

白桦枝桠材制造刨花板的优化工艺

李凯夫

(华南农业大学林学院, 广州 510642)

摘要: 以白桦枝桠材为原料,在测定材质的基础上对制板工艺进行研究,提出了制板的优化工艺参数。利用白桦枝桠材制造优质刨花板,将为枝桠材的有效利用开辟新途径。

关键词: 白桦枝桠材;刨花板;优化工艺

中图分类号: S792.153, TS653.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2000)05-0006-04

Optimization of Manufacturing Technology for Particleboard Made by White Birch Branch Material

LI Kai-fu

(College of Forestry, South China Agriculture University, Guangzhou 510642)

Abstract The White Birch (*Betula platyphylla*) branch material, of which 33% are above 3 cm in diameter, and accounting for 47% of the tree trunk, is a potential resource for particleboard manufacture. In this paper, the properties of both White Birch branch material and the board have been investigated. Based on the experiment, a set of optimized manufacturing technology parameters for White Birch branch particleboard have been put forward.

Key words White Birch branch material; Particleboard; Optimization technology

白桦(*Betula platyphylla*)是我国东北地区主要树种之一,年采伐量大。根据伊春市林科院对小兴安岭地区的9个树种、113株树木的测定,白桦枝桠材占树干的47%,其中直径3 cm以上的枝桠材占33.12%,居阔叶树材之首。因此,白桦枝桠材的利用已引起木材工业界的关注^[1],并积极寻找科学利用白桦枝桠材的途径。本研究以白桦枝桠材为原料,在测定材质的基础上,对其制造刨花板的工艺及板材性能进行了研究,提出了制板的优化工艺参数。

1 试验材料与方法

1.1 刨花

白桦枝桠材取自黑龙江省亚布力林业局,平均直径9.0 cm(标准偏差为1.2 cm),平均含水率70.93%,树皮含量19.57%(树皮密度为0.446 g/cm³),晚材率29.20%;湿材密度0.793 g/cm³,换算成含水率为15%的气干密度为0.533 g/cm³(树干部分气干

密度为0.607 g/cm³),绝干密度0.521 g/cm³;pH值为4.9,缓冲容量4.4 mL,热水抽出物含量3.10%。

枝桠材在亚布力林业局刨花板厂采用双曲面鼓式刨片机刨片,刨花平均厚度0.45 mm(标准偏差0.12 mm),再经滚筒式干燥机干燥至含水率4%~5%,筛选分离表芯层刨花。刨花的性能见表1。

表1 刨花的主要性能

Tab. 1 The main properties of particles

指 标	表层	芯层			
		大刨花	中刨花	小刨花	混合刨花
树皮含量 /%	25.0	12.0	14.0	10.0	13.5
含水率 /%	6.5	4~5	4~5	5~7	4~6
厚度 /mm	0.20	0.9	0.48	0.35	0.42
厚度偏差 /mm	0.061	0.298	0.237	0.202	0.211
长度 /mm	4.5	25.0	20.0	10.0	10.0~25.0
宽度 /mm	1.3	10.0	5.0	2.0	2.0~10.0

1) 表层刨花 通过1.5 mm×1.5 mm筛网,留在0.5 mm×0.5 mm筛网,筛分值为14~40,占89.8%。其中通过1.0 mm×1.0 mm筛网,留在0.5 mm×0.5 mm筛网上的刨花占56.1%,筛分值为20/

收稿日期: 1999-11-20 修改稿: 2000-03-10
作者简介: 李凯夫(1955-),男,华南农业大学林学院教授,博士。

+ 40

2) 芯层刨花 ① 芯层大刨花: 通过 16.0 mm× 16.0 mm 筛网, 留在 4.0 mm× 4.0 mm 筛网上, 筛分值 - 1.54~6, 占 93.5%; ② 芯层中刨花: 通过 10.0 mm× 10.0 mm 筛网, 留在 2.0 mm× 2.0 mm 筛网上, 筛分值 - 2.54~12, 占 94.8%; ③ 芯层小刨花: 通过 4.0 mm× 4.0 mm 筛网, 留在 0.5 mm× 0.5 mm 筛网上, 筛分值 - 64~20, 占 92.7%。

3) 芯层混合刨花 将大、中、小刨花按 15%、80% 和 5% 的比例混合后, 通过 16.0 mm× 16.0 mm 筛网, 留在 2.0 mm× 2.0 mm 筛网上, 筛分值 - 1.5/+12, 占 89.87%。

1.2 其它材料

胶粘剂 DN-1 号脲醛树脂, 固体含量 62.0%, 折光指数 1.468, pH= 8.1, 粘度 51 s (涂-4 杯)

防水剂 DTL-1 号塔尔油乳液, 固体含量 50%, pH 值 8~9

固化剂 NH₄Cl 水溶液, 浓度 25%, pH= 5.4

1.3 试验方案

选取 $L_{27}(3^7)$ 正交表进行试验, 试验因子和水平见表 2。刨花板厚度 16 mm, 幅面 350 mm× 350 mm, 表芯层刨花比为 33: 67, 固化剂施加量为 1.0% (表层) 和 1.5% (芯层), 防水剂施加量为 1.0% (表层浓度为 30%, 芯层浓度为 45%)。

表 2 试验因子和水平

Tab. 2 Test factors and levels

因 子	水 平					
	1		2		3	
A 芯层刨花筛分值	- 1.54	2.5	- 2.54	6	- 64	20
B 板密度 / (g·cm ⁻³)	0.75		0.65		0.70	
C 热压压力 / MPa	3.0		3.5		4.0	
D 热压温度 / °C	170		180		195	
E 热压时间 / min	3		5		7	
F 施胶量 %	12	10	11	12	9	11
表层施胶量 %	13.0	13.0	13.0	19.1	10.2	16.1
芯层施胶量 %	11.5	8.5	10.0	8.5	8.5	8.5

按国家标准 GB/T 4897-92 测试刨花板的性能, 对正交试验结果进行方差分析, 计算因子效应、工程平均和变动半径, 从而预测优化后的工艺条件下刨花板的性能。为了进一步研究主要因子对刨花板性能的影响, 由多元和一元线性回归分析法进行定量评价, 得到数学模型, 经方差分析评价模型的可靠性^[2]。

2 结果与分析

白桦枝桠材利用的最大障碍之一是树皮含量大, 实测结果, 枝桠材树皮平均含量为 19.57%, 树干树

皮含量为 13.0% 左右。白桦树皮分外皮和内皮, 外皮为白色, 可分层剥落, 粉碎时易成片状, 因含蜡状物质, 胶合力较弱; 内皮呈深褐色, 易粉碎成末, 致使板材表面颜色较深, 表面结合力较低。随着板中树皮含量的增大, 刨花板的静曲强度明显下降, 吸水厚度膨胀率明显增加, 因此, 控制树皮含量是制造高质量刨花板的关键, 以小于 15% 为宜。

正交试验结果分析可知: 首先是芯层刨花尺寸对静曲强度 (*MOR*)、内结合强度 (*IB*) 和吸水厚度膨胀率 (*TS*) 影响最大, 显著性水平为 0.01。随着刨花尺寸的减小, *MOR* 由 19.03 MPa 降为 13.31 MPa, *IB* 由 0.33 MPa 上升到 0.66 MPa, *TS* 由 9.99% 降为 2.21%。其次, 刨花板的密度对其力学性能影响也较大, 显著性水平为 0.01。当密度由 0.65 g/cm³ 增至 0.75 g/cm³ 时, *MOR* 由 13.01 MPa 增至 17.88 MPa, *IB* 由 0.41 MPa 增至 0.57 MPa, *TS* 由 2.76% 增至 8.78%。第三, 施胶量影响的显著性水平为 0.01。当表层施胶量不变时, 随着芯层施胶量的增加, *MOR* 略增, *IB* 增大, *TS* 下降。当表层施胶量为 13%、芯层施胶量由 8.52% 增至 11.51% 时, *MOR* 由 14.56 MPa 增至 16.00 MPa, *IB* 由 0.47 MPa 增至 0.65 MPa, *TS* 由 4.48% 降至 4.06%; 当芯层施胶量为 8.50%、表层施胶量由 13.00% 增至 19.11% 时, *MOR* 由 14.56 MPa 增至 18.72 MPa, *IB* 由 0.42 MPa 增至 0.45 MPa, *TS* 由 11.02% 降至 4.58%。最后是热压工艺, 热压温度影响的显著性水平为 0.01。当温度由 170℃ 增至 195℃ 时, *MOR* 由 15.34 MPa 增至 17.34 MPa, *IB* 由 0.51 MPa 降至 0.48 MPa, *TS* 由 7.64% 降至 4.24%。热压时间和热压压力影响不大, 显著性水平为 0.05。当时间由 3 min 增至 7 min 时, *MOR* 由 16.56 MPa 降至 14.69 MPa, *IB* 由 0.52 MPa 降至 0.44 MPa, *TS* 由 4.28% 增至 7.57%; 当压力由 3.0 MPa 增至 4.0 MPa 时, *MOR* 由 14.75 MPa 增至 16.11 MPa, *IB* 由 0.48 MPa 增至 0.49 MPa, *TS* 由 4.27% 增至 7.16%。

综合以上分析, 若要获得良好的静曲强度和内结合强度, 应选择中等芯层刨花、板密度 0.70 g/cm³、热压温度 170℃、施胶量 11%、热压时间 5 min 和热压压力 3.5 MPa, 计算 *MOR* 的工程平均为 17.03 MPa, 则 14.45 MPa < *MOR* < 19.61 MPa; 当其它条件不变, 热压温度为 195℃ 和热压时间 3.5 min 时, *MOR* 工程平均为 19.04 MPa, 16.45 MPa < *MOR* < 21.62 MPa。计算 *IB* 的工程平均为 0.47 MPa, 则 0.41 MPa < *IB* < 0.53 MPa; 同样当其它条件不变,

热压温度为 195℃和热压时间 3.5 min时, *IB* 工程平均为 0.40 MPa, 0.34 MPa < *IB* < 0.46 MPa 对正交试验结果进行多元线性回归分析,得到数学模型为:

$$MOR = -5.155 + 1.660F + 0.022D + 0.085C - 0.804E + 8.688B + 1.501A \dots\dots\dots (1)$$

$$IB = 0.104 + 0.040F - 0.005D - 0.003C - 0.049E + 1.288B + 0.169A \dots\dots\dots (2)$$

$$TS = 4.413 - 0.030F + 0.036D - 0.005C + 0.009E + 0.003B - 3.087A \dots\dots\dots (3)$$

对 (1)~ (3)式进行方差分析,复相关系数为 0.764 0.840和 0.395, $R_{0.05}(7, 47) = 0.495$,则 R 和 $R_2 < R_{0.05}(7, 47)$,说明 (1)和 (2)式 *MOR*和 *IB* 与各因子线性关系密切, (3)式 *TS*与各因子线性关系不密切; $F_{0.01}(6, 47) = 3.52$,计算的 F_1 和 F_2 值为 11.00和 18.84,则 F_1 和 $F_2 > F_{0.01}(6, 47)$,说明 (1)和 (2)式拟合程度达到 99%水平。为了更好的说明各因子与 *MOR*和 *IB* 线性关系的密切程度,计算偏相关系数,对 *MOR*和 *IB* 影响由大到小的次序为: 芯层刨花尺寸、密度、施胶量、热压温度、热压时间和热压压力,与正交试验方差分析结果一致。为了进行预报,计算变动半径, *MOR*为 6.04 MPa, *IB*为 0.21 MPa,当选择中等尺寸芯层刨花、密度 0.70 g/cm³、热压温度 170℃、热压时间 5 min 施胶量 1%和热压压力 3.5 MPa时,由 (1)和 (2)式计算可知, *MOR*为 21.77 MPa, 15.73 MPa < *MOR* < 27.81 MPa; *IB*为 0.55 MPa, 0.34 MPa < *IB* < 0.76 MPa;当其它条件不变,热压温度改为 195℃和热压时间 3.5 min时, *MOR*为 22.31 MPa, 16.27 MPa < *MOR* < 28.35 MPa, *IB*为 0.42 MPa, 0.21 MPa < *IB* < 0.63 MPa

芯层升温速度 V 是指在热压过程中芯层达到 100℃所需的时间,从正交试验结果可知,刨花板的密度影响较大,随着密度的增加, V 下降,当密度由 0.65 g/cm³增大至 0.75 g/cm³时,芯层升温时间则由 1.95 min增至 2.47 min;热压温度略有影响,随着热压温度的增加, V 略有提高,当温度由 170℃增至 195℃时,芯层升温时间由 2.33 min降至 2.11 min;热压压力影响不大,当压力由 3.0 MPa增至 4.0 MPa时,芯层升温时间由 2.36 min降至 2.03 min 综上所述,若想得到较高的 V ,则应选择较低的密度、较高的热压温度和热压压力。为了进行预报,计算变动半径为 0.27 min,当选择中等芯层刨花、密度 0.70 g/cm³、热压温度 170℃、热压时间 5 min 施胶量 1%和热压压力 3.5 MPa时,由计算可知, V 为 2.22

min, 1.95 min < V < 2.49 min;当其它条件不变,热压温度改为 195℃和热压时间 3.5 min时, V 为 2.20 min, 1.93 min < V < 2.47 min

为了进一步分析密度的影响,特进行一元线性回归分析,当密度分别为 0.50, 0.60, 0.70, 0.75, 0.80和 0.85 g/cm³时(热压温度 170℃),可得到如下模型:

$$MOR_{170} = -20.43 + 57.43B \quad (R = 0.841, R_{0.01}(8) = 0.765)$$

$$IB_{170} = -0.574 + 1.434B \quad (R = 0.868, R_{0.01}(8) = 0.765)$$

$$TS_{170} = 4.729 - 1.737B \quad (R = -0.542, R_{0.05}(8) = 0.632)$$

当密度为 0.70 g/cm³时, *MOR*为 19.77 MPa, *IB*为 0.43 MPa, *TS*为 3.51%。其它条件不变,只将温度升为 195℃时,则:

$$MOR_{195} = -16.80 + 52.19B \quad (R = 0.845, R_{0.01}(8) = 0.765)$$

$$IB_{195} = -0.393 + 1.059B \quad (R = 0.741, R_{0.05}(8) = 0.632)$$

$$TS_{195} = 4.973 - 1.570B \quad (R = -0.229, R_{0.05}(8) = 0.632)$$

当密度为 0.70 g/cm³时, *MOR*为 19.73 MPa, *IB*为 0.35 MPa, *TS*为 3.87%。综上所述,白桦枝桠材制板最佳工艺条件见表 3

表 3 白桦枝桠材制板最佳工艺条件
Tab. 3 The optimum technology parameters of particleboard manufactured by White Birch branch

名 称	条 件
刨花尺寸 / μ m	表层 -14 # 40,芯层 -1.5 # 12占 89.94%
密度 / $(g \cdot cm^{-3})$	0.70
表芯层重量比	33: 67
施胶量 %	11(表层 13,芯层 10)
固化剂 (NH_4Cl)	表层 1.0,芯层 1.5
施加量 %	
防水剂施加量 %	1.0(表层浓度 30%,芯层浓度 45%)
预压压力 /MPa	1.5(时间 10 s)
热压压力 /MPa	3.5(温度 195℃, 3 min; 温度 170℃, 4 min)
刨花含水率 %	表层 7.1,芯层 3.1

按表 3条件制造刨花板,从实测性能(表 4)可见,刨花板各项性能与正交试验法和回归分析法预报结果吻合,说明模型推算出的最佳工艺条件可信。

3 结论

1) 树皮含量和芯层刨花尺寸对板性能影响显著,合理的控制树皮含量及芯层刨花尺寸是制造优质

表 4 最佳工艺条件制板性能评价

Tab. 4 Properties appraisalment of particleboard made with optimum technology

名称	温度 /℃	个数	平均值	标准差	变异系数	平均误差	精确度	备注
含水率 /%	170	15	8.53	0.399	0.047	0.103	1.21	*
	195	15	7.89	1.210	0.153	0.313	3.96	*
密度 / (g·cm ⁻³)	170	15	0.723	0.030	0.042	0.008	1.08	*
	195	15	0.728	0.022	0.030	0.006	0.78	*
静曲强度 /MPa	170	30	23.97	2.781	0.116	0.508	2.12	*
	195	30	24.05	2.670	0.111	0.488	2.03	*
内结合强度 /MPa	170	15	0.39	0.147	0.376	0.038	9.71	**
	195	15	0.41	0.075	0.181	0.019	4.67	*
吸水厚度膨胀率 /%	170	15	1.70	0.240	0.140	0.060	3.33	*
	195	15	1.94	0.330	0.170	0.080	3.98	*

注: * 表示 $p < 5\%$, 结果可信程度高; ** 表示 $p > 5\%$, 结果可信程度低

刨花板的关键 树皮含量应小于 1%, 芯层刨花尺寸以筛分值 - 1.5# 12 为宜

(上接第 5 页)

4) 该方法实现成本相对较低, 适合计算机检测系统采用。该系统经工业现场实际使用表明, 可达到快速、准确、无损、多方面的反映单板含水状态的目的

参加本项目研究的人员还有: 高建民, 常建民, 霍光青等。

参考文献:

欢迎订阅《南京林业大学学报》

《南京林业大学学报》1958 年创刊。主要刊登林学、森保、园林、木材加工、人造板、林产化工、制浆造纸、林业机械、森林工程、土木工程等专业学术论文、科研报告及有关学科进展的综述和专题讨论, 附有英文目录和英文摘要。重要文章收录于国内外林业、森工等文摘刊物。1992 年起入选“中国自然科学核心期刊表”, 1996 年加入《中国学术期刊(光盘版)》并于 1997 年起发行光盘版, 近年来连获省、部级优秀学报奖及第二届全国优秀科技期刊三等奖。1999 年再次荣获江苏省优秀自然科学学报一等奖。

本刊拟设置专栏, 报道重点项目、基金项目及重大课题的研究成果。欢迎国内外学者赐稿并预约。

大 16 开, 彩色封面, 1999 年起改为双月刊, 逢单月出版。定价: 6.00 元/期。刊号 CN32-1161/S

国内外公开发行人, 邮发代号: 28-16, 全国各地邮局收订, 也可向本刊编辑部订阅。国外总发行: 中国教育图书进出口公司。

地址: 南京市龙蟠路南 南京林业大学学报编辑部
邮编: 210037
电话: (025) 5428247 传真: (025) 5434121
E-mail: XueBao@njfu.edu.cn

2) 白桦枝桠材制刨花板时, 板密度应大于 0.70 g/cm³。

3) 随着施胶量的增加, 刨花板的各项性能均有改善。从经济角度考虑, 表层施胶量为 13%, 芯层施胶量为 10% 时, 板的各项性能均可满足国家标准的要求

4) 采用高温、高压和短时间热压工艺较为适宜, 即温度 195℃, 压力 3.5 MPa, 时间 3 min 时, 板的各项性能较为理想

参考文献:

[1] 李凯夫, 等. 木质复合材技术进展 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995.

[2] 于世茂. 多元分析方法及其应用. 长春: 吉林人民出版社, 1981.

[1] 陆仁书. 胶合板制造学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1993, 60 ~ 62.

[2] 曹萱龄. 物理学 (中册) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1983, 15-112.

[3] 成俊卿. 木材学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985, 508-533.

[4] 邱树清, 牟华坤. 电阻式木材含水率仪温度自动补偿的方法及其应用 [J]. 林业机械与木工设备, 1998, 26(9): 18-19.

欢迎订阅《林业科学》

《林业科学》是首届国家期刊奖获奖期刊, 中国林学会主办, 是代表中国林业科技最高水平的学术刊物, 1955 年创刊。主要刊登林业领域的最新科研成果, 反映国家林业建设重点和热点, 促进林业科技、教育、生产发展及国内外学术交流。内容包括森林培育、森林生态、林木遗传育种、森林保护、森林经理、野生动物保护与利用、园林植物与观赏园艺、经济林、水土保持与荒漠化治理、林业可持续发展、森林工程、木材科学与技术、林产化学加工工程、林业经济及林业宏观决策研究等方面, 以学术论文、研究报告、综合评述为主, 还有学术问题讨论、研究简报、科技应用、科技动态、新书评介等栏目。

1999 年起改为大 16 开本, 并开始刊登附中文摘要的英文论文, 从 2001 年第一期起, 版面增至 148 页。双月刊, 每期定价 17.5 元, 全年 105 元。邮发代号 82-6, 全国各地邮局均可订阅。国外邮发代号 BM44 本刊可办理过刊补订。

地址: 北京万寿山后 中国林学会
邮编: 100091
电话: (010) 62889820
E-mail: linykx@csf.forestry.ac.cn