

研究与开发

磷酸三聚氰胺复配硼酸锌阻燃 中密度纤维板的燃烧性能

陈志林, 纪磊, 傅峰

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 选用磷酸三聚氰胺与硼酸锌复配, 制备阻燃中密度纤维板(MDF), 并采用锥形量热仪测试其燃烧性能, 分析复配阻燃剂对板材燃烧性能的影响。结果表明: 复配阻燃剂可有效提高 MDF 试材的阻燃抑烟性能, 降低其热释放速率、总热释放量、产烟速率、总产烟量、CO 及 CO₂ 生成速率, 以磷酸三聚氰胺和硼酸锌等质量复配时, MDF 试材的阻燃效果最优。

关键词: 中密度纤维板; 阻燃性能; 磷酸三聚氰胺; 硼酸锌; 燃烧性能; 抑烟

中图分类号: S782.39; TS653.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)05-0005-04

Combustion Performance of Medium Density Fiberboard Treated with Melamine Phosphate and Zinc Borate

CHEN Zhi-lin, JI Lei, FU Feng

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

Abstract: Melamine phosphate and zinc borate were selected as the main ingredients to develop a fire retardant for medium density fiberboard (MDF). A cone calorimeter was used to evaluate the combustion effects of MDF samples treated with the fire retardant. The results showed that melamine phosphate and zinc borate improved overall MDF fire retardant performance. By increasing zinc borate in the composition, MDF fire resistance and smoke suppression was improved.

Key words: medium density fiberboard; fire resistance; melamine phosphate; zinc borate; combustion performance; smoke suppression

2007 年, 我国开始实施 GB 20286-2006《公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求和标识》, 严格规定了公共场所装饰和装修材料的阻燃性能要求。作为我国人造板产品中的一个主要板种, 中密度纤维板(MDF)广泛应用于家具制造、装饰装修等领域, 开展阻燃 MDF 的研究意义重大。

近年来, 北美国家在研究、选择、评价阻燃剂的阻燃性能时, 更加关注阻燃剂和阻燃材料的抑烟性和低

毒性^[1]。磷酸三聚氰胺(Melamine phosphate, MP)是一种高效氮—磷系阻燃剂, 在阻燃性、吸湿性等方面优于同系其他产品, 在阻燃防火材料中大量使用; 水合硼酸锌(Zinc borate, ZB)是一种无机添加型阻燃剂, 具有价廉、低毒、抑烟等优点, 被广泛用于阻燃高聚物中。除对木材具有阻燃抑烟作用外^[2], 硼酸锌还可显著提高人造板的防腐性^[3]。

锥形量热仪(CONE)以氧消耗原理为基础, 是新一代聚合物材料燃烧测定仪, 其试验结果与大型燃烧试验结果的相关性很高。CONE 能测量材料在火灾中点燃、热释放与烟气释放等燃烧性能指标, 因而被用于木材^[4-5]、木质地板^[6]的燃烧性能评价。

收稿日期: 2011-03-29; 修改日期: 2011-08-22

基金项目: 国家高新技术研究发展计划(863 计划)课题(2010AA101704)。

作者简介: 陈志林(1964—), 男, 中国林科院木材工业研究所副研究员, 博士。

在前期工作^[7]的基础上,笔者选用磷酸三聚氰胺与硼酸锌制备复配阻燃剂^[8],用于 MDF 的阻燃处理,并采用锥形量热仪对试件的燃烧性能进行测试,研究磷酸三聚氰胺复配硼酸锌阻燃剂,对 MDF 燃烧性能的影响,为木质材料抑烟剂品种的选择、用量的确定提供依据,为低成本、低吸湿性木质材料阻燃剂的研制提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

- 1) 木纤维:由山东某企业提供,为杨木、果树杂木等热磨而成,含水率 7%~8%;
- 2) 脲醛树脂(UF)胶黏剂:由北京某化工有限公司提供;
- 3) 阻燃剂:
 - ① 磷酸三聚氰胺(MP)阻燃剂为白色晶状粉末,粒径小于 50 μm,由合肥某化工研究所提供;
 - ② 硼酸锌(ZB)为白色粉末,粒径 3~5 μm,由淄博某公司提供。

1.2 方法

1.2.1 板材制备

设定板材的密度为 0.7 g/cm³,厚度为 12 mm,幅面为 20 cm×20 cm。
将木纤维置于搅拌器中,用喷枪施胶,施胶量以 180 kg/m³ 计(固体含量为 50%)。
MP 和 ZB 两种阻燃剂按 3 种比例复配,即 m (MP): m (ZB)=1 : 0,3 : 1,1 : 1,混合均匀后撒入纤维中;阻燃剂质量与木纤维的绝干质量之比为 16%。

预压成坯后,进行热压成型。
热压工艺参数为:温度 160 ℃、时间 8 min、压力 2~3 MPa。

1.2.2 性能检测

采用锥形量热仪,参考 GB/T 16172-2007《建筑材料热释放速率试验方法》进行燃烧试验。试件幅面

10 cm×10 cm、厚度 10 mm;热辐射功率设定为 50 kW/m²,测试时间为 600 s,从热释放和烟气释放两方面进行测评。

相关燃烧性能参数为:

1) 热释放类性能

① 热释放速率(Heat release rate, HRR),是指在预设的辐射强度下,材料点燃后,其单位面积上的放热速率,kW/m²。

HRR 值越大,表明材料在火灾中的危害越大,是最重要的燃烧性能指标。热释放速率的最大值即热释放速率峰值(pkHRR)。

② 总热释放量(Total heat release, THR),是指在预定的热辐射强度下,材料从点燃到火焰熄灭阶段,所释放的热量总和,MJ/m²。

2) 烟气释放类性能

① 生烟速率(Smoke production rate, SPR),定义为 $SPR=MLR\times SEA, m^2/s$ 。

式中:

MLR 为质量损失速率,是指试样燃烧时,其质量随时间的变化率,g/s;

SEA 为比消光面积,是指管道尾气的消光体积与试样质量损失速率之比, m²/kg。

② 生烟总量(Total smoke production, TSP),为单位样品面积燃烧时的累积生烟总量,m²。

生烟速率与生烟总量越大,则材料的火灾烟雾危险性越大。

③ CO 生成速率(Carbon monoxide production rate, COP),表示材料燃烧产生 CO 的速率,g/s。COP 用以评估材料燃烧的完全程度以及烟气毒性。

④ CO₂ 生成速率(Carbon dioxide production rate, CO₂P),表示材料燃烧过程中产生 CO₂ 气体的速率,g/s。

2 结果与分析

试件的燃烧性能测试结果列于表 1。

表 1 锥形量热仪测试结果
Tab. 1 Cone calorimeter test results on MDF samples

试件号	阻燃剂比例/%		HRR/kW·m ⁻²			pkHRR		THR/MJ·m ⁻²		TSP/m ²
	MP	ZB	60 s	180 s	360 s	测试值/kW·m ⁻²	t/s	300 s	600 s	
1	0	0	123	96	107	237	375	26	53	1.49
2	1	0	118	89	92	154	35	24	44	0.29
3	3	1	112	87	77	154	35	21	42	0.18
4	1	1	110	84	75	152	35	21	41	0.14

2.1 热释放类燃烧性能(HRR、THR)

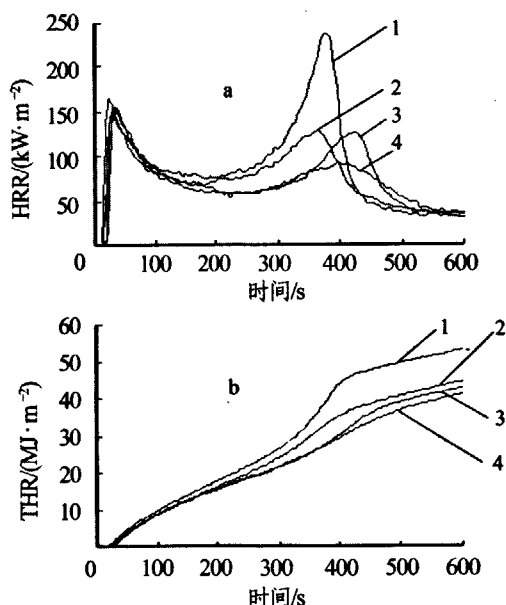
通常木质材料的 HRR 曲线存在两个峰值,如图 1 所示。第一个 HRR 峰值出现在材料被高压电弧引燃后不久,主要是由于木材受热分解后,生成的气态可燃物在试件表面上方有焰燃烧放热引起。第二个 HRR 峰值则出现在材料的有焰燃烧结束后,主要由纤维素热解残炭在高温下进行无焰燃烧时,大量释放热量引起,其值高于第一个 HRR 峰值。

由图 1a 可知,添加复配阻燃剂,对试件的第一个 HRR 峰值的大小基本无影响,试件的第一个 HRR 峰值位于 $150 \sim 165 \text{ kW/m}^2$ 之间。

复配阻燃剂大幅降低了试件的第二个 HRR 峰值,添加 MP 可提前第二个峰的出现时间,ZB 则延迟第二个峰的出现时间。这是由于 MP 遇热分解产生焦磷酸等强酸物质,对纤维素材料具有低温催化成炭作用,使其在较低的温度下较早期地开始脱水,生成更多木炭;而 ZB 可能有增加炭化层热稳定性的作用。

随着复配阻燃剂中 ZB 比例的提高,MDF 试件的第二个 HRR 峰值依次降低;当 MP 和 ZB 以等质量复配时,试件的 HRR 值最低。

由图 1b 可知,复配阻燃剂降低了 MDF 试件的 THR。随着 ZB 比例的提高,试件的 THR 逐渐降低;当 MP 和 ZB 以等质量复配时,降低试件燃烧释热的效果较明显。



注: 复配阻燃剂比例为 $m(\text{MP}):m(\text{ZB})$:
1—0:0; 2—1:0; 3—3:1; 4—1:1。下同。

图 1 热释放速率、总热释放量随时间的变化曲线

Fig. 1 HRR and THR vs. time curves

2.2 烟气释放类燃烧性能

2.2.1 生烟速率(SPR)和生烟总量(TSP)

如图 2a 所示,未经阻燃处理的对照试件,其 SPR 曲线在试验初期以及 400 s 处有两处峰值,尤其是第二处峰值很高。这主要是由于材料进入无焰燃烧阶段后,热解产物燃烧不完全,生成大量固体颗粒,随气流进入气相引起。

添加复配阻燃剂后,试件的 SPR、TSP 均处于较低的水平。这是因为 MP 对纤维素材料具有低温催化成炭的作用,使其在热解时更多地转化成木炭和水,少量生成焦油等可燃性挥发物;同时,在试样表面形成炭层,阻隔烟尘逸出进入气相。

随着 ZB 比例的提高,试件的 TSP 逐渐降低;当 MP 和 ZB 以等质量复配时,其处理试件的抑烟效果最优。

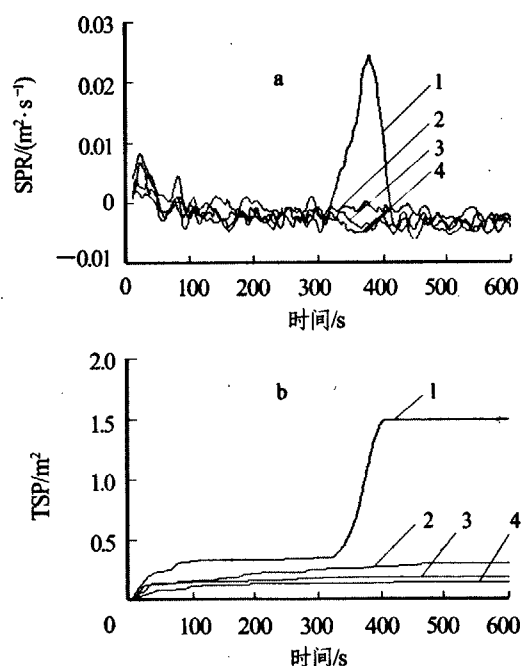


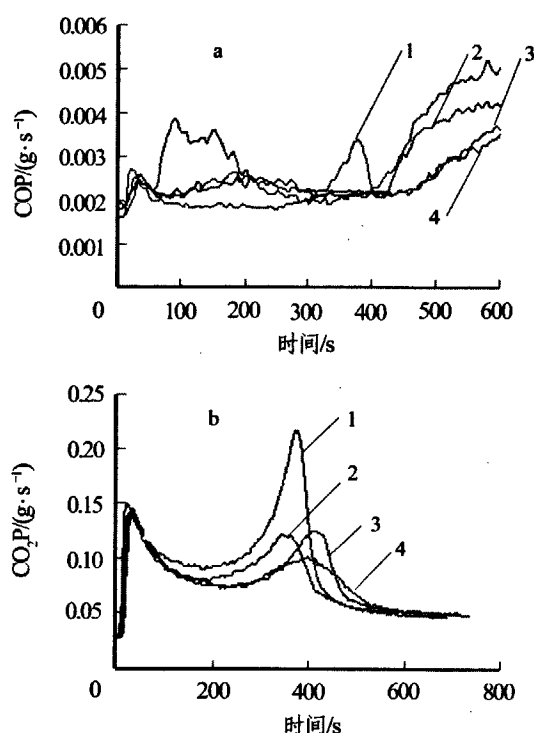
图 2 生烟速率、生烟总量随时间的变化曲线

Fig. 2 SPR and TSP vs. time curves

2.2.2 CO、CO₂ 生成速率

如图 3a 所示,在试验初期以及 400 s 处,未处理对照试件的 COP 曲线有两处峰值,尤其是 400 s 时的峰值较高,这也是由于材料在无焰燃烧阶段的不充分燃烧所引起。

添加复配阻燃剂,使试件 COP 曲线的第二个峰值消失。但单独添加 MP,会引起试件 COP 在 100 ~ 200 s 间突然增大;复配 ZB 后,可避免此现象产生,表明 ZB 可以抑制 CO 的生成。

图3 CO、CO₂生成速率-时间曲线Fig. 3 CO and CO₂ production rate vs. time curves

如图3b所示,试件的CO₂P曲线亦有两处峰值,第一处峰值位于测试初期,第二处峰值位于试样燃烧熄灭前。

试件的CO₂P曲线与其HRR曲线较为接近,与锥形量热法基于氧消耗的测试原理有关。纤维素材料燃烧最终产物为CO₂,其产量与氧消耗量有对应关系,而热释放量亦对应于氧消耗量。添加复配阻燃剂对试件的第一个CO₂P峰值影响不大,但大幅降低了第二个CO₂P峰值。

随着ZB比例的提高,试件的最大CO₂P依次降低;当MP和ZB以等质量复配时,复配阻燃剂可显著降低CO、CO₂的释放。

3 结论

1) 磷酸三聚氰胺复配硼酸锌用于处理MDF,可有效地提高MDF试件的阻燃抑烟性能,降低其热释放速率、总热释放量,产烟速率、总产烟量、CO及CO₂生成速率。

2) 随着复配阻燃剂中ZB比例的提高,MDF试件的阻燃抑烟性能改善;本试验范围内,当MP和ZB以等质量复配时,阻燃抑烟综合效果最优。

参考文献:

- [1] 陈志林, Cai Z, Winandy JE, 等. 美国阻燃人造板研究现状与应用[J]. 中国人造板, 2009, 16(4): 6-10.
- [2] 苏达根, 区翠花, 钟明峰, 等. 纳米硼酸锌的制备及对木材阻燃性能影响研究[J]. 贵州工业大学学报: 自然科学版, 2008, 37(3): 61-64.
- [3] 金菊婉, 董诗文, 李燕民, 等. 硼酸锌防腐处理对杨木定向刨花板性能的影响[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2009(5): 81-85.
- [4] 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.
- [5] 王奉强, 王清文, 张志军, 等. 锥形量热法研究FRW系列阻燃剂的抑烟性能[J]. 2011, 25(3): 11-14.
- [6] 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, 29(9): 815-816.
- [7] 纪磊, 陈志林, 傅峰. 磷酸三聚氰胺阻燃中密度纤维板燃烧性能[J]. 消防科学与技术, 2010, 29(4): 279-281.
- [8] 纪磊, 陈志林, 傅峰. 一种阻燃剂及其制备方法和利用阻燃剂制备人造板的方法[P]. 中国: CN 101892020 A, 2010.

(责任编辑 向琴)

会展资讯

工程木产品应用-技术研讨会

为了促进国内工程木产业的发展,加强我国工程木生产制造和应用企业,与国际工程木企业间的交流,全国木材标准化技术委员会结构用木材分技术委员会(SAC/TC41/SC4)和美国工程木协会(APA),将组织主题为“工程木产品的应用”的技术研讨会。

会议定于2011年9月26日,在北京远通维景国际大酒店(远通盛宴厅,010-66026688)举办。届时将邀请APA国际部主任Charlie Barnes先生、SAC/TC41/SC4委员会秘书长周海宾先生、美国针叶材出

口联盟中国办公室首席代表兼技术总监许方先生等专家,就美国和中国工程木产业现状、中国工程木相关法规和标准等主题,发表演讲。

会议不收取会务费,将向参会者免费提供工程木产品应用资料。有意参会者,请于9月22日前联系:

全国木材标准化技术委员会结构用木材分技术委员会 徐先生

电话: 010-62888978, 13581874408

Email: mjgbw@caf.ac.cn; mjgbw_001@163.com