

密度对异氰酸酯胶高密度纤维板性能的影响

唐启恒^{1,2}, 常亮², 王双永², 郭文静²

(1. 中国林科院林业新技术研究所, 北京 100091; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 以桉木纤维和异氰酸酯胶为原料制备高密度纤维板, 探索密度变化对高密度纤维板吸水厚度膨胀率和力学性能的影响。结果表明: 高密度纤维板的主要力学性能随板材密度的增大而大幅度提高, 而吸水厚度膨胀率则大幅度下降。异氰酸酯胶高密度纤维板的成功制备, 对开发新型纤维板产品意义重大。

关键词: 纤维板; 高密度; 力学性能; 吸水厚度膨胀率

中图分类号: S792.39; TS653.6

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654 (2019) 03-0049-04

Effect of Panel Density on Properties of High Density Fiberboard Made with Isocyanate Resins

TANG Qi-heng^{1,2}, CHANG Liang², WANG Shuang-yong², GUO Wen-jing²

(1. Research Institute of Forestry New Technology, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

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

Abstract: High density fiberboard samples (HDF) made of Eucalyptus wood were manufactured using isocyanate resins. Influences of panel densities on mechanical properties and thickness swelling of the HDF were analyzed. The results showed that main properties of the HDF were improved significantly with increase of panel densities, which would greatly benefit to development of high performance fiberboard products.

Key words: fiberboard; high density; mechanical properties; thickness swelling

纤维板产品在我国各行各业中应用较广泛, 以往研究开发主要集中在中密度纤维板类, 产品主要应用于家具、橱柜、木地板等传统领域, 存在产品均一化和同质化等现象。因此, 急需开发新型高性能产品, 拓宽纤维板应用领域。

高密度纤维板名义密度为 0.8 g/cm^3 以上^[1], 具有更加致密的组织结构和优异的尺寸稳定性和力学性能, 目前的研究主要集中在开发环保型、功能型

和高强度^[2-4]板材等方面。在制造工艺方面, 传统的纤维板热压压力较低, 不足以将木纤维细胞孔隙压溃, 从而导致其内部存在过多的应力集中点, 影响到板材的力学和耐水性能^[5]。相关研究表明^[5-6], 提高木质复合材料的密度, 对板材耐水性和力学性能具有明显的提升。

鉴于此, 笔者以桉木纤维为原料, 以异氰酸酯为胶黏剂, 研究板材密度对高密度纤维板性能的影响, 旨在为开发高密度纤维板新产品提供技术支撑。

1 材料和方法

1.1 试验材料

桉木 (*Eucalyptus* spp.) 纤维: 长度为 2.0 mm ,

收稿日期: 2018-06-27; 修改日期: 2019-04-01

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“高强度木纤维复合板材制备及性能研究”(CAFYBB2018SZ014)。

作者简介: 唐启恒 (1986—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

占比 $\leq 20\%$ 、长度为0.15~2.0 mm, 占比 $\geq 70\%$ 、长度为0.15 mm, 占比 $\leq 10\%$ 。含水率7%~9%, 取自广西丰林木业公司。

异氰酸酯胶黏剂: Huntsman 公司提供, 棕黄色液体, 以二苯甲烷二异氰酸酯齐聚物为主要原料, 可乳化于水, 官能度约2.7, 黏度275 mPa·S(25℃)。

防水剂: 高熔点、全精炼固体石蜡。

1.2 试验设备

Huntsman 信号模拟计量施胶系统; 热压机, 电镜等。

1.3 试验方法

根据预试验, 设定了五种板材目标密度, 分别为: 0.95、1.00、1.05、1.10 和 1.15 g/cm³, 对应编号 a、b、c、d、e, 施胶量5.6%, 石蜡添加量1.0%。

根据设定的板材密度, 手工铺装, 模具规格为320 mm×320 mm, 厚度规控制板材目标厚度为12 mm。

热压温度设定为200℃, 热压时间8 min, 热压曲线如图1所示。每种密度制备3张试板。

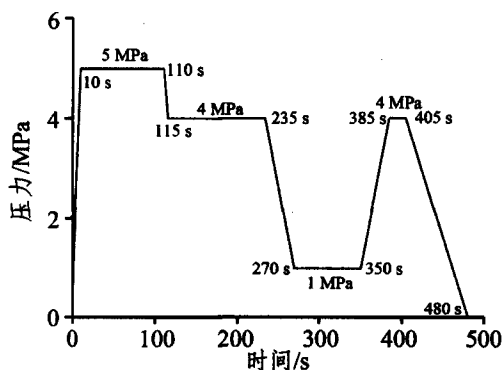


图1 制备高密度纤维板的热压曲线

Fig.1 Hot pressing curve of making HDF samples

1.4 性能检测

按照标准要求锯切试件, 并测试密度, 选择对应设定密度的试件进行各项性能的测试表征。

1) 物理力学性能: 参照 GB/T 17657-1999《人造板及饰面人造板理化性能试验方法》, 检测板材密度、静曲强度(MOR)、弹性模量(MOE)、内结合强度(IB)、24 h吸水厚度膨胀率(24 h TS)、吸水率(WA)、2 h沸水煮后内结合强度(2 h IB)。

每个指标取5个有效试件的平均值。

2) 微观性能: 采用 SEM 观察样品破坏断面的形貌。

2 结果与讨论

2.1 高密度纤维板吸水厚度膨胀率

不同密度纤维板的24 h TS测试结果见表1; 吸水率随时间的变化趋势, 见图2。

表1 高密度纤维板吸水厚度膨胀率

Tab.1 Thickness swelling of HDF samples

编号	试板密度/ (g·cm ⁻³)	24 h TS/%	
		中间测点	四周测点
a	0.95	4.26	10.46
b	1.00	3.49	8.65
c	1.05	3.05	7.16
d	1.10	3.06	7.54
e	1.15	2.96	7.36

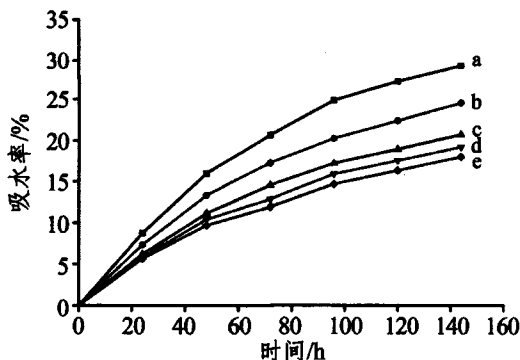


图2 高密度纤维板吸水率随浸泡时间的变化

Fig.2 Water absorption of HDF samples with soaking time

从表1和图2可以看出, 随着板材密度增加, 其24 h TS和WA降低。本试验中, 密度最高(1.15 g/cm³)较密度最低(0.9 g/cm³)试板的24 h TS(中间测点)和WA值, 分别提高了30.5%和35.5%。

为了准确地表征板材的TS, 笔者分别测试样板的中间和四边固定点, 由表1可知, 中间测点和四边固定点的TS均随着试板密度的增加而减小, 这是因为提高密度可使板材内部纤维间的接触更为紧密, 板材内部孔隙率降低, 堵塞部分毛细管通道, 水分在板材中不易渗透, 从而降低了板材的TS。

进一步观察发现, 板材四边固定点的TS均大于中间测点, 这是因为浸泡过程中, 板材四边与水接触紧密更易吸水, 因而四边的TS偏高。在板材实际应用时, 可以通过对产品进行封边处理, 或提高胶黏剂使用量, 来抑制水份的渗透, 从而缩小板材边部和中部TS的差距。

图 2 显示, 板材的 WA 随着时间的延长而逐步升高, 最终趋于平稳。这是因为板材密度越大, 内部致密度越高, 输水通道相对封闭。另外, 异氰酸酯-NCO 基团与木纤维表面反应之后, 将纤维和胶之间的连接缩小到化学键层面, 从而提升防水效果^[7]。

2.2 高密度纤维板的力学性能

不同密度纤维板试板的力学性能检测结果, 见表 2。

表 2 高密度纤维板的力学性能
Tab.2 Mechanical properties of HDF samples

编号	密度/ (g·cm ⁻³)	MOR/ MPa	MOE/ MPa	IB/MPa	
				干状	2 h 沸水水煮
a	0.95	61.8	5 730	2.03	0.35
b	1.00	64.3	6 080	2.23	0.30
c	1.05	72.1	6 640	2.86	0.35
d	1.10	74.5	6 700	3.44	0.33
e	1.15	76.4	7 050	3.81	0.32
酚醛胶纤维板 ^[8]	0.95	53.4	4100	—	—
	1.05	64.4	5430	2.89	—
	1.15	69.5	5750	3.89	—

注: 试板的破坏方式均为表层破坏。

2.2.1 抗弯性能

表 2 显示, 随着纤维板密度的提高, 其 MOR、MOE、IB 均呈现增加的趋势。这是因为密度增加, 板材内部孔隙率减小, 纤维之间的交织程度越大, 应力集中点降低, 基体之间形成连续均匀的界面层, 在承受载荷时, 界面层能更有效地传递应力, 在宏观上表现为板材力学强度提高^[8]。

与前人研究的对比分析发现^[8], 密度为 0.95 g/cm³ 的高密度纤维板, MOR 和 MOE 明显增高。此外, 与前期研究相比^[8], 本研究制备的纤维板内结合强度相近, 但具有更高的抗弯性能。这主要是由于异氰酸酯胶的-NCO 基团在高温下发生自交联反应, 得到网状大分子结构; 同时一部分-NCO 与木纤维表面的-OH 反应, 生成氨基甲酸酯基团, 将异氰酸酯胶和木纤维之间通过化学键紧密结合, 大大提升了板材的力学性能^[7]。

当密度从 1.00 g/cm³ 增加到 1.05 g/cm³ 时, 试板的 MOR 和 MOE 增幅较大; 随着密度进一步提高, 板材的力学性能增幅趋于平缓。这是因为密度进一步增加, 板材内部纤维之间的紧密程度没有大幅提

升的余地, 因而无法进一步提高板材的抗弯性能。

为进一步了解纤维板抗弯性能的变化, 采用 SEM 对样品断面微观结构进行观察, 如图 3 所示, 其中 a~e 分别对应密度为 0.95~1.15 g/cm³ 的纤维板。

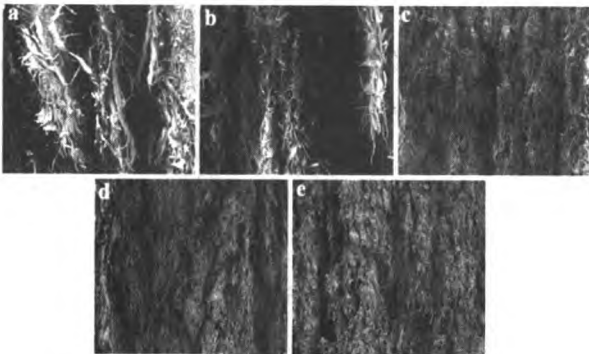


图 3 试板静曲强度断裂面微观结构(×50)
Fig.3 Cross sectional microstructures of HDF samples after bending tests (×50)

图 3 显示, 当密度较低时, 板材结构疏松, 其断裂面有很多沟壑呈现锯齿状; 当密度较大时, 板材结构较致密, 其断裂面较平, 锯齿状逐渐消失。

2.2.2 内结合强度

1) 干状内结合强度 由表 2 可知, 纤维板密度从 0.95 g/cm³ 增至 1.15 g/cm³ 时, 其干状 IB 提高近 88%, 在密度为 1.00~1.10 g/cm³ 时, 增幅较大。

样品测试断面的微观结构, 如图 4 所示。

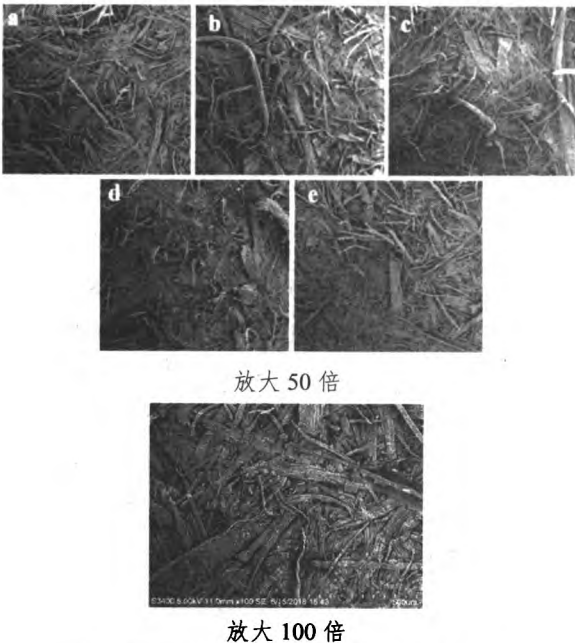


图 4 不同密度纤维板试板的内部微观结构
Fig.4 Internal microstructures of HDF samples after internal bonding tests

图4显示,随着密度的增加,纤维板内部结构逐渐变得致密,且密度越大,越多的纤维由管状结构变成扁平状结构,纤维之间的结合更加紧密,异氰酸酯固化时,将纤维紧密黏结到一起,形成网络结构。

对纤维板内部微观结构放大100倍进行观察,能直观看出扁平状结构的木纤维。致密的微观结构有助于减小微小孔隙,弱化应力集中点,促进板材力学性能的提升,同时致密的结构还可以有效地阻止水分的渗透,从而大大提高了纤维板的耐水性能。

2) 2h沸水煮后内结合强度 表2显示,板材经2h沸水煮后IB远低于干状IB。

主要原因是,在沸水作用下,木纤维吸收水分而膨胀,导致纤维之间结合力变弱,从而使力学性能下降。试样的破坏方式显示,所有板件均是表层破坏,这是因为纤维板密度较大,水分较难浸入到板材中间测点,从而对板材表层影响大,对中间部位纤维结合的影响较小。

3 结论

1) 在本试验范围内,当异氰酸酯胶黏剂施胶量为5.6%,石蜡为1.0%,热压温度和时间分别为200℃和8min,制备的高密度纤维板的吸水厚度膨

胀率和力学性能均随板材密度增加而改善。

2) 相同密度的板材,使用异氰酸酯胶制备的纤维板的力学性能,均比酚醛树脂胶纤维板的性能优异,且耗胶量更少。

3) 异氰酸酯胶制备的高密度纤维板,可望应用于地板基材、家具板材等传统领域和火车车厢、建筑幕墙等对耐水性能、机械强度要求更高的新领域。

参考文献:

- [1] GB/T 31765-2015, 高密度纤维板[S].
- [2] 张亚慧, 祝荣先, 于文吉. 改性大豆蛋白胶黏剂在高密度纤维板中的应用[J]. 中国人造板, 2011(12): 10-13.
- [3] 张江峰, 刘达成. 新型功能纤维板的开发与应用[J]. 中国人造板, 2017, 24(7): 17-20.
- [4] 奚广友. 中高密度纤维板在建筑领域中的应用[J]. 安徽技术师范学院学报, 2005, 19(6): 35-37.
- [5] SONG J W, CHEN Chaoji, ZHU S Z, Zhu MW. Processing bulk natural wood into a high-performance structural material[J]. Nature, 2018, 554(7691): 224-228.
- [6] CHEN Y P, DANG B K, JIN C D, et al. Processing lignocellulose-based composites into an ultrastrong structural material[J]. ACS Nano, 2018. DOI: 10.1021/acsnano.8b06409.
- [7] 顾继友. 胶接理论与胶接基础[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 6-18.
- [8] TANG Q H, FANG L, GUO W J. Investigation into mechanical, thermal, flame-retardant properties of wood fiber reinforced ultra high density fiberboards[J]. Bioresources, 2017, 12(3): 6749-6762.

(责任编辑 孟凡丹、向 琴)

SCM “人工智能工厂”开放日

2019年伊始,来自世界各地的2500多名代表,参加了位于意大利里米尼SCM集团总部的“人工智能工厂”开放日活动,以木材加工行业的智能工厂以及工业机器人与协作机器人为主题,彰显意大利SCM集团在木材和家具加工行业的国际领先地位。

SMC集团拥有4000多名员工,业务遍布于家具、建筑、汽车、航空航天、塑料等多个领域。在创新的驱动下,SCM集团全身心致力于数字和智能工厂等新技术的开发。先进的工业机器人主要完成体力工作;而协作机器人则与操作人员协同工作。智能化不仅使工厂能够更快、更有效地顺应市场变化,同时可大大减轻操作人员的劳动强度,使他们专注于创造更高附加值的工作。

在SCM的技术中心,展示了从面板加工、表面

处理、涂饰、橱柜装配等家具生产各个阶段自动化流程。其优势在于,尽可能在一条装配线上完成优化切割、砂光和喷漆、打磨和压制、封边和钻孔等全部操作,加工完成后,将订单重新组合进而可以实现定制。

另外,在相关软件的支持下,家具制造商还可以根据客户的不同需求进行个性化处理,减少了因更改订单而重新调试设备所花费的时间,提高了生产效率。

让用户亲身体验未来木材加工行业的创新技术,在工业4.0时代,SCM集团不仅是一个供应商,更是一个合作伙伴,随时为客户提供全方位的解决方案及优质服务。

孟凡丹