

浸胶工艺对竹材加工剩余物制备重组复合板性能影响的研究

贺磊¹, 黄慧¹, 王玉^{1*}, 付凡², 王小东¹

(1. 江西省林业科学院 林产工业研究所 江西 南昌 330032; 2. 江西农业大学 江西 南昌 330045)

摘要: 采用正交实验法, 研究浸胶工艺对竹材加工剩余物制备重组复合板性能的影响。研究表明: 胶液浓度对试验结果的影响最为显著, 其次是浸胶时间, 而胶水改性剂用量对试验结果的影响不明显; 综合考虑产品成本及生产效率, 确定最佳浸胶工艺为胶液质量分数 30%、浸胶时间 30 min、胶水改性剂添加量质量分数 10%; 由此工艺压制的板材, 其性能能够满足汽车车厢底板及混凝土模板的要求, 应用前景非常广阔。

关键词: 正交实验法; 浸胶工艺; 竹材加工剩余物; 复合板材

中图分类号: S781.9; TQ351 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)04-0778-05

Influence of Dipping Process on the Performance of Recombined Composite Plate Prepared with Bamboo Surplus

HE Lei¹, HUANG Hui¹, WANG Yu^{1*}, FU Fan², WANG Xiao-dong¹

(1. Forestry Institute of Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, China; 2. JAU, Nanchang 330045, China)

Abstract: This paper deals with the influence of dipping process on the performance of recombined composite plate prepared with bamboo surplus material by means of orthogonal test. The results showed that the adhesive's concentration has the most influential effect, the following is dipping time, the addition amount of adhesive modifier has little effect. Considering the product quality and the producing cost, the optimum dipping process is adhesive's concentration 30%, dipping time 30 min, the addition amount of adhesive modifier 10%. The performance of plate prepared by this process can satisfy the requests of bus floor and concrete form board and has a wide application prospect.

Key words: orthogonal test; dipping process; bamboo surplus material; recombined composite plate

中国有竹类植物 40 多属, 500 余种, 竹林面积 421 万 hm^2 (其中经济利用价值较高的毛竹林面积 280 万 hm^2), 占全国森林面积的 2.8%; 每年可砍伐毛竹近 6 亿根、杂竹 300 多万 t, 相当于 1 000 余万 m^3 木材, 约占中国年木材采伐量的 1/5 以上^[1]。近 20 年来全国的竹林面积每年以 5 万 hm^2 的速度递增, 竹林培育、竹材材性与加工利用的科学研究有了突破性进展。

近年来, 竹地板、竹材胶合板、竹编胶合板、竹材层积板、竹木复合材料等竹材人造板发展势头良好。然而在生产这类竹材人造板的同时, 也会产生大量的竹材加工剩余物。根据笔者调查, 以江西省为例,

收稿日期: 2010-01-21 修回日期: 2010-06-22

基金项目: 江西省财政厅重大专项(200601)

作者简介: 贺磊(1984-) 男, 硕士, 主要从事木材加工与木材胶粘剂的研究, E-mail: helei19842003@yahoo.com.cn;

* 通讯作者: 王玉, 高级工程师, 主要从事林木产品应用及林产化工方面的研究, E-mail: yuwang39@163.com。

生产各类竹胶合板、竹地板、竹筷及竹制品,每年需要消耗竹材4 000多万根,每年产生的竹材加工剩余物20多万t。目前,竹材加工剩余物主要作为燃料使用,利用其制备复合板的研究不是很多,主要原因是竹材剩余物竹青和竹黄的处理有难度,影响了胶合,其性能达不到相关标准的要求。本研究一方面通过对浸胶工艺进行调整,在浸胶过程中加入胶水改性剂,增加了酚醛树脂胶的渗透性;另一方面对竹材加工剩余物进行机械束解处理,破坏竹青和竹黄,从而提高板材的胶合性能。因此,通过本课题的研究,对合理开发利用该部分资源,提高竹材加工利用率,振兴广大竹产区经济,扩大竹产品原料来源,促进竹产业健康持续发展具有重要意义。

1 试验材料与方法

1.1 主要原材料

毛竹竹拉丝,取自江西抚州,竹拉丝含水率12%;竹席,取自江西奉新,竹席厚度为1.2 mm;酚醛树脂胶粘剂,取自江西奉新,固含量为41.32%,使用时稀释至质量分数为30%;胶水改性剂,取自南昌化工市场。

1.2 主要仪器设备

铁框模具(460 mm×460 mm×15.5 mm),南昌齿轮厂定制;101-2型电热鼓风干燥箱,上海实验仪器厂有限公司;Y33-800KN型平板硫化机,萍乡市华科机械实业有限公司;WZ-180SP型智能化恒温浴锅,上海申生科技有限公司;微型控制电子式人造板万能力学试验机,济南瑞普机电技术有限公司。

1.3 试验方法

根据前期探索性实验,竹材加工剩余物制备的定向重组复合板的关键技术在于竹拉丝的浸渍。在浸渍实验中,选取胶液浓度(a)、浸胶时间(b)和胶水改性剂(c)为3个影响因素,采用三因素三水平的正交试验(表1)。

表1 浸渍实验正交因素与水平

Tab.1 Factor and level of orthogonal test for dipping experiment

水平 Level	胶液浓度(a) / % Adhesive consistence	浸胶时间(b) / min Dipping time	胶水改性剂(c) / % Adhesive modifier
1	20	30	5
2	30	60	10
3	40	90	15

1.4 工艺流程

试验采用的工艺流程为:竹拉丝→分选→截断→干燥→浸胶→干燥→组坯→热压→裁边→检测^[3]。分选:从竹材加工剩余物竹拉丝中分选出长度适当的材料;截断:根据铁框模具的幅面尺寸,把分选的竹拉丝锯成长度为460 mm;干燥:在103℃的鼓风干燥箱内,把竹拉丝干燥至含水率为6%左右;浸胶:干燥后的竹拉丝放入配制好的水溶性酚醛树脂胶粘剂浸胶槽内,浸渍一段时间;干燥:把浸渍完的竹拉丝自然晾干后放入50℃的鼓风干燥箱内至含水率为10%左右;组坯:面底两层放入浸渍干燥后的竹席,中间层将浸胶干燥后的竹拉丝放入铁框模具上手工进行定向排列组坯;热压:组坯后的板坯连同模具一起放入热压机内,调整热压参数;裁边:热压结束后,压制的板材在48 h后进行裁边。

1.5 性能检测

压制的板材各项性能,包括弹性模量、静曲强度及沸水浸渍剥离率按照《汽车车厢底板用竹材胶合板》(LY/T 1055-2002)及《混凝土模板用竹材胶合板》(LY/T 1574-2000)的标准进行检测;其中沸水浸渍剥离率的检测方法是将试件放入沸水中煮4 h,之后再将其放入(63±3)℃的鼓风干燥箱内干燥20 h,再放入沸水中煮4 h,取出后在室温下冷却10 min后进行浸渍剥离的检测。

2 结果与分析

2.1 竹拉丝前期处理对板材性能的影响

实验中使用的竹拉丝材料存在竹青,由于其表面组织致密,酚醛树脂胶粘剂在其表面的润湿角较大,

且不容易渗透,很难形成足够的胶钉。因此,浸胶前对竹拉丝的处理尤为重要。借鉴纤维材料碾压机的工作原理,用足够的碾压力使得竹拉丝表面开裂,分散竹拉丝表面的竹青,且在碾压过程中部分竹青在摩擦的过程被去除,这对胶水的润湿及渗透起到促进作用,胶合强度也会得到提高。

2.2 浸渍工艺对板材性能的影响

实验选取胶液浓度(a)、浸胶时间(b)和胶水改性剂(c)为3个影响因素,采用三因素三水平的正交试验,在同一条件下热压,以板材的弹性模量及静曲强度为考核指标,检测结果与方差分析如表2、表3所示。

表 2 浸胶工艺对竹材加工剩余物定向重组复合板性能的影响正交分析

Tab. 2 Influence of dipping process on the performance of recombine composite plate prepared by bamboo surplus of orthogonal analytical

因素 Factor	胶液浓度(a) Adhesive consistence	浸胶时间(b) Dipping time	胶水改性剂(c) Adhesive modifier	检测结果 Test results	
				弹性模量 MOE	静曲强度 MOR
1	20	30	5	4 621.8	68.4
2	20	60	10	5 722.5	70.5
3	20	90	15	5 974.2	72.1
4	30	30	10	7 634.2	94.3
5	30	60	15	7 421.6	93.1
6	30	90	5	8 235.1	97.6
7	40	30	15	6 358.4	78.9
8	40	60	5	8 235.9	98.2
9	40	90	10	8 941.5	109.3
R_1	5 439.500	6 204.800	7 030.933		
R_2	7 763.633	7 126.667	7 432.733		
R_3	7 845.267	7 716.933	6 584.733		
极差	2 405.767	1 512.133	848.000		

表 3 浸胶工艺对竹材加工剩余物定向重组复合板性能的影响方差分析

Tab. 3 Influence of dipping process on the performance of recombine composite plate prepared by bamboo surplus of variance analytical

因素 Factor	偏差平方和 Square of deviance	自由度 Degree of freedom	F 比 F ratio	F 临界值 F critical - value	显著性 Significant
胶液浓度 Adhesive consistence	8 154 566.340	2	2.928	4.460	
浸胶时间 Dipping time	2 546 133.440	2	0.914	4.460	
胶水改性剂 Adhesive modifier	313 161.680	2	0.112	4.460	
误差 Error	11 141 574.40	8			

2.2.1 胶液浓度对板材弹性模量的影响 胶液浓度对板材弹性模量的影响如图 1 所示。由图 1、表 2 及表 3 可知,胶液浓度对板材弹性模量的影响较大,随着胶液浓度的增大,板材弹性模量增大。胶液浓度太低,在热压时由于水分太多,影响胶液的固化,且容易出现鼓泡;而浓度太高,则增大成本。因此,胶液的浓度要适当。

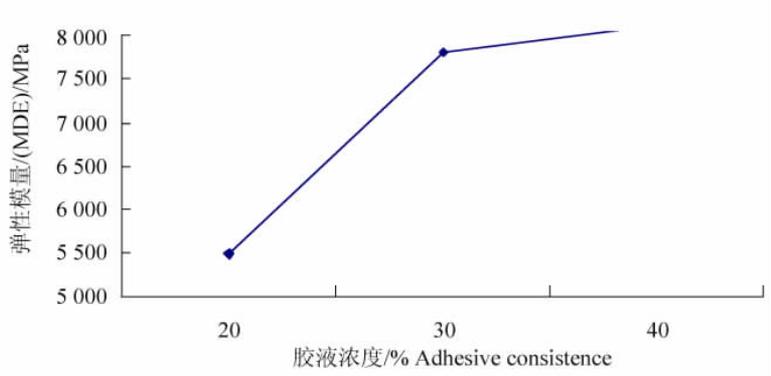


图 1 胶液浓度对板材弹性模量的影响

Fig. 1 Influence of recombine composite plate's MOE of adhesive consistence

2.2.2 浸胶时间对板材弹性模量的影响 浸胶时间对板材弹性模量的影响如图 2 所示。由图 2、表 2 及表 3 可知,浸胶时间对板材弹性模量的影响较大,随着浸胶时间的增大,板材弹性模量增大,但增大的幅度不大,考虑到生产的效率,浸胶时间要适当。

2.2.3 胶水改性剂加入量对板材弹性模量的影响 胶水改性剂加入量对板材弹性模量的影响如图 3 所示。由图 3、表 2 及表 3 可知,实验中用到的胶水改性剂是起渗透作用的,由于部分竹拉丝表面存在竹青,影响胶合,加入渗透剂后可使胶水渗入竹拉丝内,形成胶钉^[6],从而可提高胶合的强度;但渗透剂加入量过大,会导致竹拉丝表面缺胶,其胶合的性能会下降。

综上所述,通过正交实验分析及前期的单因素分析,3 个因素对试验结果的影响依次为胶液浓度 > 浸胶时间 > 胶水改性剂用量,即在实验范围内,胶液浓度对试验结果的影响最为显著;其次是浸胶时间,而胶水改性剂用量对试验结果的影响不明显。

虽然浸胶试验的最佳工艺是 $a_3b_3c_2$,但是综合考虑产品成本、生产效率及产品性能,选择 $a_2b_1c_2$ 的浸胶工艺更为适宜,即胶液质量分数为 30%、浸胶时间为 30 min、胶水改性剂添加量质量分数为 10%,在此浸胶工艺下压制的板材弹性模量为 7 634.2 MPa,静曲强度为 94.3 MPa 且沸水浸渍剥离率为 0%,能够满足《汽车车厢底板用竹材胶合板》(LY/T 1055 - 2002) 及《混凝土模板用竹材胶合板》(LY/T 1574 - 2000) 对板材性能的影响,具体情况如表 4 所示。

表 4 竹材加工剩余物定向重组复合板应用性能实测对比

Tab.4 Contrast with measured value and standard value of recombine composite plate's performance by bamboo surplus

测试项目 Test items	指标 Index	实测值 Measured value	测试标准 Text standard
弹性模量(MOE) /MPa	≥6 500	7 634.2	《汽车车厢底板用竹材胶合板》 (LY/T1055 - 2002)
静曲强度(MOR) /MPa	≥90	94.3	《混凝土模板用竹材胶合板》 (LY/T1574 - 2000)
沸水浸渍剥离率 /%	≤5	0	
Immersion - peel rate of boiling - water			

3 结 论

(1) 综合考虑产品成本及生产效率,确定竹材加工剩余物定向重组复合板的最佳浸胶工艺为: 胶液的质量分数为 30%、浸胶时间为 30 min、胶水改性剂的添加量质量分数为 10%。在此工艺条件下压制

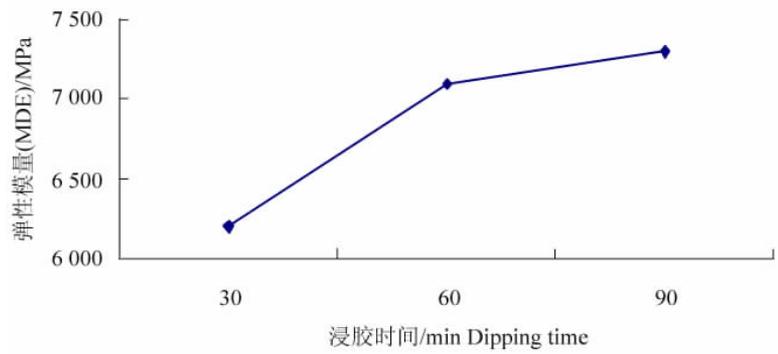


图 2 胶液时间对板材弹性模量的影响

Fig.2 Influence of recombine composite plate's MOE of dipping time

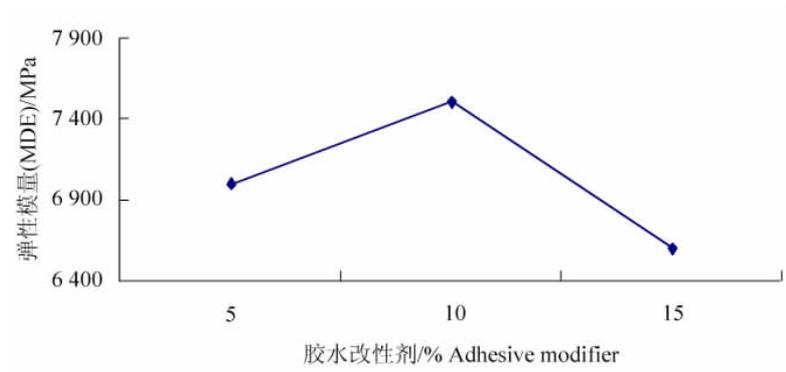


图 3 胶水改性剂对板材弹性模量的影响

Fig.3 Influence of recombine composite plate's MOE of adhesive modifier

的板材,其弹性模量为 7 634.2 MPa,静曲强度为 94.3 MPa,且沸水浸渍剥离率为 0%。

(2) 与竹材胶合板相比,使用竹材加工剩余物制备的定向重组复合板性能与其相近,但成本较低,充分利用了竹材加工剩余物,提高了竹材利用率,压制的板材能够满足汽车车厢底板及混凝土模板的性能要求,应用前景非常广阔。

(3) 实验中探索性研究了利用竹材加工剩余物制备的复合板材性能可以达到相关标准要求,但是推广到产业化应用上,竹材剩余物机械束解设备的开发及浸胶结束后竹材剩余物的定向铺装还需进一步研究。

参考文献:

- [1]张齐生. 竹类资源加工的特点及其利用途径的展望[J]. 中国林业 2004 26(1): 9-11.
 [2]于文吉,余养伦,周月,等. 小径竹重组结构材性能影响因子的研究[J]. 林产工业 2006 33(6): 24-28.
 [3]李琴,汪奎宏,华锡奇,等. 小径杂竹制造重组竹的试验研究[J]. 竹子研究汇刊 2002 21(3): 33-36.
 [4]朱一辛,饶文彬,关明杰,等. 木竹重组材研究进展及开发前景[J]. 林业科技开发 2003 17(6): 6-8.
 [5]叶良明,姜志宏,叶建华. 小径竹为原料的平行定向特制竹篾板的初步研究[J]. 木材工业 1993 10(2): 6-9.
 [6]顾继友. 胶粘剂与涂料[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 9-11.

(上接第 762 页)

- [4]Gadkar V, David Schwartz R, Kunik T, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi colonization: Factors involved in host recognition [J]. Plant Physiol 2001 127(4): 1493-1499.
 [5]Evelin H, Kapoor R, Giri B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: A review [J]. Ann Bot 2009 104(7): 1263-1280.
 [6]Murkute A A, Sharma S, Singh S K. Studies on salt stress tolerance of citrus rootstock genotypes with arbuscular mycorrhizal fungi [J]. Hort Sci (Prague) 2006 33(2): 70-76.
 [7]Graham J H, Syvertsen J P. Vesicular-arbuscular mycorrhizas increase chloride concentration in citrus seedlings [J]. New Phytol. 1989 113(1): 29-36.
 [8]Duke E R, Johnson C R, Koch K E. Accumulation of phosphorus, dry matter and betaine during NaCl stress of split-root citrus seedlings colonized with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on zero, one or two halves [J]. New Phytol 1986 104(4): 583-590.
 [9]Pellinen R, Palva T, Kangasjarvi J. Subcellular localization of ozone-induced hydrogen peroxide production in birch (*Betula pendula*) leaf cells [J]. Plant J 1999 20(3): 349-356.
 [10]Zushi K, Matsuzoe N, Kitano M. Developmental and tissue-specific changes in oxidative parameters and antioxidant systems in tomato fruits grown under salt stress [J]. Sci Hortic 2009 122(3): 362-368.
 [11]Abed S, Peter M N. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation [J]. J Exp Bot 2001 52(364): 2207-2211.
 [12]吴强盛, 邹英宁, 占娟. 葡萄丛枝菌根的发育及其与土壤有效磷的关系 [J]. 果树学报 2009 26(3): 311-314.
 [13]李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社 2000: 165-167, 167-169, 184-185.
 [14]Murkute A, Sharma S, Singh S K. Citrus in terms of soil and water salinity: a review [J]. J Sci Ind Res 2005 64(6): 393-402.
 [15]罗辉. 玉米幼苗对盐胁迫的响应和适应 [J]. 井冈山师范学院学报: 自然科学版 2004 25(5): 23-28.
 [16]贺忠群, 贺超兴, 张志斌, 等. 丛枝菌根真菌对番茄渗透调节物质含量的影响 [J]. 园艺学报 2007 34(1): 147-152.
 [17]Wu Q S, Xia R X, Zou Y N. Reactive oxygen metabolism in mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings subjected to water stress [J]. J Plant Physiol 2006 163(11): 1101-1110.