

研究与开发

喷蒸真空热压水溶性酚醛胶 杨木大片刨花板

徐长妍, 华毓坤

(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 我国防水人造板生产目前普遍采用酚醛树脂胶(PF), 热压周期长, 生产效率低。笔者采用南京林业大学饱和蒸汽喷蒸试验机, 压制水溶性PF胶杨木大片刨花板。结果表明, 采用喷蒸真空热压(SIVP)技术, 热压时间可缩短到传统热压的35%左右; 板的吸水厚度膨胀率(TS)缩小33%; 在相同施胶量下, 板的内结合强度(IB)提高约15%, 同时甲醛释放量降低约24%; 但板的抗弯性能有较大幅度的下降; 此外, 板材芯层最低密度值比传统热压的板增高, 断面密度分布趋于均匀。

关键词: 喷蒸真空热压; 酚醛树脂; 热压周期; 断面密度分布

中图分类号: TS653.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2002)04-0010-03

PF Poplar Flakeboard from Steam-injection-vacuum Pressing

XU Chang-yan, HUA Yu-kun

(College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Phenol-formaldehyde resin (PF) is used widely in water resistant wood-based panel manufacturing in China, but its above 100 °C curing temperature and long pressing time result in low productivity. This study focused on Poplar flakeboards using aqueous phenol-formaldehyde resin (PF) by steam-injection-vacuum pressing (SIVP). Comparing the processing parameters and quality indexes of board by SIVP with that in conventional techniques, the results showed that by SIVP, the board pressing time could be shorten to 35% of that in conventional pressing; some physical and mechanical properties of the boards could be improved; the thickness swelling (TS) was decreased by 33%, the internal bond strength (IB) increased about 15%, formaldehyde emission of the board was reduced by 24%. But the bending property of board was reduced significantly. The board had higher core density with more uniform density profile.

Key words: Steam-injection-vacuum pressing (SIVP); Phenol-formaldehyde resin (PF); Pressing time; Density profile

随着木材资源的日益短缺, 速生材的综合利用及木质复合材料的研究开发越来越受到人们重视。据专家预测, 防水性低密度刨花板厚板有望成为木材和结构胶合板的替代品, 在建筑行业大显身手。目前, PF胶防水性木质复合材料在国内应用最为普遍。在传统热压工艺中, 胶粘剂固化所需的热量主要来自板坯与热压板的接触传热, 由于木材系热的不良导体, 板坯

内热传递速率低, 故固化温度高, 热压周期长, 使生产效率低, 特别是生产厚板时尤为严重。为了缩短热压时间, 曾有“steam shock”或称“steam jet”^[1]及高频加热等热压方式, 但由于技术、经济或操作等方面的原因, 都没能在生产中得到推广。近年来开发出喷蒸热压技术(SIP), 即在板坯热压过程中, 通过压板上的孔眼向板坯注入高温蒸汽, 直接作为热传递介质, 在压力作用下蒸汽快速向板坯内部扩散、对流并穿透板坯, 同时遇冷木刨花产生冷凝反应, 所释放的冷凝热

收稿日期: 2001-10-10

作者简介: 徐长妍(1967-), 女, 南京林业大学博士。

使整个板坯快速而均匀受热,板坯中心温度在极短时间内即可上升至 100℃以上,从而加速胶固化,有效缩短热压时间。该技术应用在厚板生产中效果更加显著。喷蒸真空热压(SIVP)是在喷蒸热压的基础上,在热压后期用真空管组对板坯抽真空,不仅有利于板坯内残留蒸汽的排除,降低板坯内应力,减少板坯内水分含量,减少甚至消除鼓泡现象的发生(对速生杨尤其重要),而且可以帮助板坯内有害气体(如游离甲醛等)的排除,见表 1。

表 1 采用 SIVP 与 SIP 技术的大片刨花板的性能^[3]
Tab. 1 Properties of flakeboards pressed in SIVP and SIP

热压方式	蒸汽压 MPa	喷蒸时间 s	抽真空时间 s	IB MPa	TS %	甲醛释放量 mg/100g
SIP	0.8	35	0	0.336	11.35	10.24
SIVP	0.8	35	56	0.450	5.68	9.46
SIVP	0.8	35	200	0.448	5.01	7.33

与传统热压相比,采用 SIP 及 SIVP 技术可使板坯内部环境发生重大变化:高温蒸汽在向板坯内部扩散和对流时所生成的冷凝水明显提高板坯内部的湿度,在该高温、高湿环境中,板坯内部的热传递加快,同时,木材的快速均匀塑化可降低热压板坯所需的单位压力,从而简化压机结构,降低设备造价。另外,SIVP 还可改善板的某些物理力学性能,因而已成为木质复合材料热压的发展方向之一,并已在工业发达国家得到理想的推广效果。但是,SI(V)P 技术应用于 PF 胶大片刨花板或定向刨花板仍存在问题:大量的冷凝水一方面破坏胶的固化反应从而降低固化速度,另一方面对水溶性 PF 胶有稀释作用。加上由于受热后,胶的粘度减少的程度大于固化使其粘度增加的程度,结果胶渗透过度,造成胶层缺胶,胶合强度降低,严重影响板性能。我国有关 SIP 的研究起步较晚,对 PF 胶木质复合板的 SIVP 试验亦未见报道。本试验采用 SIVP 技术,旨在探讨缩短 PF 胶杨木大片刨花板的热压周期及其对板材性能的影响。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

表 2 刨花筛分组成
Tab. 2 The sifting value of particles

筛目	≤6	>6,≤9	>9,≤14	>14,≤42	>42
百分比	35.65	30.74	23.07	9.70	0.84

杨木大片刨花和液态甲阶酚醛胶取自江苏徐州定向刨花板厂。刨花形态尺寸见表 2,刨花堆积密度为 0.240 g/cm³,含水率为 4%。经测定,胶液 pH 值 11.0,粘度为 305 mPa·s,固体含量为 50.2%。

2.2 试验方法

施胶量为 7%,石蜡用量 1%。手工铺装,板坯幅面为 500 mm×500 mm×19 mm,目标密度为 0.6 g/cm³,单层结构。采用 BY602×4 型试验压机制板。为使蒸汽均匀地喷入板坯的上下表面,并防止粘板,在板坯上下表面放置铜垫网。喷蒸时板坯压缩比约为 1.2 左右^[2]。饱和蒸汽压 0.6 MPa,喷蒸时间 35 s,抽真空时间 107 s^[3]。热压压力以单层压机达到厚度规为宜,热压温度 180℃。并以传统热压工艺压制对比板,热压时间取 900 s。喷蒸真空热压过程中板坯中心温度变化及不同阶段的时间安排见图 1,重复 3 次。

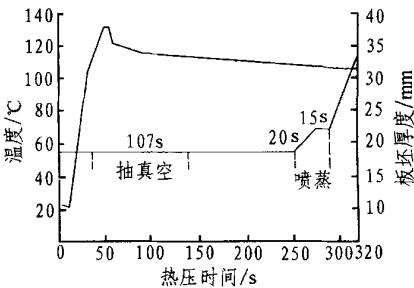


图 1 热压过程中板坯中心温度及工艺安排
Fig. 1 Mat core temperature behavior and time planning during SIVP

3 试验结果

压制的大片刨花板在室内平衡 72 h 后,按国标 GB 4896~4905-85、欧共体定向结构板和大片刨花板标准 prEn 300-94 测定刨花板的性能。仅取一次压板试验试件测定,测试结果见表 3。

表 3 杨木大片刨花板的性能
Tab. 3 Properties of Poplar flake-board

性能指标	喷蒸真空热压	传统热压	变化幅度/%
MOR _∥ /MPa	34.4	38.7	-11.1
MOR _⊥ /MPa	31.2	36.0	-13.3
MOE _∥ /MPa	4177	4337	-3.7
MOE _⊥ /MPa	3922	4255	-7.8
IB/MPa	0.476	0.413	-15.3
TS/%	7.11	10.67	-33
密度/(g·cm ⁻³)	0.783	0.804	-2.6
含水率/%	9.64	7.73	24.7
甲醛释放量/mg·(100g) ⁻¹	8.1	10.7	-24.3

采用单束 X 射线密度计测定刨花板的剖面密度分布^[4]。由于板的厚度较大,为了保持样品宏观上的均匀性,样品尺寸不能过小,因此,采用波长和吸收系数均较小的 X 射线,如 Moka 线(波长为 0.01707 nm)。质量吸收系数的测定方法是:取尺寸为 50 mm

(长)×10 mm(宽)×19 mm(厚)的试件干燥脱水,采用波长为 0.01707 nm 的单束 X 射线,沿试件的压制平面水平扫描,测得 X 射线未穿过样品时的强度 I_0 及穿过样品后的强度 I 。利用公式 $I = I_0e^{-U\rho d}$ 求得质量吸收系数 $U\rho$,结果汇总于表 4。在刨花板上沿压制平面方向取 20 mm(长)×10 mm(宽)的样品,采用波长为 0.01707 nm 的单束 X 射线沿板厚度方向水平扫描(即 X 射线穿过方向与板的压制平面平行)。记录仪每隔 0.252 mm 自动测量穿过样品后的射线强度值,经光电放大,输入微机。经计算程序分析,得出试样沿厚度方向的密度分布曲线,如图 2 所示。

表 4 刨花板的质量吸收系数 $U\rho$ 。

Tab. 4 $U\rho$ values of the mass absorption coefficient of board

$U\rho/(\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1})$	喷蒸真空热压刨花板	传统热压刨花板
数值	0.937	0.931
变异系数	5.9	7.3

4 结果讨论

4.1 热压时间

采用 SIVP 可有效缩短水溶性甲阶 PF 胶杨木大片刨花板的热压时间。在传统热压中,加热板坯的热量主要来自于与热压板的接触传热,在以热传导为主的热传递方式中,板坯中心层温度升高到树脂胶固化所需温度必须经过较长时间;而在 SIVP 中,高温饱和蒸汽直接从板坯表面喷入,虽然蒸汽遇刨花产生冷凝反应所放出的冷凝潜热加热板坯是主要的热传递机理,但此时板坯内部的热传递由蒸汽对流和冷凝共同主宰,因此板坯受热快速且均匀,板坯中心层达到胶固化所需温度的时间很短。

结果表明,采用喷蒸真空热压技术可将板的热压时间缩短到传统热压时间的 35%,这与 Hata 等人的研究成果尚有差距^[5],其主要原因可能是笔者所采用的压机为开式压机之故。

4.2 板材的物理力学性能

采用 SIVP 技术可使大片刨花板的尺寸稳定性得到明显改善。与传统热压相比,板的 TS 缩小近 33%;同时,在不增加施胶量的条件下,板的内结合强度也得到改善,其 IB 的提高约 15%。但板的抗弯性能有较大幅度的下降, $MOR_{//}$ 和 $MOR_{\perp}$ 的下降幅度分别约为 11% 和 13%, $MOE_{//}$ 和 $MOE_{\perp}$ 的下降幅度分别约为 4% 和 7%。除此以外,板内的甲醛释放量

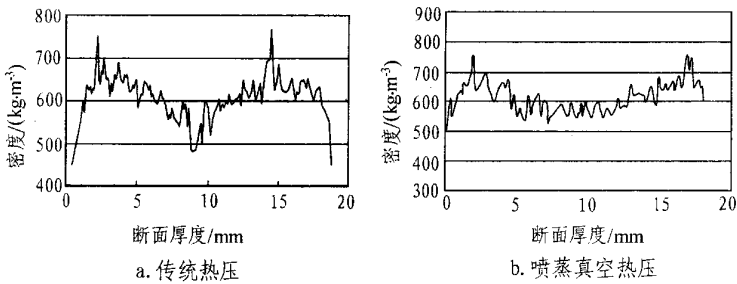


图 2 不同热压方法时杨木大片刨花板的断面密度分布

Fig. 2 Density profile of board by conventional hot pressing and SIVP

比传统热压大片刨花板降低约 24%。

从图 2 可见,采用传统热压法,杨木大片刨花板沿厚度方向的密度分布曲线呈倒“U”型,而采用 SIVP 后,大片刨花板沿厚度方向的密度分布均匀得多,这主要是由两种热压方法的不同热传递机理造成的。在传统热压中,板坯表层与芯层的温度差异较大,木材塑化的速度和程度也相差较大,从而造成刨花板的断面密度分布差异较大。而在喷蒸真空热压中,整个板坯的受热快速而且均匀,板坯内部的温度分布比较均匀,木刨花塑化的速度和程度相当,所以刨花板的断面密度分布比较均匀。另外,喷蒸真空热压刨花板芯层的最低密度值比传统热压板材的高。

5 结论

1) 采用实验室 BY 602×4 型非封闭喷蒸-真空试验机压制水溶性甲阶 PF 胶杨木大片刨花板,可将热压时间缩短到传统热压的 35% 左右。

2) 喷蒸真空热压刨花板的尺寸稳定性得到明显改善,在不增加施胶量的前提下,板的内结合强度也得到改善,刨花板的断面密度分布均匀,但抗弯性能有所降低。

3) 喷蒸真空热压刨花板中的有害气体(如游离甲醛)的含量明显降低。

参考文献:

[1] Fahrni F. Holz als Roh-und Werkstoff, 1956, 14(1): 8~10.
[2] Hata T. Heat Flow in Particle Mat and Properties of Particle-board Under Steam-Injection Pressing. 1993, 75~78.
[3] 徐长妍. 喷蒸-真空热压酚醛树脂杨木大片刨花板 [C]. 南京林业大学博士学位论文, 2000.
[4] 冯星球, 等. 用 X 射线研究人造板材的密度分布 [J]. 南京林业大学学报, 1995, 19(4): 62~66.
[5] Hata T. Heat Flow in Particle Mat and Properties of Particle-board Under Steam-Injection Pressing. 1993, 87~94.