

阻燃处理竹篾层积材的性能分析

高黎, 王正, 任一萍

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

摘要: 采用 M1 和 M2 两种阻燃剂, 通过冷热槽法, 浸渍处理竹篾后制备竹篾层积材, 测定其氧指数、热释放速率、发烟总量等燃烧性能, 以及静曲强度、弹性模量等物理力学性能。结果表明: 经 2 种阻燃剂处理, 竹篾层积材的耐火性能大幅提高, 尤其是 M2 处理的层积材, 综合燃烧性能好; 虽板材的力学性能都有一定程度的下降, 但仍能满足 LY/T 1072-2002 的要求。

关键词: 阻燃; 竹篾层积材; 燃烧性能; 物理力学性能

中图分类号: S795; S782.39

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2009)02-0007-03

Performance of Flame Retardant Laminated Bamboo Strip Lumber

GAO Li, WANG Zheng, REN Yi-ping

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry,

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

Abstract: Bamboo strips were treated separately with two different fire retardant solutions (M1 and M2 solutions) through hot and cold open tank processes. Their flammability included oxygen index (OI), heat release rate (HRR), total smoke production (TSP), and some selected mechanical properties, including modulus of rupture and modulus of elasticity, were evaluated. Compared with the control, untreated laminated bamboo lumber, the treated lumber exhibited superior fire retardant properties, especially for the lumber treated with the M2 solution. Although the mechanical properties of the treated lumber decreased, the overall structural performance still met the specifications of the standard LY/T 1072-2002.

Key words: flame retardant; laminated bamboo strip lumber; flammability; physical and mechanical properties

将竹材用于家具、地板、车厢底板、墙板等产品的制造, 已进入工业化生产阶段, 由于竹材优异的强度和韧性, 在建筑行业也逐渐显现其巨大的应用潜力^[1-2]。然而竹材作为一种天然材料, 易燃是其固有的缺陷。随着国家对建筑材料以及室内装饰装修材料的燃烧性能强制性规范的制定, 提高材料的燃烧等级, 是降低火灾隐患的重要手段。对此, 笔者对经阻燃处理的竹篾层积材的性能进行了综合分析。

1 材料和方法

1.1 试验材料

竹篾: 毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. pubescens) 去除竹青部分, 加工成宽 20~25 mm, 厚 0.8~1.0 mm, 长 400 mm 的篾条。

阻燃剂: 实验室自制, 主要成分为低聚磷酸铵, 编号 M1; 在 M1 阻燃剂中加入 6% 硼酸与硼砂 (1:1) 混合物, 编号 M2。

胶黏剂: 间苯二酚改性的热固性酚醛树脂胶, 黏度 50 mPa·s, 固体含量 30%, 实验室自制。

1.2 制备工艺

将竹篾浸入 60 ℃ 的质量分数 20% 的阻燃剂溶

收稿日期: 2008-12-10; 修改日期: 2009-01-24

基金项目: 农业科技成果转化资金 (2006GB24320405)。

作者简介: 高黎 (1979—), 女, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

液中,加热 20 min,取出后投入到 20 ℃ 的相同质量分数的阻燃剂溶液中,浸泡 30 min,取出沥干后干燥至含水率 8%;然后将竹篾在胶液中浸 5 min,沥干、干燥至含水率约 10%;称量后将竹篾顺向组坯,送入热压机中热压定型,裁边、锯解处理后成最终产品。其中阻燃剂 M1 浸渍量为 6.2%,M2 浸渍量为 6.8%;胶黏剂施加量约 9%。

设定竹篾层积材厚 15 mm,目标密度 0.85 g/cm³;热压工艺参数:温度 140 ℃,时间 1 min/mm,压力 3 MPa,每组重复试验 3 次。按相同的工艺参数,制备未经阻燃处理的竹篾层积材,做为对照。

1.3 主要设备

80 t 人造板试验压机,AGS-500 型万能力学试验机,C3 型锥形量热仪,ON-1D 型氧指数测定仪。

1.4 性能检测

按 LY/T 1072-2002《竹篾层积材》测试密度、含水率、弹性模量(MOE)和静曲强度(MOR);按 GB/T 2406-1993《塑料燃烧性能试验方法—氧指数法》测试氧指数;参照 ISO 5660-2003《Reaction to fire tests—Heat release, Smoke production and mass loss rate》测定燃烧性能。

2 结果和讨论

2.1 竹篾层积材的燃烧性能

锥形量热仪是国际通用的模拟真实火场的实验室评价仪器,以测量出燃烧 600 s 时的总热释放量和发烟总量为评价依据。试验采用热辐射强度 50 kW/m²,辐射场温度约 740 ℃,测试时间 1 200~1 400 s。3 组竹篾层积材由于是多层结构,在燃烧过程中产生拉应力,在板材的胶层发生开裂,使燃烧稍有加剧。其燃烧性能见表 1。

表 1 竹篾层积材的燃烧性能
Tab. 1 Flammability of different laminated bamboo strip lumber

处理类型	氧指数/%	热释放速率/(kW·m ⁻²)		热释放量/(MJ·m ⁻²)	发烟总量/m ²
		第一峰值	第二峰值		
M1 阻燃剂	35	178.8(32)	196.8(830)	54.27	0.50
M2 阻燃剂	37	181.8(36)	217.5(800)	53.22	0.22
未处理	31	275.8(35)	300.5(719)	74.52	1.30

2.1.1 氧指数(OI)

3 组板材的氧指数均大于 LY/T 1072-2002《竹篾层积材》中 28% 的要求,超过空气中氧气 21% 的含量,具有一定的阻燃性能。M1 阻燃剂中的低聚磷酸

铵受热分解产生 NH₃、H₂O 等气体,成为高分子聚合物的保护层而将氧隔绝,同时促进材料的脱水成炭,减少热释放量。M2 中的硼酸硼砂混合物,还能形成一种玻璃态物质,阻碍氧气进入,因此,氧指数值可高达 37%。

2.1.2 热释放速率(HRR)

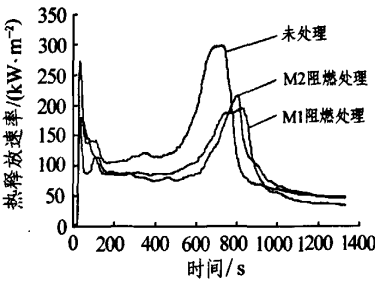


图 1 3 组竹篾层积材的热释放速率

Fig. 1 Heat release rate of laminated bamboo strip lumber

热释放速率随着燃烧进展不断改变,图 1 是 3 组竹篾层积材燃烧过程的热释放速率曲线。在整个燃烧过程中,经阻燃处理的 2 种板材的热释放速率,明显低于未处理的竹篾层积材,并且都具有成炭材料特有的两个放热峰^[4]。

3 组板材的热释放速率第一峰值均在 30~40 s 内达到,但 M1 和 M2 阻燃板材的峰值,比未处理层积材分别低 35.2% 和 34.1%;第二峰值的到达时间,阻燃处理比未处理板材分别延迟 111 s 和 89 s,峰值低 34.5% 和 27.6%。

2.1.3 总热释放量(THR)

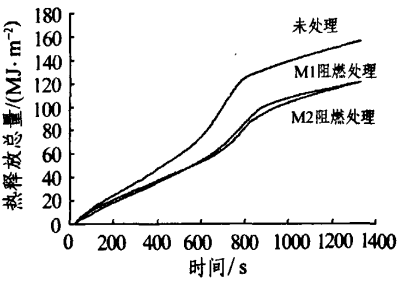


图 2 3 组竹篾层积材的总热释放量

Fig. 2 Total heat release of laminated bamboo strip lumber

总热释放量是材料从燃烧到结束,热释放速率对时间的积分。由图 2 可见,在燃烧过程中 2 种阻燃处理竹篾层积材的总热释放量差异不大,但比未经处理的竹篾层积材低。火灾初期,材料燃烧特性对火灾的

蔓延起着重要的作用, GB 8624-2006《建筑材料及制品燃烧性能分级》已将前 600 s 的热释放总量作为判定材料燃烧等级的依据之一。按 ISO 5660-2003 测定, M1 和 M2 阻燃板材放热量分别是 54.27 MJ/m² 和 53.22 MJ/m², 比未处理竹篾层积材热释放总量低 24.9% 和 18.0%。

2.1.4 发烟总量(TSP)

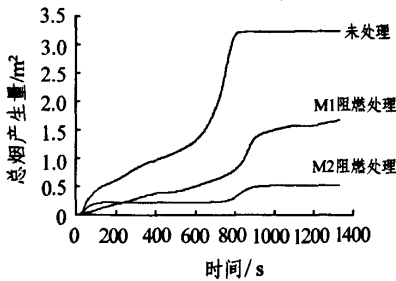


图 3 3 组竹篾层积材的发烟总量
Fig. 3 Total smoke production of laminated bamboo strip lumber

在现实火灾中, 燃烧产生的有毒烟雾是造成伤亡的主要原因, 因此, 前 600 s 的发烟总量是评价材料燃烧性能等级的重要参数。由图 3 可见, 木材在炭化过程中和无焰燃烧时发烟总量减少^[3-5], 未经阻燃处理的竹篾层积材燃烧前 600 s 的发烟总量, 超过了 2 组阻燃处理竹篾层积材的总和; 900 s 时 2 组阻燃处理竹篾层积材分别比未处理板材发烟量减少 58.5% 和 84.8%。

M2 阻燃处理竹篾层积材和未处理层积材均在近 900 s 时, 达到无焰燃烧阶段, 而 M1 阻燃处理竹篾层积材仍未结束明火燃烧。说明 M2 阻燃剂可快速促使板材炭化, 缩短整个过程的有焰燃烧时间, 从而使发烟总量减少。

2.2 物理力学性能

竹篾层积材物理力学性能测试结果以及与 LY/T 1072-2002 的对比, 列于表 2。

表 2 竹篾层积材的物理力学性能
Tab. 2 Physical and mechanical properties of laminated bamboo strip lumber

处理类型	密度/ (g · cm ⁻³)	含水率/ %	力学性能/MPa	
			MOR	MOE
M1 阻燃	0.84	7.92	152.91	14929
M2 阻燃	0.79	8.11	138.87	13707
未处理	0.84	7.30	210.33	14812
LY/T 1072-2002	≤1.2	6~8	≥120	≥8000

从表 2 可看出, 经过阻燃处理和未经阻燃处理的竹篾层积材, 均满足标准的相关要求, 但 M2 阻燃竹篾层积材的含水率, 比标准要求值略高。

M1 阻燃竹篾层积材和未阻燃处理竹篾层积材的密度与设计值误差较小, 含水率达到标准要求。M2 处理的板材密度差异是由于在热压过程中, 加入的含硼阻燃剂部分受热分解, 产生泡状物质, 造成板坯变形, 密度下降。

M1 阻燃处理竹篾层积材的 MOR 比未处理竹篾层积材下降了 27.3%, MOE 比未处理的板材略高; M2 阻燃竹篾层积材 MOR, 则比未处理竹篾层积材下降了 34.0%, MOE 下降了 7.5%。

原因在于, 经过阻燃处理后竹篾脆性增大, 韧性降低, 宏观表现为 MOR 下降。在本试验范围内, 选用的阻燃剂配比, 可能影响胶黏剂的固化程度; 阻燃剂受热分解, 释放的气体在板材内部形成高压, 造成产品的力学性能下降。因此, 还需进一步的试验研究, 选择合适的阻燃剂配比, 对材料的加工工艺和物理力学性能起着重要的作用。

3 结论

1) 阻燃处理对竹篾层积材的物理力学性能有负面影响, 静曲强度下降幅度最大。M2 阻燃剂需调整热压工艺参数。

2) 经过阻燃处理的 2 组竹篾层积材燃烧性能改善, 表现为氧指数提高, 热释放速率降低, 总热释放量下降, 发烟总量减少。

3) 用 M1 阻燃剂处理的竹篾层积材力学性能高, 加工难度较低; 而燃烧性能, M1 阻燃剂处理的综合评价高。因此, 可调整阻燃剂配方, 平衡加工与性能的关系。

参考文献:

[1] 江洋慧, 费本华, 王正, 等. 新型竹材结构建筑研究初报: 结构复合竹材的研究与应用[J]. 国际木业, 2003, 33(6): 12-17.
[2] 赵仁杰, 陈哲, 张建辉. 中国竹材人造板的科技创新历程与展望(续)[J]. 人造板通讯, 2004, 11(3): 9-11.
[3] 吴玉章, 原田寿郎. 人工林木材燃烧性能的研究[J]. 林业科学, 2004, 40(2): 131-136.
[4] 吴玉章, 原田寿郎. 磷酸铵盐处理人工林木材的燃烧性能[J]. 林业科学, 2005, 41(2): 112-116.
[5] 王清文, 李坚, 李淑君, 等. 用 CONE 法研究木材阻燃剂 FRW 的抑烟性能[J]. 林业科学, 2002, 38(6): 103-109.

(责任编辑 鲍加芬)