

软木无胶胶合工艺研究

武再彦,邱增处*,任博文,郑超

(西北农林科技大学 机械与工程学院,陕西 杨陵 712100)

摘要:以探索新型环保的无胶软木产品为目的,在现有软木材料性质、结构的研究及木质材料自粘胶合理论基础之上,以热压时间、含水率、热压温度、配坯密度为因素,采用正交试验法进行软木无胶胶合工艺的研究。结果表明:软木材料可在一定条件下自粘合成板,且制成的无胶软木板性能优良。在实验条件下得到的较优软木无胶胶合工艺参数为:热压温度 140℃,含水率 12%,热压时间 5 min,配坯密度 $0.7\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

关键词:软木;无胶胶合;热压工艺

中图分类号:TS655

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2013)06-0178-04

Processes of Self-bonding Corkboard

WU Zai-yan, QIU Zeng-chu*, REN Bo-wen, ZHENG Chao

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to explore a new environmental friendly product of self-bonding cork, the process to produce the self-bonding cork board was investigated by the orthogonal test. This research was based on the study of the cork's properties and the woody material self-bonding theory and four factors were examined such as hot-pressing time, moisture content, hot-pressing temperature, and the green density. According to the explosive experiment and the orthogonal test, we got good performance self-bonding cork boards and the optimum parameters were determined as: hot pressing at 140℃, moisture content of 12%, duration of 5 minutes and green density of $0.7\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Key words: cork; self-bonding; hot-pressing process

软木是一种性能优良的绿色环保材料,在人类环保意识日渐提高的今天,软木产品以其耐磨、耐水、抗老化、弹性好、密度低、隔热、吸音、抗震、绿色环保等特性受到越来越多人的青睐。我国秦岭、巴山、云贵高原等中西部地区有数量可观的栓皮栎软木资源^[1-3]。栓皮栎软木化学成分主要是木栓脂(42.1%)和木质素(23.1%),及多糖类物质等^[4-7]。

无胶胶合是一种不用外加胶粘剂,依靠材料本身含有的化学成分在特定工艺条件下实现"自粘接"而粘合成板的技术^[8]。无胶胶合的方法有多种,依据用于木质材料表面处理的化学试剂对表面的活化作用不同可分为:氧化结合法、自由基引发法、酸催化缩聚法、碱溶液活化法、天然物质转化法^[9-14]。

国内对于软木性质和应用的研究很多^[1-7],软木无胶胶合技术研究极少。本文采用天然物质转化法,使软木材料固有物质和外加天然成分在特定工艺条件下转化为具有胶合作用的新物质,在热压时实现胶合,通过各项试验对软木无胶胶合的热压工艺进行探讨。

1 试验材料与仪器设备

1.1 试验材料

软木材料:栓皮栎 40 目软木粒子;36.5%浓盐酸;5%氢氧化钠溶液。

1.2 主要仪器设备

热压机:上海人造板机械厂生产,型号 QD88130;

收稿日期:2013-03-18 修回日期:2013-05-27

基金项目:西北农林科技大学校长基金(A213020801)。

作者简介:武再彦,女,在读硕士,研究方向:木材加工新技术;E-mail:wuzaiyan@126.com

* 通信作者:邱增处,男,副教授,主要研究方向:木材科学与技术。E-mail:qzengchu@163.com

万能力学实验机:SANS 公司产,型号 CMT5504;电热恒温鼓风干燥箱:上海一恒科学仪器有限公司生产,型号 DHG-9123A;Taber 磨耗仪:天津市伟达试验机厂生产,型号 JM-IV。

2 试验与检测

2.1 试验方法

在查阅相关文献资料和预试验的基础上,选择以影响最为显著的 4 因素:热压温度(A)、含水率(B)、热压时间(C)、配坯密度(D),各 3 水平进行正交试验,按 $L_9(3^4)$ 设计(表 1)

表 1 正交试验安排

Table 1 The arrangement of orthogonal test

试验号	因子水平			
	热压温度 (A)/℃	含水率 (B)/%	热压时间 (C)/min	配坯密度(D)/ (g·cm ⁻³)
1	1(130)	1(8)	1(4)	1(0.6)
2	1(130)	2(10)	2(5)	2(0.7)
3	1(130)	3(12)	3(6)	3(0.8)
4	2(140)	1(8)	2(5)	3(0.8)
5	2(140)	2(10)	1(4)	1(0.6)
6	2(140)	3(12)	3(6)	2(0.7)
7	3(150)	1(8)	3(6)	2(0.7)
8	3(150)	2(10)	1(4)	3(0.8)
9	3(150)	3(12)	2(5)	1(0.6)

2.2 试验步骤

- (1)备料:按照试验所需在天平上称取软木粒子。
- (2)调湿:按预设含水率用喷雾器均匀地将水喷洒在软木粒子上,充分搅拌,陈放 30 min。
- (3)铺装:将调湿后的软木粒子均匀铺在配坯箱中的不锈钢垫板上,板坯底面须加垫网。
- (4)热压:将板坯放入热压机中按预定热压工艺进行热压(图 1)。

2.3 性能检测

参照 ISO3810、GB/T17657-1999、LY/T1657-2006,对无胶软木板进行性能测试与分析。

密度:试件尺寸 100 mm×50 mm×5 mm。用游标卡尺测量长、宽、厚,准确至 0.1 mm。天平称重,精确至 0.01 g。根据所得数据计算试件密度。

抗拉强度:试件尺寸 100 mm×50 mm。在电脑程序中输入各试件对应的宽度和厚度参数,将试件长度方向两端在万能力学试验机的上下两钳口中夹紧,以 25 mm·min⁻¹的速度进行拉接伸试验,直至试件破坏,在电脑上读取抗拉强度数值。

耐磨性能:试件直径 100 mm。用脱脂纱布擦净试件表面,用天平称量磨前质量,将试件的表面上安装在磨耗试验机上,并将研磨轮安装在支架上,在单个接触面受力为(4.9±0.2)N 条件下磨耗 100

r,取下试件,除去附着物后称量磨后质量。磨耗试验前后质量之差为磨耗值,磨耗值表征试件耐磨性能。磨耗值越小,则耐磨性越强。

耐沸盐酸性能:试件尺寸 50 mm×40 mm。将试件放入装有浓盐酸的容器中,将容器放到水浴锅中加热,从浓盐酸溶液沸腾开始计时,让试件在沸腾的浓盐酸中蒸煮 0.5 h,移出检测样品,并目测散解程度(检测片分裂或呈现固体微粒就称作散解)。

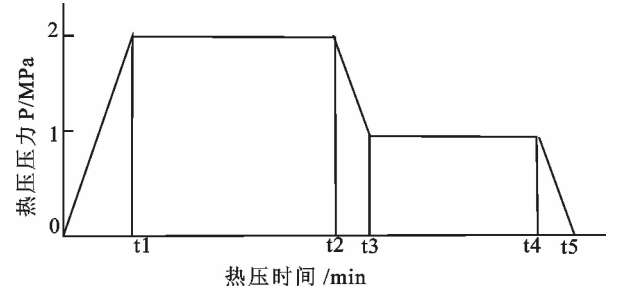


图 1 热压工艺曲线图

Fig. 1 hot-press curve

3 结果与分析

3.1 热压工艺各因素对无胶板密度的影响

从表 2 可以看出:试验制无胶软木板密度偏高;抗拉性能良好,试件平均抗拉强度为 1.25 MPa,高于标准 ISO3810 规定的合格软木板抗拉强度 0.8 MPa^[15];耐磨性能良好;耐沸盐酸性能优异,所有试件无散解,远高于标准要求。

由方差分析可知,配坯密度对无胶板密度有显著影响($p=0.05$)。

如图 2 所示,在水平 1 和 2 范围内,随着配坯密度的增大,无胶板密度迅速增大,当配坯密度高于 0.7 g·cm⁻³时,增大趋势变缓,这可能是由于随着配坯密度增大,软木颗粒表面充分接触,增大自胶合反应面积,从而使制板更密实。同时,软木材料具有很强的压缩回弹特性,在压力卸除后,软木板厚度会有一定回弹,所以无胶板密度均小于配坯密度,且当配坯密度超过一定数值,无胶板密度增势减缓。热压时间对无胶板密度有一定影响,随热压时间的增大,软木密度先减后增,当热压时间为 5 min 时,无胶板密度最低,这可能因为随着压板高温在板坯中的传导,板坯中的水分剧烈汽化,在一定的热压时间内,已经充分汽化的水分子在板坯内来不及完全排出,使得软木成板后压缩回弹较高,密度偏小。随着热压时间的增长,气体充分排出,密度随之而增大;热压温度和含水率对最终软木无胶板密度影响很小($p>0.25$)。

3.2 热压工艺各因素对抗拉强度的影响

方差分析可知,热压时间、配坯密度对无胶软木

板抗拉强度的影响极显著($p=0.002\ 6,0.003\ 2$),随着热压时间的增长,无胶软木板的抗拉强度呈现先降低后升高的趋势,这可能由于在热压高温下剧烈汽化的水分子短时间内难以排出,影响自粘合,随着时间延长,排气完成,软木颗粒充分接触,软木中所含天然物质如木素、木栓脂、多糖和水蒸气充分反应,化学力和机械力产生,自粘合强度增加,当热压时间为 6 min 时,抗拉强度达到最大值 1.45 MPa。如图 3 所示,抗拉强度随配坯密度的增大呈上升趋势,这可能因为配坯密度增大有利于增大软木颗粒接触面积从而增大自粘合反应面积;热压温度对抗拉强度的影响较显著($p=0.052\ 4$),抗拉强度随温度升高而增大,分析原因可能是软木中所含大量软木脂、木素在高温催化下,活性增加,分子结构中的酚羟基、甲基、亚甲基等发生缩聚反应生成了胶黏结构,使软木颗粒粘结成板,同时,软木颗粒所含多糖中的纤维分子水解,产生低分子的单糖和糠醛类物质,这些物质与木素聚合也促进了自粘合过程;含水率对抗拉强度有一定影响,水分子对软木自粘合起到了一定的催化和促进作用。

表 2 试件性能检测结果

Table 2 The result of sample performance test

试验号	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	抗拉强度 /MPa	耐磨性 ($\text{g}\cdot100\text{r}^{-1}$)	耐沸盐酸性
1	0.592	0.88	0.067	不散解
2	0.616	1.05	0.049	不散解
3	0.647	1.47	0.063	不散解
4	0.580	1.19	0.033	不散解
5	0.553	1.23	0.066	不散解
6	0.605	1.44	0.049	不散解
7	0.619	1.43	0.046	不散解
8	0.656	1.50	0.050	不散解
9	0.534	1.06	0.031	不散解
平均	0.600	1.25	0.050	不散解

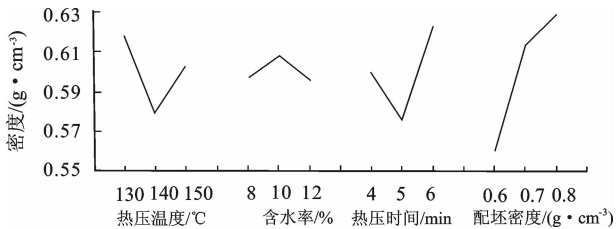


图 2 各因素对密度的影响

Fig. 2 The effect of factors on density

3.3 热压工艺各因素对耐磨性的影响

热压温度、热压时间、含水率、配坯密度对耐磨性都具有极显著影响($p<0.001, p<0.001, p=0.006, p=0.006$),随着热压温度的升高,表面耐磨性接近直线型提高,这可能因为板坯表面在高温催化下,自粘合反应剧烈,表面得以迅速地充分固

化。如图 4 所示,随着热压时间的增长,表面耐磨性先增强,当热压时间超过 5 min 后,表面耐磨性迅速降低,可能是表层过长时间的高温低水使木素或木栓脂软化,破坏了软木的稳定结构;随着含水率升高,耐磨性先降低后增强,当含水率为 12% 时,表面磨损值最小,表面耐磨性最优。

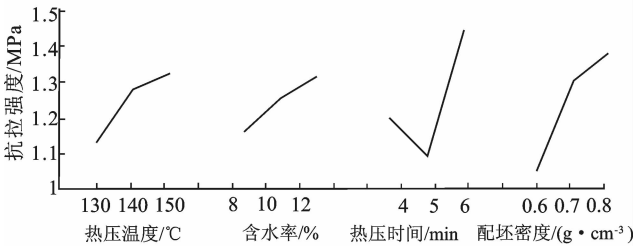


图 3 各因素对抗拉强度的影响

Fig. 3 The effect of factors on RM

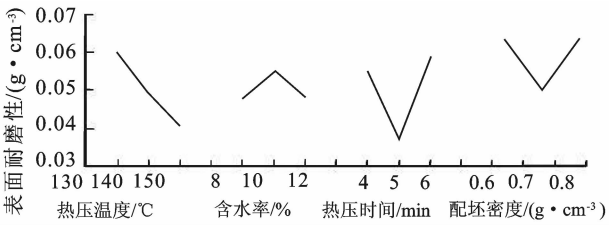


图 4 各因素对耐磨性能的影响

Fig. 4 The effect of factors on abrasion resistance

3.4 最优工艺参数的确定和验证

无胶软木板的抗拉性能、耐沸盐酸性能优异,密度成本是无胶软木板的主要制约因素,将密度作为主指标,依次考虑耐磨性、抗拉强度、耐沸盐酸性。通过综合分析表明,实验室条件下无胶软木板的较优工艺参数为:热压温度 140℃,含水率 12%,热压时间 5 min,配坯密度 0.7 g·cm⁻³。在此工艺参数下进行 5 次验证试验,所得无胶板性能良好,平均为密度 0.593 g·cm⁻³、抗拉强度 1.25 MPa、耐磨性指标 0.045 g·100r⁻¹、沸盐酸蒸煮 0.5 h 不散解,表明该工艺具有可重复性。

4 结论与讨论

软木颗粒在一定的温度压力条件下可以自粘合成板,水分子对无胶胶合有促进作用;配坯密度对无胶软木板各项性能影响最大,其次是热压时间;各因素对无胶软木板的表面耐磨性有极显著影响。正交试验较优热压工艺参数为:热压温度 140℃,含水率 12%,热压时间 5 min,配坯密度 0.7 g·cm⁻³。所制得无胶软木板抗拉性能可达到软木地板一等品标准,所有无胶软木板试件耐盐酸性能优异,远超国家标准要求,耐磨性能良好,密度偏高成为关键制约因素。如何在保证理化性能达标的前提下降低无胶软木板密度,有待进一步研究。

参考文献:

[1] 杜子伟. 软木制品及应用[M]. 北京:中国林业出版社,1989:1-3.

[2] 赵戈,段新芳,官恬,等. 世界软木加工利用现状和我国软木工业发展对策[J]. 世界林业研究,2004,17(5):25-28.

ZHAO G,DUAN X F,GUAN T,*et al.* Situation of cork utilization in the world and the development countermeasure of the China's cork Industry[J]. World Forestry Research,2004,17(5):25-28. (in Chinese)

[3] 宋孝周,傅峰,雷亚芳. 软木复合材料研究现状与发展趋势[J]. 西北林学院学报,2011,26(4):210-213.

SONG X Z,FU F,LEI Y F. Current research situation and development trend of cork-based composite [J]. Journal of Northwest Forestry University,2011,26(4):210-213. (in Chinese)

[4] 张丽丛,雷亚芳,常宇婷. 栓皮栎软木主要化学成分的分析[J]. 西北林学院学报,2009,24(4):163-165.

ZHANG L C, LEI Y F,CHANG Y T. Contents of the main chemical components of cork from *Quercus variabilis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4): 163-165. (in Chinese)

[5] 张丽丛. 软木及其产品天然防腐性的研究[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2010.

[6] 刘艳贞,雷亚芳,周伟,等. 欧洲栓皮栎软木构造与物理性质研究进展[J]. 西北林学院学报,2007,22(6):144-147.

LIU Y Z,LEI Y F,ZHOU W,*et al.* Research and development of the structure and physical properties of cork from *Quercus suber* L. [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(6):144-147. (in Chinese)

[7] 贾军,贾朦朦,郑羿,等. 基于软木脂的高分子材料Ⅱ. 软木脂的功能与应用[J]. 广州化学,2010,35(3):57-62,74.

[8] 刘杨,杨洁,赵方,等. 人造板生产中的无胶胶合技术的研究与发展前景[J]. 木材加工机械,2011,22(2):35-39.

[9] 金春德. 无胶人造板制造工艺的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学. 2002.

[10] 任博文,邱增处,雷亚芳,等. 无胶稻草碎料板试验研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(2):163-166.

REN B W, QIU Z C, LEI Y F, *et al.* Preliminary study on self-bonding ricestraw particle board[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(2):163-166. (in Chinese)

[11] 任博文. 三种非木质材料制备无胶碎料板的加工工艺[D]. 杨陵:西北农林科技大学,2010.

[12] 杜安磊,谢立生,唐忠荣,等. 无胶人造板的研究进展与展望[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(1):130-133.

DU A L, XIE L S, TANG Z R, *et al.* Research status and prospect of binderless board[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2012, 32(1): 130-133. (in Chinese)

[13] PHILIPPOU J L,ZAVARIN E,JOHNS W E,*et al.* Bonding of particleboard using hydrogen peroxide, lignosulfonates and furfuryl alcohol: effects of chemical composition of bonding materials[J], Forest Products Journal,1982, 32(5):55-61.

[14] KEKKEY S S,YIYBG R A ,RAMMON R M,*et al.* Bond formation by wood surface reactions: part Ⅲ-parameters affecting the band strength of solid wood panels[J]. Forest Products Journal,1983,33(2):21-28.

[15] ISO 3810-1987:集成软木地砖试验方法[S]. 1987.

(上接第 173 页)

[4] 景楠,方海. 成长中的“新中国主义”:中国当代家具设计的理论创新[J]. 西北林学院学报,2012,27(3):233-237.

JING N,FANG H. Growing “Neo-Chinesism”: creative theory of chinese contemporary furniture design[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(3):233-237. (in Chinese)

[5] 黄圣游,叶喜. 新中式家具“中式”传统的界定[J]. 西北林学院学报,2013,28(1):192-196.

HUANG S Y,YE X. Definition of traditional element in new Chinese style furniture[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(1):192-196. (in Chinese)

[6] 李德君. 基于符号学的明式椅类家具研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2009.

[7] 张宪荣. 设计符号学[M]. 北京:化学工业出版社,2004:16-190.

[8] 杨艳红,张海敏,孙景荣. 基于传统文化视角的现代家具设计探析[J]. 西北林学院学报,2013,28(1):188-191.

YANG Y H,ZHANG H M,SUN J R. Study of modern furniture design based on traditional culture[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(1):188-191. (in Chinese)

[9] 张杨. 明清家具的符号学研究及其在中式家具设计中的应用[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2008:11-12.

[10] 孙巍巍,李德君,宋魁彦. 符号学视角下的现代中式家具创新设计[J]. 大众文艺,2011(12):89-90.

[11] 周丽华. 明式家具中椅的造型艺术研究[D]. 苏州:苏州大学,2006:38.

[12] 张双红,徐昊. 意韵之美—明式家具的艺术魅力[J]. 美术大观,2004(3):49.

[13] 濮安国. 明代家具辨证[J]. 东南文化,2000(6):83

PU A G. The furniture of Ming style[J]. Southeast Culture, 2000(6):83. (in Chinese)

[14] 刘文金,唐立华. 当代家具设计理论研究[M]. 北京:中国林业出版社,2007:43.

[15] 宫浩钦. 清代宫廷紫檀座椅纹饰的社会成因分析[J]. 包装工程,2011,32(10):97.