

综述

人工林难胶合木材的研究现状

张玉萍, 傅峰

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 从木材密度、抽提物、加工性能等方面讨论人工林难胶合木材胶合困难的主要原因, 阐述改善胶合性能的主要措施。胶合面加工质量的改善、抽提物处理和润湿性改进等, 是目前改善人工林难胶合木材胶合性能的主要方法, 但是效果不显著, 还有待进一步研究。

关键词: 难胶合木材; 胶合; 胶合性能

中图分类号: TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2005)06-0004-04

Research on Gluing Performance of Poor-bonding Plantation Wood

ZHANG Yu-ping, FU Feng

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

Abstract: This paper first discusses factors which may affect the gluability of poor-bonding wood from wood density, extractives and machining quality aspects. It then summarizes the major achievements on the improvement of wood gluability. Improving wood machining quality, changing wood surface wettability, and removing wood extractives, are the main methods to improve the gluability for poor-bonding plantation wood, but because the effects of these methods are all limited to some extent, the authors proposed that the problem to wood gluing should be further researched.

Key words: poor-bonding wood; bonding; gluability

人工林难胶合木材的主要特征是木材密度高(基本密度 $>0.52 \text{ g/cm}^3$)、富含抽提物, 干燥易开裂、变形; 其胶合质量差表现为: 胶合强度和木破率低, 胶合尺寸稳定性和耐久性差。常见的难胶合树种多为阔叶树材, 如柠檬桉、窿缘桉、红栎、白栎、部分柞木和槭木等^[1-2]。人工林难胶合木材长期以来主要用作纸浆等纤维原料, 随着木质产品需求的增加、木材资源供给的短缺, 人们开始关注和研究难胶合木材胶合困难的原因, 探寻改善其胶合性能的方法。

1 影响难胶合木材胶合的主要因素

木材特征、胶黏剂性能以及木材与胶黏剂界面

收稿日期: 2005-03-16; 修改稿: 2005-04-13

基金项目: ITTO “改进与多种利用中国南方热带人工林木材, 以减少天然林供应不足”项目(ITTO PD 69/01)的部分内容; 中日政府间专项技术合作(JICA 渠道)“中国人工林木材研究项目”内容之一。

作者简介: 张玉萍(1980—), 女, 中国林科院木材工业研究所硕士研究生。

通讯作者: 傅峰, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

的作用, 共同决定胶合制品的胶合性能, 人工林难胶合木材的难胶合因素主要集中在木材物理、化学特征和木材加工性能方面。

1.1 木材特征对胶合性能的影响

1.1.1 木材物理力学性能的影响 胶合构件的胶合强度应大于或等于基材本身强度, 因此, 胶合破坏通常发生在基材。难胶合木材的密度大, 胶合强度常低于木材本身的强度, 且木破率低于标准要求。Freeman^[3]研究了22种阔叶树材的物理、化学特征与胶合性能的关系; Seller^[1]研究了6种不同密度阔叶树材的PF树脂、UF树脂和干酪素3种胶黏剂的胶合特征, 均发现木材密度是影响胶合强度和木破率的主要因素。木材密度在 $0.7 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ (MC为12%)时, 胶合强度随着木材密度的增大虽有增大的趋势, 但木破率降低; 当木材密度 $>0.8 \text{ g/cm}^3$ 时, 胶合强度和木破率均随着密度增加而降低。分析原因是, 木材密度高, 细胞壁厚、孔隙率低, 胶黏剂渗透少,

机械结合力弱,导致胶合强度低;另外,木材吸收胶黏剂溶剂或水分的速度慢,影响胶合界面胶黏剂固化^[4],降低了胶合强度。

木素含量低、半纤维素含量高,纤维较短以及生长应力大等,使得人工林难胶合木材的尺寸稳定性差,在环境温、湿度变化时,基材变形应力传递给胶层,常导致出现分层或开缝现象,影响胶合制品的稳定性和耐久性,并且密度越高,此现象越明显。

1.1.2 抽提物的影响 人工林难胶合木材中的抽提物含量普遍很高,可从以下几方面影响胶合性能:

1) 污染胶合面,影响胶合面极性和润湿性能。非极性的抽提物是导致水溶性胶黏剂润湿木材性能变差的主要因素^[5-6];Nguyen等^[7]用苯醇除去弱极性和非极性抽提物后,花旗松木材的润湿性能明显提高;Chen^[8]用多种有机溶剂去除抽提物后,发现几种亚洲阔叶树材的润湿性能得到改善,UF树脂的胶合强度随被胶合材的润湿性提高而呈线性增加。此外,单宁、油性树脂等细胞原生质残余物和渗透物质,也会排斥胶黏剂润湿木材表面。

2) 影响胶黏剂固化和胶合耐久性。抽提物对胶黏剂固化特征的影响,与胶黏剂固化的pH值和木材缓冲容量有关。Roffael等^[9-10]观察到,桉木、龙脑香的酸性抽提物可降低PF树脂的pH值,产生二甲亚基醚键链接,延长固化时间;Hse等^[5]发现酸性抽提物可缩短PF树脂凝胶时间,产生不完全凝胶,阻碍树脂渗透;此外酸性抽提物还可增加固化后PF树脂的水溶性,降低胶层耐久性^[1]。对于酸催化固化的胶黏剂,抽提物可直接影响其固化速度。如柚木、红栎的水溶性抽提物可延长UF树脂的固化时间^[5],白栎的乙醇抽提物可减少UF树脂41%的凝胶时间^[11]。

1.2 木材加工方式对胶合性能的影响

木材干燥方法和干燥条件均可影响胶合性能。Milan^[6]用X射线光电子能谱仪检测不同温度干燥的木材表面,发现木材的接触角随其干燥温度的升高而增大;Shupe等^[12]研究了美国南部22种阔叶树材的润湿性,提出冷冻干燥的木材的表面接触角最小,气干次之,炉干最大。此外,干燥条件(如干燥温度、湿度、气流速度、方向等)还影响水溶性抽提物向木材表面移动的速度和数量^[5, 13]。如桉树木材,由于生长应力大、密度高、抽提物含量高等特点,干燥速度慢,且易产生开裂、变形、皱缩等缺陷,影响胶黏剂在木材表面的润湿和渗透,胶合性能差。

胶合面机械加工质量关系到表面的粗糙度和表层细胞的破坏程度,进而影响胶合性能。Stehr等^[14]

用扫描电镜观察锯切和刨切后的木材表面,观测到木材表面0.1~0.2 mm厚度范围内的细胞强度比木材内部细胞强度低,称之为木材表面机械削弱层(mechanical weak boundary layer, MWBL),剪切破坏常发生在这层细胞或细胞的附近^[1, 14]。难胶合木材的硬度高、脆性大,较难加工出平整、光滑的胶合面。此外,粉尘污染和长期暴露在光照、热量和空气中,木材表面活性和润湿性降低^[1, 5-6],也会影响到木材的胶合性能。

2 难胶合木材胶合性能的改进研究

木材胶合是发生在木材表面和胶黏剂间的界面现象,开展胶合界面、胶黏剂的研究是改善胶合性能的关键。改善难胶合木材胶合面粗糙度、表面机械削弱层和润湿性,处理抽提物,在胶黏剂中加入新组分等,均可不同程度地改善难胶合木材的胶合性能。

2.1 胶合面粗糙度与表面机械削弱层的改善

对于难胶合木材,正确的机械参数设置及锋利的刀具,是保证胶合面光滑、平整的有效方法。此外,选用100目或更细的砂带砂光表面,并清除砂光渣滓,可有效降低其表面粗糙度,提高胶合性能^[4]。

研究者发现,根据木材特征,正确选择波长,激光烧蚀(laser ablation)技术能改善表层破坏细胞对胶合性能的影响。Stehr等^[14]用248~1 064 nm的激光蚀刻MWBL层,能有效改善木材表面润湿性,提高胶合性能;而波长<248 nm或>1 064 nm时都会降低胶合性能;Haller等^[15]注意到,蚀刻量与木材结构有关,早材薄壁细胞比晚材厚壁细胞容易蚀刻,孔隙率高的松木比孔隙率低的桦木容易蚀刻。

2.2 抽提物的处理

研究发现,机械加工或化学处理木材表面,都可改善抽提物对胶合性能的影响。其中胶合前砂光木材表面是最快、最经济地去除抽提物的方法^[4-5]。而胶合前轻微刨光胶合面,不仅可除去抽提物,而且还提供一个高极性的、最有效的胶合面^[6, 16]。

用化学处理抽提物法改善胶合性能的研究主要分为3类:①用丙酮、苯醇及其他中性有机溶剂处理木材表面,去除抽提物^[8, 13];②用NaOH、Ca(OH)₂、HNO₃等溶液去除抽提物,而且可提高木材表面的pH值^[5-7, 9];③用盐类溶液处理,如用Fe₂(SO₄)₃、Na₂CO₃和Na₂B₄O₇等,可有效提高胶合木破率^[1, 6]。但Kuo^[13]研究白栎和红栎胶合特征时提出,即使具有很好干燥特征和用最佳的方法(1% NaOH溶液浸泡5 min)处理,得到的胶合木破率仍较低,分别为35%和

39%。此外, Hancock^[17]指出, 单板在干燥前进行抽提处理, 胶合性能的改善程度比干燥后处理更显著。

2.3 胶合面润湿性的改善

用等离子体(plasma treatment)、电晕(corona treatment)和火焰离子化(flame ionization)等技术处理木材表面, 改善润湿性能的研究结果表明: 氮、氮、氩和低温空气等离子体处理 1~50 s, 木材表面可变成亲水性, 其中大气压下低温等离子体处理后的润湿性能最好, 处理 20 s 后木材吸水性能提高了 22 倍, 用三聚氰胺胶合时, 松木的胶合强度比未处理时提高了 68%^[18]; Winfield^[19]用火焰离子化技术有效地氧化活化阔叶树材木材表面; Podgorski 等^[20]用微波等离子体处理木材表面, 其润湿性能显著提高。

2.4 性能改善的其他方法

除上述方法以外, 研究者还从木材干燥工艺、胶黏剂组分等方面探索新的方法。如采用低温干燥、不同含水率木材分开干燥、干燥前对木材抽提物进行抽提处理等措施, 均可有效改善木材的润湿性, 提高胶合性能^[6]。在胶黏剂中加入新组分, 如在 PF 树脂中加入松树树皮提炼的单宁酸, 用于生产桉树木材胶合板时, 木破率得到明显提高^[1]; 在胶黏剂中加入非水溶性溶剂, 溶剂可以通过憎水层, 将胶黏剂分子运送到木材细胞壁中^[6]。此外, 探索胶合时的单位压力、涂胶量等因素对胶合性能影响的规律, 优化胶合工艺, 也是提高胶合性能的有效途径。Castro 等^[21]通过将杨树与 4 种桉树混合胶合的 LVL 与单一桉树、单一杨树 LVL 的抗弯强度、弹性模量、胶合剪切强度相对比, 发现混合树种 LVL 的胶合剪切强度超过 EN 386 标准中规定值(最低 6 MPa); 其静态弯曲弹性模量的结构有效性值(MOE 与 LVL 密度的比值)高于单一桉树、杨树的 LVL。

3 结论与建议

目前改善难胶合木材胶合性能的主要措施及其弊端:

1) 对实木类木材可采取表面机械加工(如砂光、刨光)的方法, 但易造成原料浪费, 而且不适合用于不规则形状的原料;

2) 化学处理胶合面抽提物(如 NaOH 处理), 改善效果不显著, 木破率仍较低, 并且需同时处理两个胶合面及增加相应的设备, 不具有普遍性;

3) 用激光烧蚀、等离子体、电晕和火焰离子化等处理。受木材几何形状(如波状翘曲的单板)和处理条件(如真空度)的限制, 并且设备昂贵。

有效地解决难胶合木材的胶合问题尚有待进一步研究, 建议从以下方面着手:

1) 研究难胶合木材的干燥特性, 优化干燥工艺, 提高干燥木材表面的润湿性能, 可以节省改善润湿性能(如化学处理等)的费用, 减少因刨光等表面机械加工造成的原料浪费;

2) 开发新型胶黏剂, 或在传统胶黏剂中加入某些新的组分, 改善胶黏剂在木材表面的渗透性, 和其与木材表面化学组分的兼容性;

3) 开展难胶合木材的胶合工艺研究, 确定适宜的工艺参数; 探索新型的胶合方式, 如将难胶合木材与易胶合木材混合胶合等。

本文得到中国林科院彭立民、内蒙古农业大学林兰英、JICA 长期专家中井孝和池田敦的帮助和指导, 在此一并致谢。

参考文献:

- [1] Sellers T J, Mcswen J R, Nearn W T. Gluing of Eastern Hardwood; a Review[R]. General Technical Report SO-71, Southern Forest Experiment Station, Forest Service, U S Department of Agriculture, 1988; 30.
- [2] Ozarska B. A Review of the Utilisation of Hardwoods for LVL[J]. Wood Science and Technology, 1999, 33(4): 341-351.
- [3] Freeman H A. Relation between Physical and Chemical Properties of Wood and Adhesion[J]. Forest Products Journal, 1959, 9(12): 451-458.
- [4] Vick C B. Adhesive Bonding of Wood Materials// US Forest Products Laboratory. Wood Handbook-Wood as an Engineering Material[M]. Madison: U S Department of Agriculture, 1999: 463.
- [5] Hse C Y, Kuo M L. Influence of Extractives on Wood Gluing and Finishing; A review[J]. Forest Products Journal, 1988, 38(1): 52-56.
- [6] Sernek M. Comparative Analysis of Inactivated Wood Surfaces[D]. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.
- [7] Nguyen T, Johns W E. The Effect of Aging and Extraction on the Surface Free Energy of Douglas-fir and Redwood[J]. Wood Science and Technology 1979, 12(1): 29-40.
- [8] Chen C M. Effect of Extractive Removal on Adhesion and Wettability of Some Tropical Woods[J]. Forest Products Journal, 1970, 20(1): 36-41.
- [9] Roffael V E, Rauch W. Extractives of Oak and Their Influence on the Gluing with Alkaline Phenol-formaldehyde Resins[J]. Holz Roh-Werkstoff, 1974, 32(5): 182-187.
- [10] Abe I, Akimoto N. The Inhibitory Effect of Kapur Wood Extractives on the Curing Reaction of the Resol[J]. Japan Wood Res Soc, 1976, 22(3): 191-196.
- [11] Albritton R O, Short P H. Effect of Extractives from Pressure-refined Hardwood Fiber on the Gel Time of Urea-formaldehyde

- Resin[J]. Forest Products Journal, 1979, 29(2):40-41.
- [12] Shupe T F, Hse C Y, Wang W H. An Investigation of Selected Factors that Influence Hardwood Wettability[J]. Holzfor. schung, 2001, 55(5):541-548.
- [13] Kuo M L, DiCarlo D, Hse C Y. Influence of Extractives on Bonding Properties of White and Southern Red Oak[J]. Journal of Adhesion, 1984, 16(1):257-278.
- [14] Stehr M, Johansson I. Weak Boundary Layers on Wood Surfaces[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 2000, 14(10):1211-1224.
- [15] Haller P, Beyer E, Wiedemann G, et al. Experimental Study of the Effect of a Laser Beam on the Morphology of Wood Surfaces [C]. Band 2. Canada; Competence Centre for Wood Composites and Wood Chemistry, 2002.
- [16] Dougal E F, Krrahmer R L, Wellons J D, et al. Glueline Characteristics and Bond Durability of Southeast Asian Species after Solvent Extraction and Planning of Veneers[J]. Forest Products Journal, 1980, 30(7):48-53.
- [17] Hancock W V. Effect of Heat Treatment on the Surface of Douglas-fir Veneer[J]. Forest Product Journal, 1963, 13(2): 81-88.
- [18] Röhn P. Dielectric Barrier Discharge Treatments at Atmospheric Pressure for Wood Surface Modification[J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2003, 61(2):145~150.
- [19] Winfield P H, Harris A F, Hutchinson A R. The Use of Flame Ionization Technology to Improve the Wettability and Adhesive Properties of Wood[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2001, 21(2):107-114.
- [20] Podgorski L, Chevet B, Onic L, et al. Modification of Wood Wettability by Plasma and Corona Treatments [J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2000, 20(2):103-111.
- [21] Castro G, Paganini F. Mixed Glued Laminated Timber of Poplar and Eucalyptus Grandis Clones [J]. Holz als Roh-und Werkstoff, 2003, 61(4): 291-298.
- (责任编辑 姜征)
-
- (上接第3页)
- [4] 陈蕴智,谭国民,李健婷. 几种常用染料的染色特性[J]. 纸和造纸, 1998(1):42-43.
- [5] 宋心远. 纺织品生态染色和染色新技术[J]. 染料与染色, 2003, 40(2):80-82.
- [6] 周宏湘译. 微生物中天然色素的萃取及其在染色中的应用[J]. 四川丝绸, 1998(1):38-39.
- [7] 林金国,胡淑宜,邓邵平. 福建5种重要木竹材细胞染色性能的研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(2):126-128.
- [8] 邓邵平,胡淑宜,黄碧中,等. 装饰单板染色工艺的研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(2):114-116.
- [9] 胡淑宜,邓邵平,林金国,等. 木材主要化学成分的染色及其对木材纹理的影响[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(3):242-245.
- [10] 鲍甫成,段新芳. 人工林杉木木材解剖构造与染色效果相关性的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(3):97-101.
- [11] 段新芳. 人工林毛白杨木材材色测定及其株间变异[J]. 东北林业大学学报, 1999, 27(6):26-30.
- [12] 李宁,罗建举,牟继平,等. 木材染色处理工艺参数对颜色坚牢度的影响[J]. 林产工业, 2002, 29(5):11-15.
- [13] 于志明,赵立,李文军. 木材染色过程中染液渗透机理的研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(1):79-82.
- [14] 黄宗骥,罗风炜. 仿花梨木单板染色工艺的初步研究[J]. 贵州林业科技, 1997, 25(3):45-48.
- [15] 于志明,赵立,常晓明,等. 几种阔叶树木材单板的染色工艺研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(1):65-67.
- [16] 陈玉和,陆仁书,方佳珍. 木材水溶性染料的染色技术[J]. 木材工业, 1999, 13(2):27-30.
- [17] 陈桂华. 杨木单板染色工艺试验[J]. 林业科技开发, 2000, 14(6):38-39.
- [18] 顾丽莉,蒋丽红. 酸性染料用于木材染色的研究[J]. 化学通报, 2002(1):53-56.
- [19] 段新芳,李坚,刘一星. 壳聚糖前处理提高木材表面染色效果的研究[J]. 木材工业, 1997, 11(3):11-14.
- [20] 林姣姣,郑光洪,杨东洁,等. 稀土在植物染料染色中的媒染应用研究[J]. 印染助剂, 2002, 19(1):27-30.
- (责任编辑 姜征)

欢迎订阅 2006 年《林业科技》杂志

《林业科技》杂志是由中国林业科学院黑龙江分院、黑龙江省林业科学院主办的综合性林业科技期刊,是历届全国中文核心期刊,并再次被评为 2004—2008 年的中文核心期刊;1996 年被评为黑龙江省优秀科技期刊;1997 年获第二届全国优秀科技期刊三等奖。1997 年加入《中国学术期刊(光盘版)》,在国内乃至国际上享有较高的知名度,发行范围覆盖全国。

《林业科技》及时报道林业科研前沿动态,广泛介绍结合生产实际的应用技术,包容南北方林业的发展及研究动态,其内容包括:采种育苗、更新造林、园林绿化、森林经营、调查设计、森林防火、病虫害防治、林

业机具、木材采运、木材加工、林产化工、野生动物繁殖利用、林副特产、多种经营、林业经济及企业管理、世界林业科技以及有关的边缘学科等,适于高等院校、科研单位、管理部门、林业企业的技术人员、管理干部、技术工人以及林业专业户阅读。

双月刊,全年 6 期,单月 25 日出版,大 16 开本,64 页,单册订价 6.00 元,全年订价 36.00 元。欢迎读者到各地邮政局、所或直接向编辑部订购,邮发代号:14-27。

编辑部地址:哈尔滨市哈平路黑龙江省林科院
邮编:150040 电话:0451-86602476