

生产优质酚醛刨花板新途径—双重压制

王逢瑚

(东北林业大学 哈尔滨 150040)

摘要 采用双重压制新工艺压制出8种24张优质酚醛刨花板。经常规压制的刨花板,再在170℃下进行二次热压10min或20min。据对板材各种物理性质的测定结果表明:刨花板经10min的处理即可显著降低吸水厚度膨胀率和不可逆厚度膨胀率,其原因因为机械吸附蠕变和碱、热塑化作用,促使木-胶系统内锁的应力释放。

关键词 酚醛刨花板; 双重压制; 应力释放; 板材物理性质

1 前言

在生产实践中,经常将热压后的酚醛刨花板立即堆积,以改进其物理力学性能。在堆积过程中板内所含余热长时间存在,既改善了胶粘剂固化程度,又促使胶和木材胶合系统的应力释放。其机理是刨花板堆积温度达到木材的热软化点,木组织塑化加速了压应力松弛^[1]。

增加热压时间也能达到类似效果,但显然不经济。加拿大一公司研究了一种双重压制技术^[2],将常规压制后的刨花板,经裁边后再运送到第二台压机进行二次热压,以延长热压时间而又不影响产量。由于二次热压时只要板面与压板接触即可,该台增设的热压机不需大功率的液压系统,故不用增加许多投资便可奏效。在他们的工艺中,第二次热压采用的温度高达230℃至250℃,并按刨花板厚度,进行数分钟至十分钟的处理,达到了显著降低酚醛刨花板厚度膨胀的目的。该方法的优点是热压板与刨花板表面紧密接触,有利热传导,同时由于隔氧防止了板表面因高温降解,缺点是热耗太大。

在生产实践中,为防止燃烧,他们将首次压制后的板材先裁边,再进行二次热压。这样不仅损失了宝贵的热量,而且损失了板坯中绝大部分含水率,限制了水分的迁移运

动,结果限制了机械吸附蠕变的产生和发展,不得不依赖提高处理温度,消耗大量热能去解决问题。

如果在首次压制之后,立即将板坯送入第二台压机再次热压,尽管压机张开及板坯运送时不可避免地要损失水分和蒸汽,但板坯表面至芯层仍然存在含水率梯度和水分的各向迁移,同时再次压制过程又是板坯逐渐干燥过程。这种变化着的含水率状态在一定的温度下,是以使处于压缩状态的胶和木材胶合系统产生机械吸附蠕变,从而有效地释放剩余的压缩应力^[3]。基于上述思想,本研究设计了双重压制方法,采用了相同的两次热压温度,对首次常规压制的酚醛刨花板立即进行第二次热压,并检验该工艺方法能否有效地改进刨花板尺寸稳定性和其它物理力学性能。

2 实验材料和方法

所用试材为实验室压制的单层酚醛刨花板。酚醛胶为商用粉状酚醛树脂A、B和实验室制备的液态酚醛树脂C、D,共四种型号:

代号	胶 型	pH 值	固体含量 (%)
A	高碱度粉状酚醛树脂	13.0	50 (水溶液)
B	低碱度粉状酚醛树脂	10.4	50 (水溶液)
C	高碱度液态酚醛树脂	12.5	50.1
D	低碱度液态酚醛树脂	10.6	49.3

收稿日期: 1993-06-21

所设计的双重压制方法,主要参数如下:

板坯含水率 (%)	13
热压温度 (°C)	170
热压时间 (min) 首次压制	10
再次压制	10, 20

试验板是在英国威尔士大学实验室压制的,刨花板尺寸为400mm×400mm×12mm,施胶量10%,密度650kg/m³,不加石蜡防水剂,共压制12种类型36块板。成板经裁边后,按各类试件在板面上合理分布的原则切割成各类试件,再放入恒温恒湿室调湿至稳定状态。

试件经调湿后,测定其含水率、吸水率、吸水厚度膨胀率、不可逆厚度膨胀率、弹性模量、弯曲强度、内结合强度(胶合强度)等物理力学性质。所有试件的制备、调湿、测试和计算均按照英国《刨花板标准和测试方法》^[1]进行。

3 结果和讨论

表1所列酚醛刨花板试材类型、密度和厚度。由表1可见双重压制方法对板密度没有明显影响,但对板材厚度略有影响,随处

理时间略呈递减趋势。

表1 双重压制的酚醛刨花板型号、密度及厚度

型号	胶液 pH值	处理时间 (min)	密 度 (kg/m ³)	厚 度 (mm)
A	13.0	对照组	647.8	11.61
B	10.4	对照组	652.1	11.58
C	12.5	对照组	649.2	11.62
D	10.6	对照组	653.0	11.51
A'	13.0	10	654.4	11.59
B'	10.4	10	656.4	11.34
C'	12.5	10	652.8	11.32
D'	10.6	10	655.1	11.32
A''	13.0	20	652.8	11.60
B''	10.4	20	656.0	11.34
C''	12.5	20	652.5	11.34
D''	10.6	20	657.1	11.23

热处理温度高于木材软化点,木材的半纤维素会分解同时反应生成某种不易吸湿的物质。刨花板中胶粘剂固化程度也因热处理得到改进,使刨花板防水性增强。本实验的结果证实了上述观点(见表2)。若增加第二次热压的时间,各类试件的平衡含水率和吸水率都随之降低。

表3为各类试件24h浸水试验测得的刨

表2 双重压制方法对酚醛刨花板平衡含水率和吸水率*的影响

型 号	胶液 pH值	处 理 时 间 (min)	平均值 (%)		标准差 (%)		变异系数 (%)		试件数
			含水率	吸水率	含水率	吸水率	含水率	吸水率	
A	13.0	对 照 组	10.0	85.6	0.30	4.37	3.0	5.1	15
B	10.4	对 照 组	9.6	84.2	0.26	3.44	2.7	4.1	15
C	12.5	对 照 组	10.9	84.7	0.22	3.15	2.1	3.7	15
D	10.6	对 照 组	9.5	82.2	0.15	1.41	1.5	1.7	15
A'	13.0	10	9.5	79.2	0.26	10.37	2.8	13.1	12
B'	10.4	10	8.0	78.7	0.15	3.81	1.9	4.8	12
C'	12.5	10	8.3	78.0	0.17	8.04	2.1	10.8	12
D'	10.6	10	7.6	77.1	0.27	8.76	3.6	11.4	12
A''	13.0	20	9.0	78.1	0.18	7.09	1.9	9.1	12
B''	10.4	20	7.8	77.6	0.25	8.26	3.2	10.6	12
C''	12.5	20	8.3	77.1	0.17	7.03	2.1	9.1	12
D''	10.6	20	7.4	75.6	0.14	7.65	1.9	10.1	12

*吸水率为24h水浸法结果。

花板吸水厚度膨胀率和不可逆厚度膨胀率,表4列出相应的显著性检验结果。数据表明各类试件的吸水厚度膨胀率和不可逆厚度膨胀率都显著降低,特别是不可逆厚度膨

胀率。经过10min的第二次压制,刨花板不可逆厚度膨胀率比对照组降低了50%以上。将处理时间增加到20min,不可逆厚度膨胀率则继续降低,但速率减小。通过比较,可以

看出10min的处理时间更为经济和高效, 尤其是用高碱度酚醛胶胶合的刨花板, 其效果更为明显。这些结果表明酚醛刨花板的尺寸稳定性可以通过双重压制的方法得到改进,

表3 双重压制法对酚醛刨花板吸水厚度膨胀率和不可逆厚度膨胀率的影响

型 号	胶液 pH值	处 理 时 间 (min)	平 均 值 (%)		标 准 差 (%)		变 异 系 数 (%)		试件数
			吸水厚度 膨胀率	不可逆厚 度膨胀率	吸水厚度 膨胀率	不可逆厚 度膨胀率	吸水厚度 膨胀率	不可逆厚 度膨胀率	
A	13.0	对 照 组	20.1	10.1	1.81	1.80	9.0	15.8	15
B	10.4	对 照 组	20.4	11.0	0.85	1.07	4.2	9.7	15
C	12.5	对 照 组	20.0	8.5	1.20	0.85	6.0	10.0	15
D	10.6	对 照 组	19.0	9.8	1.05	0.82	5.5	8.4	15
A'	13.0	10	12.9	1.5	2.03	0.73	15.8	49.6	12
B'	10.4	10	15.3	5.2	1.29	1.66	8.1	32.1	12
C'	12.5	10	13.7	1.9	1.17	0.60	8.5	31.6	12
D'	10.6	10	14.2	4.5	0.98	0.91	6.9	20.1	12
A''	13.0	20	11.6	0.5	1.26	0.26	10.9	49.4	12
B''	10.4	20	11.5	1.9	0.54	0.68	4.7	36.0	12
C''	12.5	20	11.1	0.5	0.84	0.25	7.5	52.7	12
D''	10.6	20	11.1	1.6	0.76	0.32	6.9	20.4	12

结果来自24h水浸法试验

其效果随处理时间而增加。

表3中A', A'', C''三组试件的不可逆厚度膨胀率的变异系数比较高, 这是由于计算中作为基数的各平均值很小, 相对而言测量误差就较大。例如, 尽管C''组试件的变异系数高达52.7%, 但实测各试件的最大不可逆厚度膨胀率仅1.0%, 最大值与最小值之差仅为0.15mm。

采用双重压制新工艺, 使酚醛刨花板的吸水厚度膨胀率和不可逆厚度膨胀率显著降低, 明显改进了板材的尺寸稳定性。主要机理是通过高聚物的机械吸附蠕变及碱、热软化了刨花的木材组织, 使板坯内胶-木胶合系统内含的压应力在第二次压制时进一步有效释放。

对照高碱酚醛胶压制的A组和C组试件与低碱的B组和D组试件, 前者的不可逆厚度膨胀率下降至极低。经显著性检验, 高碱与低碱试件的差异是明显的 (A'比B', $t=4.58$; C'比D', $t=8.03$; A''比B'', $t=6.55$; C''比D'', $t=8.13$; $t_{0.05}=2.074$)。这一结果与作者前期其他研究所获证据是一致的^[7], 充分证实了碱、热或二者共同作用对胶-木胶合系统塑化的重要性。

表4 对照组与各处理组间吸水厚度膨胀率和不可逆厚度膨胀率差异的显著性检验结果

比较组别	t 值	
	吸水厚度膨胀率	不可逆厚度膨胀率
A与A'	9.70	16.11
B与B'	12.14	13.46
C与C'	13.76	21.64
D与D'	8.82	15.96
A与A''	13.71	18.71
B与B''	24.60	25.93
C与C''	21.76	29.20
D与D''	15.13	22.69

注: $t_{0.05}=2.060$

而胶粘剂进一步固化所起的作用可能较小。据Pizzi^[5]和 Kamke^[3]研究, 对于12mm厚的刨花板来说, 170℃的温度和10min的热压时间已足以使酚醛胶充分固化, 而本研究中采用的首次压制条件已达到该要求, 所以酚醛胶在第二次压制中进一步固化的可能性不大。

如前言中所述, 酚醛刨花板的尺寸稳定性可以采用常规热处理来改进, 但一般需200℃或以200℃上的高温和1至数小时的时间。Hsu^[2]使用双重压制法成功地缩短了

处理时间,但却采用了更高的温度。而本研究仅采用170℃的温度进行10min或稍长的处理时间,却达到了与Hsu近似的结果。这表明除了热和碱的作用之外,存在某种更重要的,板内应力释放因素的影响,这就是胶-木胶合系统的机械吸附蠕变特性。

木材机械吸附蠕变是木材在载荷、热和含水率变化的共同作用下与时间相关的“永久变形”,这种蠕变随着木材解吸而加剧。在解吸过程中,木材的氢键结合被打开,从而有利于分子链间的互相滑动及化学键的重新组合。Rice和Youngs^[6]对红栎干燥过程中的蠕变进行了研究,并发现试材的粘弹性蠕变在干燥前期仅占很小比例,而机械吸附蠕变则是应变的主要成分(约为普通蠕变的二十倍)。

本实验设计的双重压制工艺所提供的热能及水分迁移运动,创造了适合机械吸附蠕变的环境条件^[7]。在压应力的作用下,木-胶胶合系统产生机械吸附蠕变,使压缩变形中粘弹性部分转换成“永久性变形”。而该变形的逆转要求变形体在吸湿的同时获得相当的能量来重新打开化学键。在一般应用环境中,木质材料无从获得该部分能量,所以变形为永久的。通过这种转换,板坯内的压缩应力得到有效而迅速释放。目前,国际国内尚无人问津木质人造板机械吸附流变特性的研究,鉴于它在人造板生产和应用上的重要性和复杂性,有必要进行深入研究。

经双重压制,所有刨花板试件的物理力学性质均得到加强(见表5,表6)。结果

表5 双重压制酚醛刨花板的静曲强度和弹性模量

型 号	胶液 pH值	处 理 时 间 (min)	平 均 值 (MPa)		标 准 差 (MPa)		变 异 系 数 (%)		试件数
			静曲强度	弹性模量	静曲强度	弹性模量	静曲强度	弹性模量	
A	13.0	对 照 组	28.8	2929	4.18	305	14.5	10.4	12
B	10.4	对 照 组	30.6	3143	4.45	328	14.6	10.4	12
C	12.5	对 照 组	30.5	2937	3.74	305	11.5	10.4	12
D	10.6	对 照 组	32.7	3294	3.44	275	11.5	8.3	12
A'	13.0	10	29.0	2933	2.96	280	10.2	9.6	12
B'	10.4	10	34.3	3945	5.53	357	16.2	9.1	12
C'	12.5	10	34.3	3646	6.05	402	17.7	11.0	12
D'	10.6	10	33.6	3659	2.97	255	8.9	7.0	12
A''	13.0	20	32.8	3413	4.96	433	15.1	12.7	12
B''	10.4	20	40.7	4328	7.35	682	18.1	15.8	12
C''	12.5	20	35.2	3723	4.08	220	11.6	5.9	12
D''	10.6	20	35.6	3867	5.45	389	15.3	10.1	12

表6 双重压制酚醛刨花板内结合强度

型号	胶液 pH值	处理时间 (min)	平均值 (MPa)	标准差 (MPa)	变异系数	试件数
A	13.0	对照组	0.33	0.11	32.6	21
B	10.4	对照组	0.39	0.08	20.5	24
C	12.5	对照组	0.40	0.07	17.5	24
D	10.6	对照组	0.36	0.06	17.7	24
A'	13.0	10	0.71	0.13	17.6	24
B'	10.4	10	0.69	0.07	9.5	24
C'	12.5	10	0.63	0.10	16.1	24
D'	10.6	10	0.64	0.09	13.6	24
A''	13.0	20	0.74	0.13	18.0	24
B''	10.4	20	0.73	0.09	12.6	24
C''	12.5	20	0.70	0.12	16.3	24
D''	10.6	20	0.64	0.05	8.1	24

表明,酚醛刨花板的机械性能,特别是内结合强度可以用双重压制的工艺方法去改进。通常,提高胶粘剂的固化程度可以加强刨花板内结合强度,另一方面也可用应力释放的理论来解释。由于板内的压应力释放,残余的应力大为减少,故刨花与胶结合部位需更大的外力将木材与胶缝剥离。所以刨花板内结合强度的改进,从另一方面证明了板内应力释放的程度。

4 结论

本研究设计的双重压制工艺可生产出尺

寸稳定、强度好的酚醛刨花板。实验结果证明：采用10min的双重压制工艺，即可使板的厚度膨胀率和不可逆厚度膨胀率显著降低，这是由于二次热压过程中板坯内锁应力有效释放和可能某种程度的胶固化度提高。长于10min的处理时间可继续改进板材的性能，但效率降低必将影响产量。

应力释放是由于处理中板坯内热能和含水率变迁促成胶-木系统机械吸附蠕变的产生和发展。同时木材组织的碱、热塑化也加速了应力释放。对于刨花板机械吸附流变学特性及其在生产中的应用，有必要作进一步深入研究。

5 参考文献

- 1 BS 5669. Specification for wood chipboard and methods of test for particleboard. British Standards Institution, 1989

- 2 Hsu W E. Improvements in dimensional stability of waferboard, part 2. Canadian Forest Serv., Eastern Lab. 1985
- 3 Kamke F E and L J Casey. Fundamentals of flakeboard manufacture interalmat conditions. Forest product Journal, 1988, 38 (6): 38~44
- 4 Maloney T M. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publication, San Francisco, 1977
- 5 Pizzi A. Wood adhesives chemistry and technology. Marcel Dekker Inc. New York and Basel, 1983
- 6 Rice R M and R L Youngs. The mechanics and development of creep during drying of red oak. Holz als Roh-und Werkstoff, 48: 73~79
- 7 Wang Feng Hu. Stress relaxation in phenol formaldehyde bonded particle-boards. PhD. Thesis, University of Wales, 1992

A new method to produce superior PF resin bonded particleboard

Wang Fenghu

(Northeast Forestry University, Harbin 150040)

Abstract A double pressing method was designed to produce 8 types of board, a total number of 24 post heat treated PF bonded particleboards. After hot pressing, the board was treated in second press with 170°C for 10 or 20 minutes to allow sufficient heat transfer. The measurement of physical properties of boards were carried out. The results suggest that thickness swell and irrecoverable swell of the boards can be significantly reduced to very low levels with a 10 minutes treatment. The superior board properties are possibly due to further stress relaxation through mechano-sorptive creep and the alkali and thermal plasticisation in the wood glue lines.

Keywords PF particleboard; Double pressing; Stress relaxation; Physical properties of boards.