

异氰酸酯胶无毒低密度杉木刨花板的制造

林巧佳, 何修善, 吴纯初, 何勇

(福建林学院, 福建南平 353001)

摘要: 本研究探讨了用异氰酸酯胶粘剂制造低密度杉木刨花板的工艺条件, 讨论了施胶量、热压温度、热压时间、热压压力和刨花含水率对板材性能的影响。结果表明, 当板材密度为 $0.43 \sim 0.48 \text{ g/cm}^3$ 时, 施胶量只需 3%, 刨花含水率适应范围广, 所制成的刨花板无毒, 耐水性好。

关键词: 异氰酸酯胶; 杉木; 刨花板

中图分类号: T S653.5 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2000)03-0027-04

Manufacturing of Nonpoisonous Low-density Chinese Fir Particleboard Bonded with Diisocyanate Adhesive

LIN Qiao-jia, HE Xiu-shan, WU Chun-chu, HE Yong

(Fujian College of Forestry, Nanping 353001, Fujian)

Abstract This paper studies the technology for making nonpoisonous low-density Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) particleboard with diisocyanate adhesive. The effects of adhesive consumption, hot-pressing temperature, time and pressure of hot-pressing, moisture content of particles on properties of board were discussed. The result showed, when the density of board was $0.43 \sim 0.48 \text{ g/cm}^3$, the adhesive consumption was only 3%. Particles with moisture content lower than 25% were suitable for use. The manufactured particleboard was nonpoisonous with good water resistance.

Key words Diisocyanate(MDI); Chinese Fir; Particleboard

杉木作为南方重要的速生树种,其木材产量占全国商品材产量的 20%~25%。每年杉木小径材、间伐材、树梢、枝丫及木材加工剩余物约有上百万 m^3 ^[1], 是低密度人造板的优良原料。低密度人造板由于重量轻、耗材少、加工变形系数小、隔音隔热性能好等优点,是室内装饰和“大统间家具”的理想材料。生产低密度人造板的关键问题之一是胶粘剂。

异氰酸酯胶是最为理想的木材胶粘剂品种之一^[2],具有①无游离甲醛、游离酚释放;②木材含水率要求范围宽;③耗胶量低;④热压时间比酚醛胶短,与脲醛胶相当;⑤产品耐水性、耐气候性能好,可供室外使用等特点,因此本研究以杉木为原料,以异氰酸酯为胶粘剂,对制造低密度刨花板过程中的施胶量、热压工艺、刨花含水率及其对板材物理力学性能的影响

进行了探讨,以期异氰酸酯低密度刨花板生产提供工艺依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)刨花 杉木枝丫材、间伐小径材取自福建省建瓯市,在建瓯木材厂鼓式削片机上加工成木片,经双鼓轮刨片机制成杉木刨花。湿刨花含水率为 50%~60%,用烘箱干燥至含水率为 10%~15%。

异氰酸酯胶 采用 4,4'-二苯基甲烷二异氰酸酯胶(MDI),为红棕色液体,密度 1.22 g/cm^3 ,粘度 82 s (涂-4杯, 20℃),贮存期 1年以上。

脱模剂 S 实验室自制,为无污染、无特殊气味的液体,主要成分是石蜡。

1.2 试验方法

收稿日期: 1999-01-10 修改稿: 2000-01-20
作者简介: 林巧佳 (1954-),女,福建林学院林工系副教授。

在实验室采用气压喷胶,刨花施胶后手工铺装成型,毛坯幅面 350 mm× 350 mm 热压工艺曲线参照普通刨花板生产的热压曲线(见图 1)

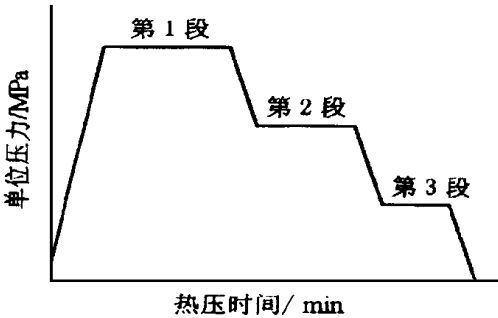


图 1 热压工艺曲线

Fig. 1 Hot-pressing technological curve

考察因素为:施胶量、热压温度、热压时间、热压压力。每个因素各取 3 个水平,按正交试验表 $L_9(3^4)$ 安排试验,以确定制板的最佳工艺参数。其中热压时间和压力是指曲线中第一段的压力和时间,第 2、3 段压力和时间保持不变。试验因素水平选取如下:

- A 施胶量 /%

5; 3; 7
- B 热压温度 /℃

120; 140; 160
- C 热压时间 /min

6; 8; 10
- D 热压压力 /MPa

1.0; 1.5; 2.0

为探索 MDI 胶热压的工艺条件,初期观察试验不加厚度规垫块,不控制产品密度。然后在此试验基础上,加厚度规控制产品密度在 $(0.45 \pm 0.03) \text{ g/cm}^3$ 范围内,以探索最佳的工艺条件。另外在相同的施胶量和热压工艺条件下,对不同刨花含水率进行试验。

1.3 质量检验

刨花板的物理力学性能检验方法按国家标准 GB/T 4897-92 进行,同时参照德国标准 DIN 68763 V 100,增加检测“沸水煮 2 h 内结合强度”,以检验板材的耐水性能。

2 结果和讨论

2.1 观察试验(无垫块)

每张板称取杉木刨花 800 g, MC 为 $(13 \pm 0.5)\%$ 。MDI 胶与脱模剂按 1:0.8 重量比预先调制均匀。施胶量和热压条件按正交试验表 $L_9(3^4)$ 安排。压板时不使用厚度规垫块,即不控制板的密度。试验结果见表 1。

根据试验结果,运用极差分析法处理数据,得出各因素水平的试验结果平均值和极差值(见表 2)。

从表 2 可以看出,采用无厚度规垫块压板时,热

压压力对板材的密度和静曲强度影响显著,随着压力的提高,密度和静曲强度几乎呈直线增长。在上述试验条件下,板材密度达 $0.56 \sim 0.93 \text{ g/cm}^3$;静曲强度达 $11.84 \sim 35.04 \text{ MPa}$ 。

施胶量对板的内结合强度影响较大。随着施胶量增加,无论常态或水煮后的内结合强度均呈明显增大趋势。施胶量 3% 时,常态下内结合强度 $> 0.41 \text{ MPa}$,施胶量增加到 7%,内结合强度可达 1.52 MPa ,水煮 2 h 后仍能保持原强度的 45%~60%。

热压温度和时间对板材性能的影响不显著。

此外,由于 MDI 胶本身的耐水性好,因此刨花板吸水厚度膨胀率均在 $0.21\% \sim 1.92\%$ 范围内,明显低于国家标准 A 类刨花板优等品的指标值 8.0%。

表 1 杉木刨花板观察试验结果(无垫块)

Tab. 1 The results for initial test without thickness caul of Chinese Fir particleboard

试验号	工艺条件					物理力学性能					
	施胶量 /%	热压温度 /℃	热压时间 /min	热压压力 /MPa	密度 g/cm^3	MOR /MPa		IB /MPa		TS /%	SHC 10^3 N
						常态	水煮	常态	水煮		
1	5	120	6	1.0	0.56	11.84	0.64	0.38	1.33	0.83	
2	5	140	8	1.5	0.72	16.35	0.72	0.43	1.13	1.51	
3	5	160	10	2.0	0.93	32.67	0.91	0.85	0.21	2.28	
4	3	120	8	2.0	0.79	15.23	0.41	0.29	1.92	1.44	
5	3	140	10	1.0	0.65	14.68	0.65	0.40	1.34	1.56	
6	3	160	6	1.5	0.70	16.38	0.56	0.34	1.48	1.40	
7	7	120	10	1.5	0.87	28.19	1.40	0.77	1.53	1.80	
8	7	140	6	2.0	0.88	35.04	1.52	0.57	0.85	2.14	
9	7	160	8	1.0	0.71	17.23	1.31	0.59	1.86	1.49	

表 2 观察试验结果极差分析

Tab. 2 Difference analysis of the initial test results

因素	水平	密度 g/cm^3	MOR /MPa	IB /MPa		TS /%	SHC 10^3 N
				常态	水煮		
施胶量 /%	3	0.71	15.4	0.54	0.34	1.57	1.46
	5	0.73	20.3	0.75	0.60	0.89	1.54
	7	0.82	26.8	1.41	0.64	1.41	1.81
	R	0.11	11.4	0.87	0.30	0.68	0.35
热压温度 /℃	120	0.7	18.4	0.81	0.48	1.59	1.36
	140	0.75	22.0	0.96	0.53	1.10	1.74
	160	0.78	22.1	0.93	0.64	1.18	1.72
	R	0.04	3.7	0.15	0.16	0.49	0.38
热压时间 /min	6	0.71	19.8	0.90	0.43	1.22	1.46
	8	0.74	16.3	0.81	0.44	1.63	1.48
	10	0.81	25.2	0.97	0.72	1.03	1.87
	R	0.10	8.9	0.16	0.29	0.60	0.41
热压压力 /MPa	1.0	0.64	14.6	0.86	0.46	1.51	1.29
	1.5	0.76	20.3	0.89	0.51	1.38	1.57
	2.0	0.86	27.6	0.94	0.61	0.99	1.96
	R	0.22	13.0	0.08	0.15	0.52	0.67

从观察试验结果看,用 MDI 胶压制的杉木刨花

板,密度 $>0.56\text{ g/cm}^3$ 时,施胶量只需 3%,热压温度 $120\sim 140^\circ\text{C}$,热压压力 $1\sim 1.5\text{ MPa}$,板的各项物理力学性能均达到国家标准 A类刨花板优等品的指标值。但要制造低密度($D<0.5\text{ g/cm}^3$)刨花板必须采用厚度规垫块控制板材厚度,并需重新验证其它工艺参数

2.2 验证试验(加垫块)

为了控制刨花板的密度,热压时在板坯四边各放一条厚度为 15 mm 的铁垫块。每张板称取刨花 850 g ,其中表层用细刨花 100 g ,芯层粗刨花 750 g MC为 $(13\pm 0.5)\%$,设计密度 $(0.45\pm 0.03)\text{ g/cm}^3$,其它试验条件和方法与观察试验相同(结果见表 3)。验证试验结果的极差分析(见表 4)。

表 3 杉木刨花板验证试验结果(有垫块)
Tab. 3 The results of repeat test with thickness
caul of Chinese Fir particleboard

试验号	密度 g/cm ³	MOR M Pa	IB /MPa		TS %	SHC 10 ³ N
			常态	水煮		
1	0.47	7.88	0.57	0.23	2.64	0.56
2	0.47	7.96	0.71	0.46	3.45	0.61
3	0.45	7.84	0.53	0.31	0.68	0.70
4	0.43	4.37	0.50	0.27	1.88	0.44
5	0.43	4.86	0.51	0.25	1.43	0.47
6	0.43	5.06	0.40	0.20	2.04	0.61
7	0.47	8.46	0.65	0.63	2.44	0.59
8	0.48	9.41	0.80	0.58	2.70	0.48
9	0.46	6.80	0.73	0.49	2.43	0.64

表 4 验证试验的结果极差分析
Tab. 4 Difference analysis of the repeat test results

因素	水平	密度 g/cm ³	MOR M Pa	IB /M Pa		TS %	SHC 10 ³ N
				常态	水煮		
施胶量/%	3	0.43	4.76	0.47	0.24	1.78	0.51
	5	0.46	7.89	0.60	0.33	2.26	0.62
	7	0.47	8.22	0.73	0.57	2.52	0.57
	R	0.04	3.46	0.26	0.33	0.74	0.11
热压温度/℃	120	0.45	6.90	0.57	0.38	2.32	0.53
	140	0.48	7.41	0.67	0.43	2.53	0.52
	160	0.44	6.57	0.55	0.33	1.75	0.65
	R	0.04	0.84	0.12	0.10	0.78	0.13
热压时间/min	6	0.46	7.45	0.59	0.33	2.46	0.55
	8	0.45	6.38	0.65	0.41	2.59	0.56
	10	0.45	7.05	0.56	0.40	1.52	0.59
	R	0.01	1.07	0.09	0.08	1.07	0.04
热压压力/M Pa	1.0	0.45	6.51	0.60	0.32	2.17	0.56
	1.5	0.46	7.16	0.59	0.43	2.64	0.60
	2.0	0.45	7.21	0.61	0.39	1.75	0.54
	R	0.01	0.70	0.02	0.11	0.89	0.06

从表 4可以看出,由于采用厚度规垫块,板材厚度方向的压缩量被控制,因此实际密度值在设计范围内,其它性能则受工艺条件变化的影响

2.2.1 静曲强度 施胶量对 MOR 的影响较大,随着施胶量的增加,MOR 也增大。但施胶量增至 5%后,继续增大施胶量,MOR 增长不明显,这是由于刨花表面已形成连续胶膜。其它因素对 MOR 影响不大。另外,由于杉木小径材和枝丫材本身强度较低,用于制造低密度板时静曲强度均偏低

2.2.2 内结合强度 施胶量对 IB 的影响最为显著,施胶量增加,无论常态或水煮后 IB 均呈直线增大。当热压温度 140°C ,热压时间 8 min ,热压压力 1.5 MPa 时,IB 达最高值。试验表明,M DI胶低密度杉木刨花板的 IB 非常好,常态时 IB 均在 $0.40\sim 0.80\text{ MPa}$,水煮后仍能保持原强度的 50%以上。

2.2.3 吸水厚度膨胀率 试验压制的刨花板吸水厚度膨胀率都很低($TS<3.45\%$),各因素对其均无明显影响。这是因为 M DI胶具有高度耐水性,且胶中的异氰酸酯基($-\text{NCO}$)能与木材中的羟基($-\text{OH}$)等活性基团反应,形成牢固的化学键^[3],因此水分进入板内不易破坏胶接点,使吸水厚度膨胀率大大降低。

2.2.4 握螺钉力 由于杉木木质纤维松软,制成低密度刨花板,木质没有受到充分压缩,因此板材的握螺钉力都较低($SHC\leq 700\text{ N}$)。从试验结果看,提高热压温度和延长热压时间可以适当提高板材的握螺钉力。综合以上分析,刨花板密度为 $0.43\sim 0.48\text{ g/cm}^3$ 时,最佳的制板工艺条件为:施胶量 5%,热压温度 $140\sim 160^\circ\text{C}$,热压时间 $6\sim 8\text{ min}$ (即 $0.40\sim 0.53\text{ min/mm}$),热压压力 $1.5\sim 2\text{ MPa}$

2.3 不同刨花含水率的制板试验

二苯基甲烷二异氰酸酯能与水反应生成聚脲^[3],因此,刨花中含水率的高低对产品的内结合强度和静曲强度等性能指标均有影响。本研究取刨花含水率 5、10、15、20、25% 分别进行试验。板的设计密度为 0.45 g/cm^3 ,施胶量为干刨花重的 5%,热压温度 160°C ,热压时间 8 min ,热压压力 1.5 MPa 。试验结果见表 5。

表 5 不同刨花含水率对板材 MOR 和 IB 的影响

Tab. 5 Effects of particle moisture content on MOR and IB of board					
板材性能	刨花含水率 %				
	5	10	15	20	25
IB /M Pa	0. 49	0. 69	0. 81	0. 75	0. 68
MOR /MPa	5. 99	7. 90	10. 01	9. 25	9. 70

从表 5可以看出,当刨花含水率为 5%时,静曲强度和内结合强度都较低,随着刨花含水率的提高,MOR 和 IB 明显增大。当刨花含水率为 15%时,

MOR 和 IB 达到最高值。这是因为刨花含水率低时,刨花弹性变形较大,致使刨花板内应力增大,力学性能降低。随着刨花含水率的提高,刨花塑性变形增大,板材容易密实化,力学性能也就提高。但若继续提高刨花含水率,则增加了异氰酸酯与水反应的机会,减少胶与木材间的化学键结合,因此 MOR 和 IB 又下降。试验中还发现,当刨花含水率 > 20% 时,板材在热压过程中有可能出现鼓泡、分层和粘板等缺陷。因此认为,刨花最适宜的含水率为 1% 左右。

3 结论

1) 利用 MDI 胶和杉木刨花制造无毒、低密度刨花板是可行的。在现行工厂条件下,不需增加生产设备就可满足生产要求;

2) 当刨花板密度 > 0.56 g/cm³ 时,刨花施胶量只需 3%; 所制造的刨花板物理力学性能指标达到国家标准 GB/T 4897-92 规定的 A 类刨花板优等品的

要求;

3) 生产低密度 (< 0.5 g/cm³) 刨花板的最佳制板工艺条件为: 施胶量 5%, 热压温度 140~160℃, 热压时间 6~8 min (即 0.4~0.53 min/mm), 热压压力 1.5~2.0 MPa;

4) 刨花含水率 < 2% 时均能生产出合格的刨花板产品,但以含水率为 1% 最为适宜;

5) 刨花板产品耐水性、稳定性好,经沸水煮 2 h 后,板的内结合强度仍能保持原强度的 50% 以上,可作为室外型板材使用。

参考文献:

- [1] 陆继圣,等. 杉木胶合木的初步研究 [J]. 福建林学院学报, 1998, 18(2): 97~99.
- [2] 陆仁书,等. 异氰酸酯胶在刨花板中的应用 [J]. 林产工业, 1997, 24(4): 22~25.
- [3] Hzzi A. Wood Adhesive Chemistry and Technology [M]. New York: Marcel Dekker, Inc. 1983.

《中国木业指南》信息因特网

《中国木业指南》信息因特网是国内首家介绍国内外木业行业信息的综合性专业网络,国家林业局科技司委托批准,北京林业机械研究所承办并维护,于今年年初全面开通。为广大业内外人士提供全方位的资讯服务。

目前开辟的栏目:

欢迎加盟 免费介绍国内外的企业和组织机构概况;

设备信息 介绍各类生产线及木工机械、林业机械、人造板机械、制材机械等相关设备;

家具城 展示生产经营企业的家具产品,居室装饰设计;

木材及木制品 介绍木材及木制品,如地板、木制工艺品、装饰材料等;

行业动态 介绍国内外同行业发展情况、信息、行业期刊、报纸介绍;

展览会 公布即将举办的有关展览会、交流会消息;

网上书店 销售中国林业出版社等单位出版发行的林业、木业方面书籍;

服务台 普及有关科学知识,请专家解答问题,沟通信息。

本网站已在若干个网络搜索器注册,并广泛刊登广告,用户能快速到达本网站。欢迎浏览,并提出宝贵意见和建议。欢迎各企事业单位与科研院所发布信息。欲上网的企业,请提供企业简介、产品详细资料(如名称、型号、技术参数、彩色照片)及联系方式等。

地 址: 北京市和平里七区 25 楼林机所 传真: 64215203 电话: 64203201 邮编: 100013

联系人: 卫越飞 徐小燕 E-mail: wyf@woodguide.com.cn 网址: www.woodguide.com.cn