

研究与开发

浸胶工艺对绿竹重组竹材性能的影响

程亮¹, 王喜明¹, 余养伦²

(1. 内蒙古农业大学材料科学与艺术设计学院, 内蒙古呼和浩特 010018; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 讨论胶黏剂固体含量、浸胶方式、浸胶时间等因素,对重组竹材物理力学性能的影响。结果表明:在本试验范围内,随着胶黏剂固体含量的降低,重组竹材的物理力学性能降低;随着浸胶压力的增大,重组竹材的静曲强度(MOR)和内结合强度(IB)均呈先增后减的趋势,弹性模量(MOE)基本不变;随着浸胶时间的延长,重组竹材的 MOR 和 MOE 无显著变化,IB 提高。

关键词: 重组竹材; 绿竹; 浸胶; 物理力学性能

中图分类号:S795.5;TS652

文献标识码:A

文章编号:1001-8654(2009)03-0016-04

Effect of Glue Immersion Parameters on Performance of Reconstituted *Dendrocalamopsis oldhami* Lumber

CHENG Liang¹, WANG Xi-ming¹, YU Yang-lun²

(1. College of Material Science and Art Design, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, Inner Mongolia, China,

2. Research Institution of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Glue immersion is an important process that influences the properties of reconstituted bamboo lumbers. The authors selected *dendrocalamopsis oldhami*, a kind of bamboo, and investigated the effects of three glue immersion parameters including glue solids content, immersion pressure, and immersion time on the bamboo composite. The results indicated that: 1) The properties of reconstituted bamboo lumber decreased as the glue solids content was reduced; 2) The immersion pressure affected glue penetration into the bamboo bundles and high immersion pressure increased the glue consumption; 3) the longer immersion time didn't affect bending properties, but could improve internal bonding.

Key words: reconstituted bamboo lumber; *Dendrocalamopsis oldhami*; glue immersion; physical and mechanical performance

重组竹是以竹材为原材料制造的竹基重组材料,其特点是竹材利用率高,密度大,物理力学性能优良。重组竹由我国最先研制成功,并形成规模化生产、拥有自主知识产权的产业。我国借鉴重组木的制造工艺和原理,针对竹材特殊的纹理和组织结构,对重组竹专用设备和制造工艺,开展了一系列的研究。

1987年南京林业大学^[1]对竹材的软化工艺、疏解工艺、施胶工艺等进行了研究,并在实验室成功压制出了以苦竹为原料的重组竹,具有较高静曲强度和弹性模量;浙江林学院^[2-3]分别以雷竹、高节竹、孝顺竹和青皮竹为原料,在去青与不去青两种条件下,对重组竹的热压工艺进行了研究,压制出的重组竹材可以满足结构材的强度要求;浙江省林业科学研究院^[4-5]采用小径毛竹、早竹、高节竹为原料,使用脲醛树脂胶压制了重组竹材,探讨了施胶方式、施胶量、热压工艺对重组竹性能的影响;中国林科院木材工业研究所等^[6]研究了小径竹重组竹的制造工艺,重点探讨

投稿日期:2008-11-27; 修改日期:2009-03-03

基金项目:中央级公益性科研院所基金(CAFYBB2008017);“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD19B0504)。

作者简介:程亮(1982—),男,内蒙古农业大学材料科学与艺术设计学院硕士研究生。

了重组竹的密度、浸胶后竹束的干燥温度、去青与否和竹种对重组竹材物理力学性能的影响;西南林学院等^[7]以龙竹为原料,通过实验室试验和工厂试生产,确定了竹重组材的工业化生产技术方案。

总结以往的研究,主要集中在竹种、疏解工艺及热压工艺等方面,对浸胶工艺的研究较少。鉴于浸胶工序是重组竹生产的重要环节之一,浸胶均匀性和浸胶量直接影响产品的质量和成本,为此,笔者选择我国南方栽培的竹种之一——绿竹为原料,从胶黏剂固体含量、浸胶方式、浸胶时间 3 个方面,进行了重组竹材浸胶工艺的研究,旨在优化重组竹的浸胶工艺提供参考。

1 试验材料和方法

1.1 试验材料

绿竹(*Dendrocalamopsis oldhami*),产自浙江苍南,竹龄 4~5 年,胸径 70~100 mm,竹壁厚度 7~12 mm。

酚醛(PF)树脂胶黏剂,自制,固体含量 56.93%, pH 值 12.5,黏度 160 mPa·s(25℃,20 r/min)。

1.2 工艺流程

竹材→剖分→疏解→干燥→浸胶→干燥→组坯→热压→后期处理

具体步骤为:将竹材剖分成片,通过专用疏解机疏解成网状竹束,在恒温干燥箱中干燥至含水率 7%~10%。

将干燥后的竹束按两种方式浸胶:一种是在浸胶槽中限时(5~10 min)常压浸胶;另一种是将装有竹束的浸胶槽,放入真空浸渍罐中,进行加压(0.4~0.6 MPa)浸胶,之后转移至 50℃的干燥箱中,干燥至含水率为 7%~8%。

按照设定的板坯密度,采用手工方式铺装板坯,板坯规格为:450 mm×160 mm×15 mm(长×宽×厚)。将板坯送入模具中热压,热压参数为:压力 8 MPa,温度 160℃,时间 1 mm/min。

将压制的重组竹材在自然环境中放置 2 天,按规定尺寸裁边,砂光,裁锯试件。

1.3 试验设计

采用单因素试验法,探讨胶黏剂固体含量、浸胶方式、浸胶时间等 3 个因素,对重组竹材性能的影响。各因素的试验水平如下,每组试验重复 2 次。

1) 胶黏剂固体含量:为保证胶黏剂在竹束中的扩散均匀性,需对原胶液进行稀释后才可使用。根据初期分析胶黏剂固体含量与其黏度关系的结果,选取

15%、20%和 25% 共 3 个固体含量水平。其他工艺参数固定为:常压浸胶,浸胶时间 5 min;

2) 浸胶方式:采用常压和加压 2 种浸胶方式,压力选择 0、0.4 和 0.6 MPa 3 个水平。其他工艺参数固定为:胶黏剂固体含量 20%,浸胶时间 5 min;

3) 浸胶时间:选择 5、7 和 10 min 3 个水平。其他工艺参数固定为:常压浸胶,胶黏剂固体含量 20%。

1.4 测试方法

1) 胶黏剂黏度的检测:按照 GB/T 14074-2006《木材胶黏剂及其树脂检验方法》进行。

2) 竹束浸胶量的测量:取干燥好的竹束 2 kg,首先将其放置于浸胶槽中,按照设定的浸胶工艺进行浸胶;然后按顺纹方向垂直陈放 5 min,再称其浸胶后的质量。按公式(1)计算浸胶量。每种浸胶工艺条件重复 2 次测量,结果取平均值。

$$M = \frac{(m_2 - m_1)\omega}{m_1 \cdot (1 - \alpha)} \times 100\% \quad (1)$$

式中: M —浸胶量, m_1 —浸胶前的竹束质量, m_2 —浸胶后的竹束质量, ω —胶黏剂固体含量, α —浸胶前竹束的含水率。

3) 重组竹材性能的测试:参照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》,检测重组竹材的密度、静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)和内结合强度(IB)。

2 结果分析

2.1 胶黏剂固体含量的影响

采用不同固体含量 PF 胶压制的重组竹材,其物理力学性能检测结果见表 1。

表 1 不同固体含量 PF 胶压制重组竹材的物理力学性能
Tab. 1 The properties of reconstituted bamboo lumber with different glue solids content

固体含 量/%	黏度/ (mPa·s)	浸胶 量/%	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	IB/ MPa
25	12	15.80	1.18	177	19 031	1.42
20	10	12.60	1.15	150	17 502	0.95
15	7	9.20	1.16	126	15 814	0.54

2.1.1 竹束的浸胶量

从表 1 可以看出,随着胶黏剂固体含量从 25% 降低到 15%,竹束上吸附的胶黏剂固体含量减少,导致竹束的浸胶量下降了 41.72%。试验中发现,浸胶量除与胶黏剂的固体含量有关外,还与竹束的疏解形态、含水率和垂直陈放的时间有关。

2.1.2 重组竹材的性能

从表 1 可以看出,随着胶黏剂固体含量的降低,重组竹材的物理力学性能亦呈下降趋势,但对各项指标的影响程度略不同。

当胶黏剂固体含量从 25%降低到 15%时,重组竹材的 IB 降低了 61.97%,MOR 降低了 28.81%,MOE 降低了 16.90%,这主要与测试各力学性能时,试件的破坏方式有关。

在测试 IB 时,胶层所受的力是直接作用在试件上的拉应力;而在测试 MOR 和 MOE 时,胶层所承受的是作用在试件上的压应力所产生的剪应力。对于 MOR 和 MOE 而言,二者所测试范围不同,测试 MOR 时是要求持续加载至材料破坏,而 MOE 则是在材料弹性极限内的度量,所体现的是原料本身的刚度。因此,胶黏剂固体含量的变化对重组竹材 IB 的影响较显著,而对 MOE 的影响较小。

从表 1 还可以看出,在本试验范围内,重组竹材的各项力学性能指标,随胶黏剂固体含量的下降趋势与浸胶量相同。由此可见,重组竹材力学性能的降低,主要是胶黏剂固体含量降低,浸胶量下降导致。

2.2 浸胶方式的影响

不同浸胶方式下,重组竹材的物理力学性能测试结果,列于表 2。

表 2 不同浸胶压力下重组竹材的物理力学性能

Tab. 2 The properties of reconstituted bamboo lumber made under different immersion pressures

浸胶压力/ MPa	浸胶量/ %	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	IB/ MPa
0.0	12.60	1.15	150	17 502	0.95
0.4	15.00	1.14	178	18 379	1.42
0.6	17.00	1.17	160	17 493	1.19

2.2.1 竹束的浸胶量

从表 2 可以看出,随着浸胶压力的增大,竹束的浸胶量增加。在本试验范围内,竹束浸胶量 y 与浸胶压力 x 的模拟曲线为 $y = 6.6667x^2 + 3.3333x + 12.6$,可见:随着浸胶压力的增大,竹束的浸胶量呈抛物线趋势增加。

在常压下,胶黏剂主要通过润湿、扩散、渗透三种方式浸入到竹束中;在加压方式下,竹束的芯部与表部、微管束、细胞内外壁之间产生负压,浸胶压力越大,负压越大,越利于胶黏剂在竹束中的渗透。此外,竹束在疏解过程中会形成许多微裂纹,增加了胶黏剂的渗透路径和竹束的比表面积,使胶黏剂在竹束中的

润湿、扩散、渗透更充分。因此,当浸胶压力增大后,竹束的浸胶量增加。

2.2.2 重组竹材的性能

从表 2 可以看出,随着浸胶压力的增大,重组竹材的 MOR 和 IB 均呈现先增加后减小的趋势,MOE 基本不变。

当浸胶压力从 0 增大到 0.4 MPa,竹束的浸胶量提高了 19%,重组竹材的 IB、MOR 分别提高了 49.47%和 18.60%;当浸胶压力继续增大到 0.6 MPa 时,竹束的浸胶量又提高了 13%,但重组竹材的 IB 和 MOR 反而分别降低了 16.20%和 10.11%。在试验中发现,当浸胶压力为 0.6 MPa 时,重组竹材比较容易鼓泡,其鼓泡率达到了 30%。

究其原因在于,随着浸胶压力的增大,渗透到竹束的芯层、微管束与细胞腔中的胶黏剂增多,同时亦使板坯中的水分增多。在热压过程中,水汽难以排出,在重组竹材的内部形成高压过饱和蒸汽。在脱模时,高压过饱和蒸汽对胶层产生冲击,对竹材的胶合强度造成一定影响;并且,当蒸汽压力超过胶层的胶合强度时,重组竹材将产生破坏,甚至出现鼓泡现象。

2.3 浸胶时间的影响

不同浸胶时间下,重组竹材的物理力学性能检测结果,列于表 3。

表 3 不同浸胶时间下重组竹材物理力学性能

Tab. 3 The properties of reconstituted bamboo lumber with different immersion times

浸胶时间/ min	浸胶量/ %	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	IB/ MPa
5	11.70	1.15	150	17502	1.11
7	11.80	1.12	153	17608	1.27
10	13.00	1.14	160	18478	1.55

2.3.1 竹束的浸胶量

从表 3 可以看出,在本试验范围内,浸胶时间对竹束的浸胶量的影响较小。

当浸胶时间从 5 min 增加到 7 min,竹束的浸胶量仅提高了 0.8%;浸胶时间延长到 10 min 时,竹束的浸胶量也只提高了 11%。说明通过控制浸胶时间来提高竹束浸胶量较困难,浸胶时间延长,竹束浸胶量的提升有限,反而会降低生产效率。

2.3.2 重组竹材的性能

从表 3 可以看出,浸胶时间对重组竹材 MOR 和 MOE 的影响均较轻微,仅对 IB 有较明显影响。当浸胶时间从 5 min 增加到 10 min,重组竹材的 MOE 变

化不大, MOR 提高了 6.7%, 而 IB 提高了近 40%。

浸胶时间对重组竹材胶合性能的影响, 主要反映在浸胶量和浸胶均匀性上。在本试验条件下, 虽然浸胶时间对重组竹材浸胶量的影响不明显, 但是, 随着浸胶时间的延长, 胶黏剂在竹束间或竹束内的润湿、扩散、渗透会更加充分, 因此, 有助于改善重组竹材的胶合性能。

3 结论

1) 在本试验范围内, 随着胶黏剂固体含量的降低, 竹束的浸胶量下降。

2) 随着胶黏剂固体含量的降低, 竹束的浸胶量下降, 从而导致重组竹材的物理力学性能降低。当胶黏剂固体含量从 25% 降至 15% 时, 重组竹材各力学性能的降幅分别为: IB 61.97%, MOR 28.81%, MOE 16.90%。

3) 随着浸胶压力的增加, 重组竹材的 MOR 和 IB 均呈现先增后减的变化趋势, MOE 基本不变。

4) 浸胶时间对竹束浸胶量、重组竹材的 MOR 和 MOE 均无显著影响, 仅重组竹材的 IB 随着浸胶时间的延长而提高。

参考文献:

- [1] 李琴, 华锡奇, 戚连忠. 重组竹发展前景展望[J]. 竹子研究汇刊, 2001, 20(1): 76-80.
- [2] 叶良明, 姜志宏, 叶建华. 重组竹板材的研究[J]. 浙江林学院学报, 1991, 8(8): 133-140.
- [3] 叶良明, 叶建华. 重组竹板材研究: 去青与不去青的比较[J]. 竹子研究汇刊, 1996, 15(1): 58-65.
- [4] 李琴, 汪奎宏. 重组竹生产工艺的初步研究[J]. 人造板通讯, 2001(7): 6-9.
- [5] 李琴, 汪奎宏, 杨伟明, 等. 重组竹材胶合板制造技术的研究[J]. 竹子研究汇刊, 2003, 22(4): 56-60.
- [6] 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.
- [7] 张宏健, 李君, 叶喜. 竹条重组仿生产工艺的研究开发[J]. 建筑人造板, 1998(3): 24-26.

(责任编辑 向琴)

新技术应用

出境木质包装检疫处理标识防伪新技术

《出境货物木质包装检疫监督管理办法》规定: 自 2005 年 3 月 1 日起, 我国将全面采纳国际标准, 对出境货物的木质包装, 加施除害处理专用的 IPPC (International Plant Protection Convention, 国际植物保护公约) 标识。

新规实施后, IPPC 标识从根本上取代了原有的证书, 成为木质包装货物通行国际口岸的重要依据, 权威性和重要性大大增强。然而由于利益驱动等多方面原因, 市场上假冒 IPPC 标识的行为日渐增多, 给国家信誉、出口企业均带来较大的负面影响。

对此, 常州出入境检验检疫局网联手南京理工大学, 历时 3 年, 开发出一种新型 IPPC 标识防伪技术。2009 年 3 月, 该技术通过江苏检验检疫局组织的专家鉴定。

该项技术的核心, 是将数字防伪与油墨防伪技术有效地结合, 其特点如下。

1 基本 GPS 和随机加密算法的数码防伪

1) 唯一性: 每件包装都拥有一个独立的编码, 消除了大批伪造的可能;

2) 查询方便性: 有普通电话、互联网、手机短信 3 种查询方式。检测部门或包装企业只需按照相关提示操作, 便可知木质包装的相关信息。

3) 双向性: 为用户和检测部门之间建立了可操作的联系;

4) 重复验证性: 每个木质包装的防伪码在 2 年内可重复查询。

2 油墨防伪

通常油墨防伪有热敏防伪和荧光防伪 2 种方式。热敏防伪油墨通过使用热作用下可发生变色效果的油墨, 在加热情况下, 变色化合物发生物理变化或化学变化, 产生自身的吸光性变化, 进而鉴别标识的真伪; 荧光系列防伪油墨, 则是采用在荧光灯照射下可发出可见光的材料, 是目前防伪隐蔽性最好的材料之一。

该技术是通过特定的方法, 把油墨的热敏性能与荧光性能有机结合, 使得防伪油墨在具有热敏防伪功能的同时, 也具有荧光防伪功能, 防伪效果更加显著, 安全性能更强。

该技术应用于处理合格的木质包装上, 在来自标识企业的木质包装产品上, 印有唯一的数字身份防伪码与易辨的防伪油墨 IPPC 标识, 可有效杜绝除害处理标识的假冒仿制, 便于出口企业与检验检疫部门更准确地辨别木质包装的合法来源, 有效地控制非法木质包装流入国际市场。

此项防伪技术的成功研制和应用, 为检验检疫技术的应用和管理拓展了思路, 并可带来直接和间接的经济效益和社会效益。

李浩、郑安明、王宇