	0.034	2.077
3	19	376.58	161.29	150.72	558.2	10.52	27.49	0.039	2.109
4	17	443.68	175.39	153.80	484.6	10.87	19.26	0.135	2.597

2.2 热释放速率 HRR 和总热释放量 THR

不同位置铝箔与单板复合多层板的 HRR 和 THR 曲线,如图2所示。

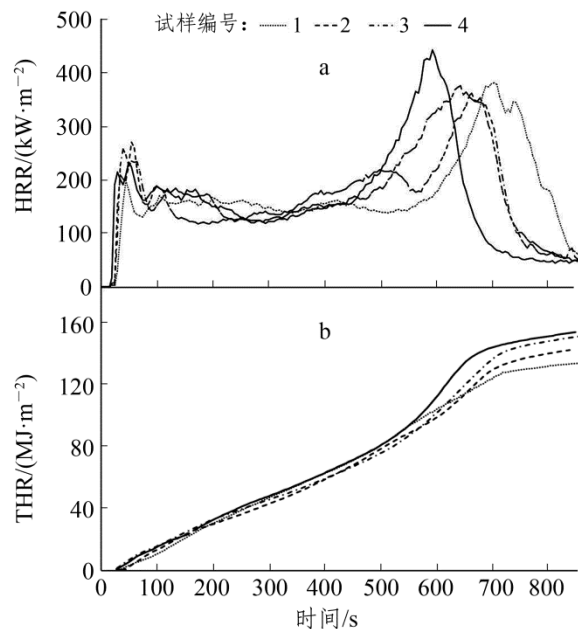


图2 木铝复合多层板的热释放曲线

Fig.2 HRR and THR curves of composite panels

如图2a所示,4种试样都有两个热释放速率波峰,第一个HRR波峰出现时间差别在25s内,第二个波峰出现时间差别在100s以上,主要由于1~3号试样中有铝箔存在,杨木单板在高温下炭化,可燃气体积累一段时间后才能突然释放出来,形成燃烧。随着铝箔由板材中心层向上下表面的对称配置,两个热释放速率波峰的出现时间逐渐向后推移^[7]。

4种试样的总热释放量THR曲线图形状相近(图2b),增长趋势相似,热释放规律基本相同。4种试样的总热释放量前期差别不明显,4号试样总热释放量最大,且出现的时间最早;1号试样最低,出现的时间最晚;总热释放量大小顺序为4>3>2>1,表明板材内铝箔的位置对总热释放量有明显影响,位

置越靠近板材上下表面,越利于阻碍板材的燃烧,板材总热释放量降低。

2.3 产烟速率 SPR 与总释烟量 TSR

不同位置铝箔与单板复合多层板的 SPR 和 TSR 曲线,如图3所示。

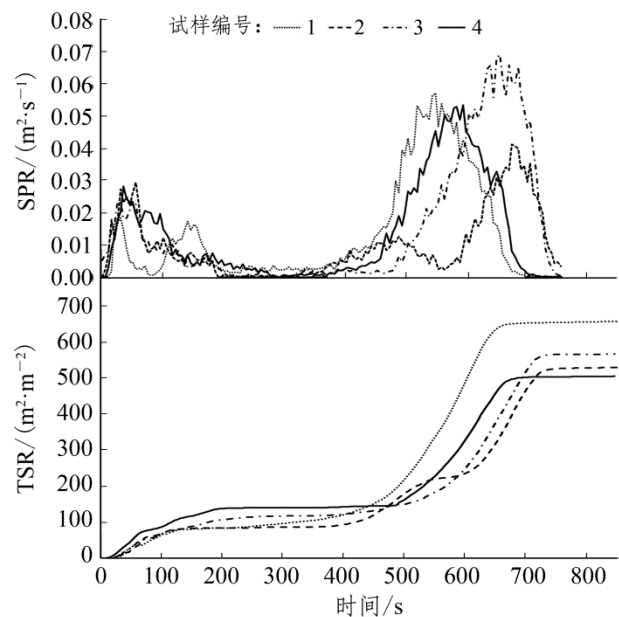


图3 木铝复合多层板的烟释放曲线

Fig.3 SPR and TSR curves of laminated composite panels

4种试样板材的 SPR 和 TSR 曲线大致相同,但出现波峰的时间差别比较明显;板材引燃后进入第一个猛烈有焰燃烧阶段,随后进入一个红热燃烧阶段,产烟速率降低,总释烟量缓慢上升;燃烧持续一段时间后,转入第二个猛烈有焰燃烧阶段,产烟速率和总释烟量迅速增加。

这是由于前期,铝箔的存在使得板材烟释放缓慢,增加缓慢;中后期,杨木单板剧烈分解,总释烟量上升较快,且随着铝箔从中心层向上下表面对称分布,内部杨木单板层数增加,且无法形成有焰燃烧,使总释烟量上升较快。

2.4 质量损失率MLR与残重率Mass

不同位置铝箔与单板复合多层板的 MLR 和 Mass 曲线, 如图4所示。

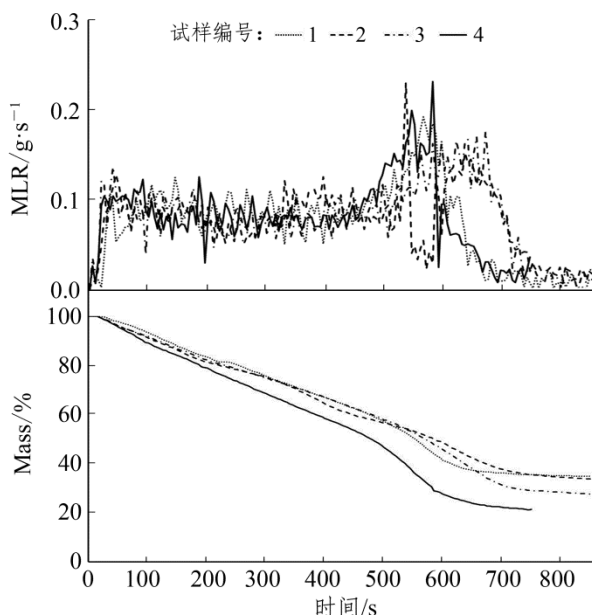


图4 木铝复合多层板的质量损失率和残重率曲线

Fig.4 MLR and Mass curves of laminated composite panels

图4中4种试样的质量损失率曲线与热释放速率相近, 残重率曲线与总热释放曲线近似, 4种试样的残重率大小顺序为1>2>3>4。

随着铝箔在板材内部的位置由中心层向上下表面对称分布, 试板的热释放速率和总热释量降低, 铝箔有效地阻止了板材的燃烧, 进而降低了木材的损失率, 提高了木材的残重率, 也降低了烟释放速率和总释烟量。

2.5 一氧化碳、二氧化碳释放

不同位置铝箔与单板复合多层板的 CO 和 CO₂ 释放曲线, 如图5所示。

从图5中可以看出, 4种试样在木材点燃后形成有焰燃烧, 迅速产生 CO 和 CO₂; 随后转入有焰燃烧和红热燃烧并存的阶段, CO 和 CO₂ 产率较平稳^[11]; 在转入第二个猛烈有焰燃烧阶段, CO 和 CO₂ 产率迅速升高, 最终进入平稳的红热燃烧阶段。

随着铝箔的位置由中心层向上下表面对称分布, 阻碍氧气进入板材内部, 降低热释放的速率和总量, 有效阻止板材燃烧, CO 和 CO₂ 产率均低于纯杨木胶合板, 且峰值向后推迟。同时, 由于铝箔的

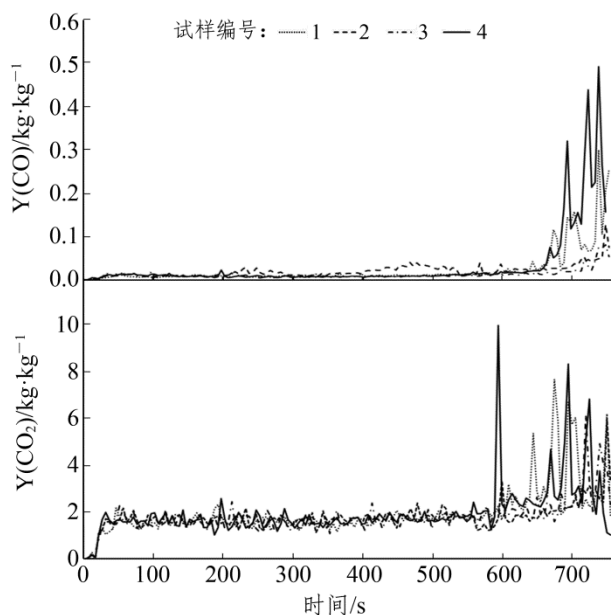


图5 木铝复合多层板的 CO、CO₂ 产率

Fig.5 Yield of CO and CO₂ from laminated composite panels

存在使木材残重率提高, 导致成炭量大, 木炭不完全氧化, CO 和 CO₂ 平均释放量降低。

3 结论

1) 铝箔位置由木铝复合多层板中心层向上下表面对称配置时, 材料燃烧时的最大热释放速率与强度降低, 耐火和阻燃性能逐渐增强。

2) 铝箔靠近木铝复合多层板上下表面, 可使点燃时间延长; 板材前期产烟量和烟释放缓慢, 同时 CO 和 CO₂ 产率均低于纯杨木胶合板, 且峰值出现时间向后推移, 有利于火灾发生时逃生。

3) 今后将对木铝复合多层板的结构设计、性能及释烟有害性进行深入研究。

参考文献:

- [1] 陈志林, 李双昌. 木质地板阻燃性能的研究[J]. 消防科学与技术, 2010, 28(9): 815-816.
- [2] 王奉强, 宋永明, 孙理超, 等. 利用 CONE 研究阻燃胶合板的动态燃烧行为[J]. 建筑材料学报, 2012, 15(3): 365-381.
- [3] 杜春贵, 张齐生, 金春德, 等. FRW 阻燃杉木集成材的阻燃性能[J]. 建筑材料学报, 2010, 13(4): 555-559.
- [4] 卢国建, 刘松林, 彭小芹. 木材的燃烧性能研究—锥形量热计法[J]. 消防科学与技术, 2005, 24(4): 414-418.
- [5] Ahmad Ramazani S A, Rahimi A, Frounchi M, et al. Investigation of flame retardancy and physical-mechanical properties of zinc borate and aluminum hydroxide propylene composites[J]. Materials and Design,

- 2008, 29(5): 1051-1056.
- [6] 杨红旗, 陈志林, 王金林. 铝/木复合装饰人造板的研究现状与展望[J]. 木材工业, 2011, 25(3): 34-37.
- [7] 杨红旗. 铝木复合装饰板的制备及性能研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院木材工业研究所, 2012.
- [8] 梁祥鹏, 杨亚峰, 陈广辉, 等. 铝箔贴面中密度纤维板的阻燃性能评价[J]. 木材工业, 2015, 29(4): 43-46.
- [9] 李坚, 王清文, 李淑君, 等. 用 CONE 法研究木材阻燃剂 FRW 的阻燃性能[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 108-114.
- [10] Ren Y L, Qin Y W, Liu X H, et al. Flame-retardant polyacrylonitrile fabric prepared by ultraviolet-induced grafting with glycidyl methacrylate followed by ammoniation and phosphorylation[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2018, 135(41): 46752.
- [11] Nie SB, Wu W, Pan, Y T, et al. Studies on intumescent flame retardant polypropylene composites based on biodegradable wheat straw[J]. Fire and Materials, 2018, 42(7): 703-709.
- [12] 王奉强, 王清文, 张志军, 等. 锥形量热仪法研究 FRW 系列阻燃剂的抑烟性能[J]. 木材工业, 2011, 25(3): 11-14.
- [13] GB/T 35216-2017, 结构胶合板[S].
- [14] LY/T 1983-2011, 金属(铜箔、铝箔)饰面人造板[S].
- [15] LY/T 1738-2008, 实木复合地板用胶合板[S].
- [16] 胡士伟. 电磁屏蔽刨花板/胶合板的制备及其性能探究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2013.
- [17] 卢克阳, 傅峰, 蔡智勇, 等. 导电膜片叠层型电磁屏蔽胶合板的性能研究[J]. 建筑材料学报, 2011, 14(2): 207-211, 233.
- [18] 罗朝晖, 朱家琪, 黄泽恩. 木材/金属复合材料的研究[J]. 木材工业, 2000, 14(6): 25-27.
- [19] 皮锦红, 王章忠. 木材-金属复合材料的研究现状[J]. 南京工程学院学报(自然科学版), 2006, 4(2): 17-21.
- [20] BS ISO 5660-1-2015, Reaction-to-fire tests-Heat release, smoke production and mass loss rate—Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement) [S].

(责任编辑 向琴)

(上接第7页)

2) 落实国家环保要求。

环保是企业应长期关注的问题。要关注产品全寿命周期环保问题, 包括原料、设计、制造、包装、运输、废弃物回收处理各环节, 解决产品生产和使用过程中的环保问题。关注木材工业绿色发展相关的国家标准, 如 GB/T 35601-2017《绿色产品评价 人造板和木质地板》和 GB/T 35607-2017《绿色产品评价 家具》等, 生产绿色产品。

3) 提高产品质量、附加值和利润率。

企业应把握转型的机遇, 走差异化发展经营策略, 通过合作、重组等多种方式共同发展, 避免产品同质化。改进产品质量, 延长产品使用寿命, 扩展产品功能, 提高附加值及利润率。

4) 提高企业管理水平, 引进人才与技能培训。

积极引进人才, 学习优秀企业的职业经理人制度, 提高企业管理水平。重视专业技术人员培养, 建立专业的企业人才队伍。

参考文献:

- [1] 朱光前. 2017 年中国木材进口及中非木材贸易简况[J]. 国际木业, 2018, 48(2): 14-21.
- [2] 2017 年全年我国共进口原木 5540.0 万立方米[EB/OL]. (2018-02-01) <http://www.forestry.gov.cn/portal/xldy/s/5188/content-1072639.html>.
- [3] 中国林业集团有限公司. 中国木材市场报告 (2016—2017 年) [EB/OL]. <http://www.cfgc.cn/g2750/m6320/mp4.aspx>.
- [4] 中国林业集团有限公司. 木材信息快报 (2016—2017 年) [EB/OL]. <http://www.cfgc.cn/g2751.aspx>.

(责任编辑 向琴)

中国国际地面材料及铺装技术展 亮相在即

由上海万耀企龙展览有限公司主办的, 中国国际地面材料及铺装技术展览会将于 2019 年 3 月 26—28 日, 精彩亮相上海浦东新国际博览中心。届时将有 16 个展馆, 约 17.5 万 m² 的展出面积, 呈现全球地材产品和本土高端新品的产品 and 设计。

部分参展品牌: Swiss Krono、Classen、Kaindl、Parador、Alsapan、CFL、Boen、Faus、得高、卢森、必美、飞美、德合家、金钢铂林、圣象、大自然、天格、富得利、安信、兔宝宝、金桥、大艺树、森林之星、福人、柏尔、长颈鹿、北新集团、融汇版图、圣保罗、金隆、泛美、燕泥、金億、莫干山、名禾、诺高、贝尔、洛基、永裕、森大、华宇等。

我国实木地热地板行业已进入成长期, 2019 年 DOMOTEX asia CHINAFLOOR, 将以“地暖实木地板 新标准 新格局”为主题, 重推地暖地板馆 (E1、E2、E3、E4 馆), 聚结多项资源, 大力聚焦推广地暖地板的企业、品牌和产品, 让高品质、高品位、舒适家居产品进入更多消费者的视野。

此外, 本届展会还设立了运动地材专馆 (E6、E7、N3、N4、N5 馆)、地毯设计馆 (W1、W2、W3、W4、W5 馆)、亚洲地材技术专区 (E5、E6 馆) 等版块。

2019 年中国国际地面材料及铺装技术展亮相在即, 诚邀您出席全球地材行业的年度大秀。

本刊讯