

桉木阻燃胶合板胶合强度及润湿性研究

韦鹏练,秦志永,符韵林,李英健*

(广西大学 林学院,广西 南宁 530004)

摘要:以磷酸氢二铵(DAP)和氢氧化铝(ATH)为阻燃剂,采用不同的配比和不同的浸渍处理工艺制备系列桉木阻燃胶合板,探讨了DAP协同ATH阻燃剂对桉木阻燃胶合板胶合强度和润湿性的影响。结果表明,阻燃处理方式不同,(DAP)与(ATH)的协同效果也不同。采用单板浸渍的处理方式,DAP与ATH协同作用对胶合板胶合强度起到减弱的效果;而采用成板浸渍处理,二者的协同作用明显提高了胶合板的胶合强度。ATH与DAP协同作用提高了桉木单板表面的润湿性,但其效果不如单独使用DAP时明显。

关键词:胶合板;磷酸氢二铵;氢氧化铝;胶合强度;接触角

中图分类号:S781.65 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)04-0244-04

Bonding Strength and Wettability of Eucalyptus Flame-retardant Plywood

WEI Peng-lian, QIN Zhi-yong, FU Yun-lin, LI Ying-jian*

(Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China)

Abstract: Diammonium phosphate (DAP) and aluminum hydroxide (ATH) were used as flame retardants. Different proportions of DAP and ATH and impregnating durations were tested while making eucalyptus plywood. Effects of DAP and ATH on bonding strength and wettability of the plywood were examined. The results showed that synergistic effect of DAP and ATH was different when flame retarding treatment was finished in different ways. In the case of board impregnation, synergistic effect of DAP and ATH improved the bonding strength of plywood, while for veneer impregnation, it had a negative effect on the bonding strength of the plywood. DAP and ATH treatment improved the wettability of veneers, but the effect was not obvious when treated with ATH alone.

Key words: plywood; diammonium phosphate; aluminum hydroxide; bonding strength; contact angle

桉树是我国南方重点发展的造林树种和用材树种,造林面积在我国十大人工林树种中排名第3位^[1]。胶合板生产是桉树木材加工利用的主要方向^[2]。据统计,2013年我国胶合板产量达13 725.19万m³,其中桉木胶合板占到了20%^[3-4]。桉树已经成为我国胶合板生产的重要原料来源。但是目前我国桉木胶合板的发展还处于初级阶段,产品多为普通胶合板,产品类型少,附加值较低。桉树种植和加工产业的进一步发展,还需开发具有特殊用途的产品,以扩大桉木胶合板的应用范围。阻燃处理是

提高桉木胶合板产品附加值的有效途径,市场对阻燃木制品的需求在不断增加,普通胶合板在装饰装修领域的应用也会受到越来越多的限制。因此,桉木胶合板阻燃处理也是发展方向。目前,桉木胶合板阻燃处理研究还比较薄弱,研究报道较少^[5-6],研究数量和层次远不如另外一个重要的板种—杨木胶合板^[7-9]。这与桉木胶合板的快速发展是不相适应的。

阻燃剂是阻燃处理的关键,可分为无机型和有机型2大类。无机阻燃剂无毒、对设备腐蚀性小,在环保方面具有明显优势,并且来源广、价格低廉,因

收稿日期:2016-10-31 修回日期:2017-02-18

基金项目:广西南宁市科技项目“环保阻燃胶合板的研制”(20145198)。

作者简介:韦鹏练,男,讲师,研究方向:木材材料与加工利用。E-mail:ztzxwpl@163.com

*通信作者:李英健,男,高级工程师,研究方向:木材加工技术。E-mail:1281961142@qq.com

而得到广泛应用。试验选择具有代表性的无机阻燃剂磷酸氢二铵和氢氧化铝作为阻燃剂,其中磷酸氢二铵是一种氮-磷化合物,阻燃效率高^[10];氢氧化铝是世界上用量最大的环保型无机阻燃剂,具有填充、阻燃、消烟3大功能^[11]。这2种阻燃剂在生产上应用较广,研究也较多,但研究主要针对它们各自与其他类型阻燃剂复配使用的阻燃效果,对二者的协同作用研究尚未见有报道。本试验选取磷酸氢二铵和氢氧化铝作为阻燃剂,采用单板浸渍和成板浸渍2种不同的浸渍方式,试制系列阻燃桉木胶合板,探讨磷酸氢二铵与氢氧化铝协同作用对阻燃桉木胶合板胶合强度和桉木单板润湿性的影响,为阻燃桉木胶合板的生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

胶粘剂:三聚氰胺改性脲醛树脂(MUF),自制;固化剂:氯化铵,分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;填充剂:面粉,食用级,市售;阻燃剂:纳米氢氧化铝,磷酸氢二铵(DAP),纯度>99%,天津博迪化工股份有限公司;桉木单板(1.5 mm×425 mm×425 mm),含水率8%~12%,广西磨氏人造板公司提供。

1.2 方法

1.2.1 阻燃处理 采用2种方式进行阻燃处理。一种是单板浸渍,将桉木单板浸渍于不同阻燃剂浓度的溶液中,常温常压下浸渍24 h后取出,干燥至平衡含水率。另一种是将成品胶合板锯成标准试件,浸渍于不同阻燃剂浓度的溶液中,常温常压下浸渍24 h后取出,干燥至平衡含水率。

1.2.2 胶合板压制 将自制的三聚氰胺改性尿醛树脂、氯化铵和面粉按照100:1:20的比例混合,均匀涂布在单板表面,施胶量为166 g·m⁻²,在热压温度125℃,热压压力1.2~1.5 MPa,热压时间9.5 min的条件下压制胶合板。

1.2.3 胶合强度检测 按照GB/T 17657-1999标准对阻燃胶合板的胶合强度进行检测。将试件浸没于(63±3)℃恒温水浴锅中,3 h后取出,冷却10 min后在万能力学试验机上进行测试。重复测12个试样。

1.2.4 接触角检测 采用德国KRÜSS接触角测量仪,在恒温(18±2)℃、环境湿度(30±2)%的条件下对单板浸泡前后蒸馏水在其表面上的接触角进行测量,测试液滴的体积为5 μL。将液滴滴下的过程录制成视频,用KRÜSS软件进行数据处理,求出接触角,每组试验选3块试件进行测试,取平均值。

2 结果与分析

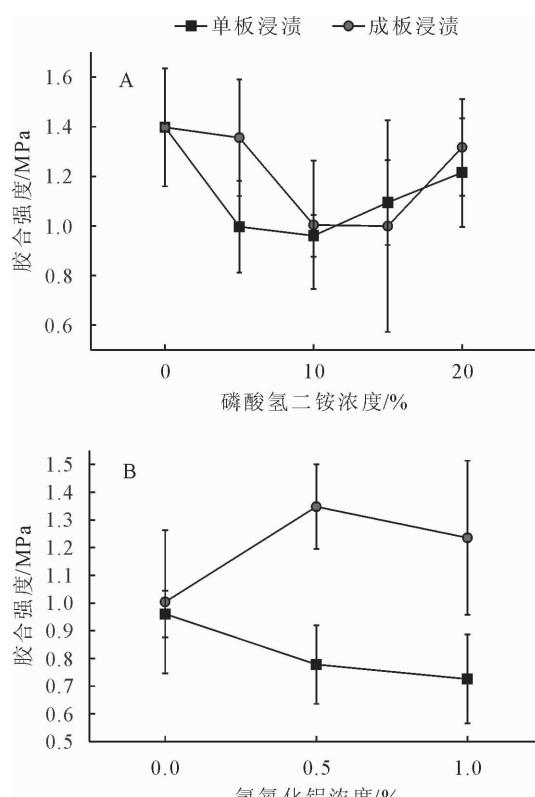
2.1 磷酸氢二铵协同氢氧化铝作用对胶合板胶合强度的影响

不同阻燃剂浓度及不同阻燃处理方式对胶合板胶合强度的影响见图1,图1A为单独采用磷酸氢二铵进行阻燃处理时,其浓度变化对胶合板胶合强度的影响。由图1A可知,与未经阻燃处理的胶合板相比,经DAP溶液浸渍处理后,不论哪种处理方式,胶合强度都出现不同程度的降低;从曲线的变化来看,采用DAP进行阻燃处理,单板浸渍和成板浸渍2种处理方式的胶合强度变化规律是相似的,随DAP溶液浓度的升高,胶合强度呈现先降低后增大的变化趋势。当DAP溶液的浓度为10%时,单板浸渍和成板浸渍所获得的胶合强度均为最低值,但都在0.7 MPa以上,符合Ⅱ类胶合板的要求。为了考察DAP与氢氧化铝协同作用对胶合板胶合强度的影响,在DAP浓度为10%的情况下,加入不同比例的氢氧化铝,其结果见图1B。从图1B中发现,加入氢氧化铝后,处理方式不同,胶合强度的变化也不同。就单板浸渍而言,添加氢氧化铝后,其胶合强度反而降低了,并未产生正面的协同效应。而采用成板浸渍处理则不同,加入氢氧化铝后,胶合板胶合强度明显提高了,在氢氧化铝添加量为0.5%的情况下,胶合强度达到1.35 MPa,接近未经阻燃处理胶合板的强度值,说明DAP和氢氧化铝起到了很好的协同作用。

2.2 氮磷协同氢氧化铝作用对单板润湿性的影响

润湿性是木质材料的一项重要性质,通常以液滴在其表面上接触时接触角的大小来表示。接触角越大,表明木材的表面润湿性越差。不同阻燃处理对桉木单板润湿性的影响见图2,可以看出,未经阻燃处理的单板,其接触角的变化与其他经过阻燃处理的单板之间存在显著的区别,反映在它的初始接触角较大,接触角随时间减小的速度和幅度都较小,40 s后的接触角仍然在120°以上,表明润湿性较小。而经过阻燃处理的单板,初始接触角都在100°以下,明显<未处理材,并且接触角随时间减小的速度和幅度都很大,特别在前5 s,各组阻燃处理的接触角都迅速减小,减小的幅度在37%~67%之间,明显>未处理单板(前5 s接触角减小幅度大约为1.7%);各阻燃处理单板40 s以后的接触角也明显<未处理单板,都在60°以下,大约为未处理单板的1/2。从初始接触角及其随时间的变化来看,阻燃处理提高了单板的润湿性,但不同阻燃处理对单板润湿性的影响还有差别。在单独使用5%、10%、15%

和 20% 4 种 DAP 浓度进行浸渍处理时, 10% 浓度值的接触角初始值最小, 随时间减小的速度最快, 其次是 20% 浓度值。5% 和 15% 浓度值的接触角变化相似, 初始值和稳定值均高于 10% 和 20% 浓度值。添加了氢氧化铝之后, 单板接触角减小的速度和幅度都较单纯使用 DAP 进行阻燃处理的小, 说明添加氢氧化铝后, 单板润湿性提高的程度减小了。



注:A. 单独使用 DAP 阻燃处理对胶合强度的影响, B. DAP 浓度为 10% 条件下, ATH 添加量对胶合强度的影响。

图 1 DAP 协同 ATH 作用对胶合板胶合强度的影响

Fig. 1 Synergistic effect of DAP and ATH on the strength of the plywood

----10%DAP+0.5%AlOH ----10%DAP+1%AlOH5%DAP
---10%DAP ——15%DAP ——20%DAP -·未处理

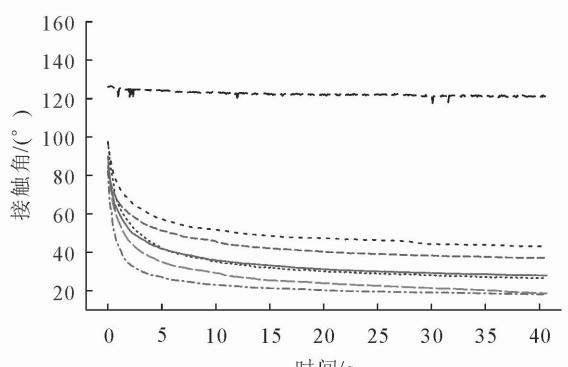


图 2 不同阻燃处理单板接触角随时间的变化

Fig. 2 Changes of the contact angles of the plywood treated by different flame retardants

3 结论与讨论

采用单板浸渍处理, 磷酸氢二铵与氢氧化铝的协同作用并没有增强胶合板的胶合强度, 反而使其降低了; 而采用成板浸渍处理时, 二者的协同作用对胶合板的胶合强度起到了明显的提升效果。在磷酸氢二铵用量为 10%、氢氧化铝用量为 0.5% 的条件下, 采用成板浸渍处理所获得的胶合强度接近未阻燃胶合板的胶合强度。

采用氢氧化铝与磷酸氢二铵对桉木单板进行浸渍处理, 可以提高桉木单板表面的润湿性, 但是提高的效果不如单独使用磷酸氢二铵时明显。

木材的阻燃处理, 通常将现有较好的阻燃剂进行复配, 利用阻燃剂之间的协同作用来达到降低阻燃剂用量、提高阻燃效果的目的。磷酸氢二铵和氢氧化铝都是常用的木材阻燃剂, 其中磷酸氢二铵是一种磷-氮化合物, 具有烟密度小, 毒性低, 阻燃效率高等优点^[12-13]; 氢氧化铝不仅可以阻燃, 而且能有效抑制发烟, 无毒、不挥发, 被誉为无公害阻燃剂^[14]。通过试验发现, 单独使用磷酸氢二铵浸渍能明显改善桉木单板表面的润湿性, 改善程度随处理浓度的不同而略有变化。单板表面润湿性的提高, 可以改善胶粘剂在单板表面的渗透和扩散, 但当单板润湿性的提高超过一定程度时也会使胶粘剂渗透入单板的量增加, 增加胶粘剂用量, 还会影响胶合质量。这一点从胶合强度的变化也反映出来(图 1), 在用量 <10% 的情况下, 随着磷酸氢二铵浓度的提高, 胶合强度呈现下降的趋势。添加氢氧化铝后, 桉木单板润湿性的提高程度有所降低, 说明二者共同影响了桉木单板的润湿性, 可以调节二者比例来使单板表面的润湿性处于合适状态。磷酸氢二铵与氢氧化铝的协同作用对阻燃桉木胶合板胶合强度的影响随着阻燃处理方式的不同而有所不同。当采用单板浸渍处理时, 二者的协同作用对胶合强度起减弱的作用, 而采用成板浸渍处理时, 其协同作用对胶合强度则起到明显的提升作用。这种情况的出现与 2 种阻燃处理时阻燃剂的添加顺序不同有很大关系。添加阻燃剂会对胶粘剂的固化产生不利影响, 从而降低胶合板的胶合强度, 这已经在许多学者的研究中得到证实^[15-18]。阻燃剂添加顺序不同, 对胶层的影响程度也不同。采用单板浸渍阻燃, 阻燃剂在单板施胶和板坯热压前添加, 直接对胶粘剂的固化过程产生影响。随着阻燃剂浓度的提高, 阻燃剂进入单板内部的量和进入的深度都会有所提高, 从而也会加大对胶粘剂固化和板材胶合性能的影响程度; 而采用成板浸渍阻燃, 阻燃剂则是在施胶、组坯及热压等

工序都完成后添加的,阻燃剂的加入对胶粘剂固化过程没有影响,只对其固化后形成的胶层产生影响。相比单板浸渍而言,成板浸渍时阻燃剂进入板材内部的量要少,进入深度也小,相当于只对胶合板的表层进行了阻燃处理,对胶合板内部胶层没有影响,因此对板材胶合强度的影响也就相对小些。所以从阻燃方式来说,成板浸渍对胶合板胶合强度的影响较小,但是阻燃效果如何还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 李奇,朱建华,冯源,等.中国主要人工林碳储量与固碳能力[J].西北林学院学报,2016,31(4):1-6.
LI Q,ZHU J H,FENG Y,*et al.* Carbon stocks and carbon sequestration capacity of the main plantations in China[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31 (4): 1-6. (in Chinese)
- [2] 裴安道.广西单板生产之思考[J].中国人造板,2014,21(6):1-2.
- [3] 陈天全,毛秋芳,揭昌亮,等.我国胶合板发展情况与产量统计刍议[J].中国人造板,2013,20(8):5-8.
- [4] 胡延杰.胶合板产业发展现状和原料供应情况调查[J].国际木业,2015(5):1-5.
- [5] 胡拉,陈志林,詹满军.阻燃桉树胶合板的初步研究[J].桉树科技,2011,28(2):10-15.
HU L,CHEN Z L,ZHAN M J. Preliminary study on fire-retardant-treated plywood[J]. Eucalypt Science and Technology, 2011,28(2):10-15. (in Chinese)
- [6] 胡拉,陈志林,傅峰.桉木与杨木阻燃胶合板的性能对比分析[J].木材工业,2015,29(3):43-46.
HU L,CHEN Z L,FU F. Comparison analysis on properties of fire-retardant plywood made with *Eucalyptus* and poplar wood[J]. China Wood Industry, 2015,29(3):43-46. (in Chinese)
- [7] 步琦璟,刘迎涛,成真,等.FRW阻燃剂处理饰面炭化杨木单板阻燃性能研究[J].西南林业大学学报,2015(3):97-101.
BU Q J,LIU Y T,CHENG Z,*et al.* Study on the fire-retarding properties of FRW fire-retardant carbonized poplar veneer[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2015(3):97-101. (in Chinese)
- [8] 史小姐,杨创创,刘华群,等.杨木胶合板阻燃性能研究[J].陝西林业科技,2014(6):14-15.
- [9] 王晓倩,于志明,张扬,等.速生杨木单板染色阻燃性能研究[J].西北林学院学报,2016,31(5):276-280.
WANG X Q,YU Z M,ZHANG Y,*et al.* Dyeing and flame retardant properties of poplar veneer[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016,31(5):276-280. (in Chinese)
- [10] 王琮琮,钱俊,林鹏,等.磷酸氢二铵复配硼酸锌处理麦秆纤维板的阻燃性能[J].林产工业,2016,43(11):50-52.
WANG C C,QIAN J,LIN P,*et al.* Fire resistance of wheat straw fiberboard treated by diammonium hydrogen phosphate and zinc borate[J]. China Forest Products Industry, 2016,43 (11):50-52. (in Chinese)
- [11] 黄东,南海,吴鹤.氢氧化铝的阻燃性质与应用研究[J].材料开发与应用,2004,19(3):33-37.
HUANG D,NAN H,WU H. Flame retardancy property and application of Al(OH)₃[J]. Development and Application of Materials, 2004,19(3):33-37. (in Chinese)
- [12] 李冰,钱少平,赵佳美,等.磷酸氢二铵处理五节芒茎秆板的阻燃性能[J].木材工业,2012,26(4):49-52.
LI B,QIAN S P,ZHAO J M,*et al.* Fire resistance of *Miscanthus floridulus* straw stalk boards treated by diammonium hydrogen phosphate[J]. China Wood Industry, 2012,26 (4):49-52. (in Chinese)
- [13] 许晶晶,郝惠军,肖卫东.无卤含磷阻燃剂对箱纸板的阻燃作用[J].中国造纸,2006,25(8):18-19.
XU J J,HAO H J,XIAO W D. Comparison of some phosphorus-containing flame retardants[J]. China Pulp and Paper, 2006,25(8):18-19. (in Chinese)
- [14] 嘎力巴,刘姝,王鲁英,等.木材阻燃研究及发展趋势[J].化学与黏合,2012,35(4):68-71.
GA L B,LIU S,WANG L Y,*et al.* Research on wood flame-retardant and development trend[J]. Chemistry and Adhesion, 2012,35(4):68-71. (in Chinese)
- [15] 龚迎春,殷志伟,李晓平,等.不同阻燃剂对胶合板胶合强度和燃烧性能影响[J].林业科技开发,2014,28(2):99-101.
GONG Y C,YIN Z W,LI X P,*et al.* Effects of flame retardants on bonding strength and combustion performance of plywood[J]. China Forestry Science and Technology, 2014, 28 (2):99-101. (in Chinese)
- [16] CHENG R X,WANG Q W. The influence of FRW-1 fire retardant treatment on the bonding of plywood[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2011,25(14):1715-1724.
- [17] 张建,李琴,汪奎宏,等.不同阻燃处理方式对胶合板性能影响的研究[J].建材技术与应用,2010(10):1-4.
ZHANG J,LI Q,WANG K H,*et al.* Influences of different fire retardant treatment on performance of plywood[J]. Research and application of building materials, 2010 (10): 1-4. (in Chinese)
- [18] 李良,徐忠勇.阻燃剂对竹/木复合材物理力学性能的影响[J].内蒙古林业调查设计,2008,31(6):96-97.