

表层微压缩和加压热处理实木地板基材的 剖面密度分布和尺寸稳定性

黄荣凤¹, 黄琼涛², 黄彦慧², 蔡琦², 刘子欢²

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业和草原局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 宜华生活科技股份有限公司, 广东汕头 313000)

摘要: 采用水热控制方法, 进行番龙眼和桦木地板基材表层微压缩, 微压缩层厚度可控制在 2~3 mm, 表层密度提高 0.15 g/cm³ 以上, 芯部密度不变; 再用加压热处理以固定压缩变形, 改善尺寸稳定性。处理基材加工的地板尺寸变化率指标均比 GB/T 35913-2018《地采暖用实木地板技术要求》限值低 50% 以上, 吸湿变形回弹率大幅降低, 加压热处理对压缩变形的固定效果非常显著。

关键词: 实木地板基材; 表层微压缩; 加压热处理; 尺寸稳定性; 变形回弹率

中图分类号: S781.7; TS62 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654 (2019) 02-0006-05

Density Profile and Dimensional Stability of Solid Wood Floor Substrates Treated with Light Compression and Pressurized Steam

HUANG Rong-feng¹, HUANG Qiong-tao², HUANG Yan-hui², CAI Qi², LIU Zi-huan²

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry and Grassland Administration, Beijing 100091, China;

2. Yihua Lifestyle Technology Co., Ltd., Shantou 313000, Guangdong, China)

Abstract: In this study, taun (*Pometia* spp.) and birch (*Betula* spp.) wood were compressed by 2~3 mm of thickness and treated with pressurized steam for compression fixing. It was found that surface density of the two wood samples increased by at least 0.15 g/cm³ with unchanged densities in inner parts of the wood samples. After being processed into wood floors, dimensional change of the wood floor samples was at least 50% lower than the requirement of the National Standard GB/T 35913-2018, and thickness recovery of taun and birch wood floor samples was only 0.04 mm and 0.13 mm respectively, that proved effective compression fixation of the pressurized steam treatment.

Key words: solid wood floor substrate; light surface compression; pressurized steam treatment; dimension stability; deformation recovery

收稿日期: 2018-09-27; 修改日期: 2019-02-15

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项目重大成果转移转化计划“杨木表层可控性绿色增强技术示范应用”(CAFYBB2018ZC003)。

作者简介: 黄荣凤(1963—), 女, 中国林业科学研究院木材工业研究所研究员。

湿热处理下的木材压缩密实化, 属于木材物理改性范畴, 较化学处理改性更为环境友好。传统的木材压缩技术, 是将木材整体软化后, 在一定压力下实施压缩密实化。这种方法虽然能显著提高木材的物理力学性能^[1-2], 但木材性能的改善程度主要依

赖于压缩率^[3]。对低密度木材而言,要达到木制品加工的性能要求,需要大幅度提高压缩率,木材材积损失大。采用树脂浸渍的表层压缩密实化技术,虽然能够获得表面性能显著改善的表层压缩木材,且压缩变形回弹率低^[4-6],但存在有害物质排放和释放问题。

水热控制下的木材表层压缩密实化技术,实现了仅对木材表面一定厚度范围内的可控制压缩^[7],适用于密度在 0.36~0.46 g/cm³ 之间的低密度木材。在压缩率低于 20% 的情况下,木材的密度和硬度可分别提高 90% 和 140% 以上;经过定型处理后的压缩木材,在高温高湿环境下,压缩变形回弹率降低至 0.85%,实现了低压缩率下木材性能的改善^[8-10]。

实木地板加工对木材硬度要求较高。依据 GB/T 15036.1-2018 《实木地板 第1部分:技术要求》,要达到一等实木地板漆膜硬度大于 1 H 或者优等实木地板漆膜硬度大于 2 H 的要求^[11],基材的最低密度须达到 0.60、0.65 g/cm³。目前市场上加工实木地板用的基材平均密度在 0.60~0.70 g/cm³ 之间,但由于木材变异性大,产地、品种、个体和取材位置的不同,密度差高于 0.20 g/cm³,常有部分坯料因密度偏低,导致地板产品的漆膜硬度指标合格率低等问题。

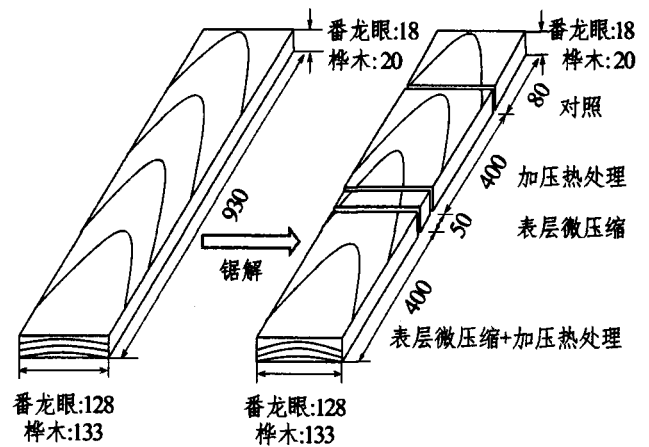
针对实木地板加工中存在的这些问题,本研究以市场上常用的桦木和番龙眼地板基材为材料,采用表层微压缩密实化技术,在基材的上下表层各形成一个 1~2 mm 的密实化层,再通过加压热处理技术固定压缩变形,以提高地板基材表层密度,改善木材的尺寸稳定性,为提升利用低密度木材制备实木地板的品质,提供有效的工艺方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

番龙眼 (*Pometia spp.*) 和桦木 (*Betula spp.*) 实木地板基材,从市场购买。每个树种的地板基材随机选择 15 块,测定密度和含水率后,按图 1 锯解为 4 类试材:

1) 对照材; 2) 未压缩的单一加压热处理材; 3) 表层微压缩处理材; 4) 表层微压缩+加压热处理的联合处理材。试材规格及表层微压缩目标基本参数见表 1。



注:图中单位为 mm。

图 1 试验材料锯解示意图

Fig.1 Diagram of specimen preparation

表 1 试材规格及表层微压缩处理参数

Tab.1 Dimension, density, moisture content and target compression thickness of wood samples

树种	尺寸/mm			密度/(g·cm ⁻³)			含水率/ %	微压缩后目 标厚度/mm
	长	宽	厚	最小值	最大值	平均值		
番龙眼	930	128	18	0.524	0.762	0.656	11.30	16
桦木	930	133	20	0.511	0.697	0.616	12.97	18

另外随机选择 15 块表层微压缩+加压热处理联合处理的地板基材,加工成地板成品,用于地板尺寸稳定性检测。

1.2 主要设备及仪器

热压机,热处理罐,X射线剖面密度仪等。

1.3 试验方法

1) 预处理:将试件横断面和径切面用石蜡封端处理后,在水中浸泡 0.5 h。

2) 压缩处理:将试件放入热压机中,采用间歇性压缩,热压温度 160 °C,压力 8.0 MPa,压缩速率为 0.5 mm/s,压缩结束后保持压力 30 min。

3) 加压热处理:将试件放入密闭的热处理罐中,在 180 °C、0.3 MPa 过热蒸汽压力下,实施 2 h 的热处理。

1.4 性能测试

1) 剖面密度 试材加工尺寸为 50 mm×50 mm×试样厚度,在温度 20 °C、相对湿度 65% 的条件下,调整至平衡含水率后,由下至上测定试样厚度方向的剖面密度。

2) 尺寸稳定性 按照 GB/T 35913-2018《地采暖用实木地板技术要求》^[12], 进行耐热和耐湿尺寸稳定性测试, 并测试厚度变化。

由于试验用地板基材的长度有限, 2种处理材严格按照国家标准要求锯解后, 剩余的对照材长度未达到标准规定的长度, 故采取增加测量位置的方式进行测量, 以减小长度的测定误差。

3) 吸湿变形回弹率 先测量压缩前试样的绝干厚度 (d_0); 从微压缩和微压缩+蒸汽联合处理材上截取 10 mm 长的试样, 分别在 103 °C 条件下干燥至绝干后, 测量其厚度 (d_c); 之后放入恒温恒湿箱, 在温度 40 °C、相对湿度 90% 条件下调湿处理至恒重, 再次经 103 °C 干燥至绝干, 测量厚度 (d_r)。按公式 1 计算吸湿变形回弹率。

$$R = \frac{d_r - d_c}{d_0 - d_c} \times 100\% \quad (1)$$

式中: R—吸湿变形回弹率, %; d_0 、 d_c 、 d_r —分别为压缩前、压缩后、吸湿处理后试样的绝干厚度, mm。

2 结果与讨论

2.1 地板基材的剖面密度分布

根据前期大量试验结果, 表层微压缩+加压热处理前后, 试材的剖面密度分布基本没有变化。故在此仅分析番龙眼和桦木经表层微压缩后, 在厚度方向的密度分布 (图 2)。

由于同一树种的地板基材密度差异比较大 (表 1), 选择试材时, 分别考虑同一树种低、中和高三种密度类型的试样。

由图 2 可知, 表层微压缩处理后, 两个树种地板基材的上下表层, 均形成了厚度约 2 mm 的压缩层, 而中间部分几乎没有被压缩, 表明在本试验设定的条件下, 表层压缩范围控制的精准程度较高。桦木的实际压缩量略高, 约 3 mm, 差异可能与木材的吸湿性密切相关。因为在同样的吸水条件下, 桦木的吸水量是番龙眼的 3.5 倍。

与未压缩部分的平均密度相比, 番龙眼木材压缩层的峰值密度和平均密度, 分别提高了 0.20 g/cm³ 和 0.15 g/cm³ 以上; 桦木分别提高了 0.30 g/cm³ 和 0.23 g/cm³ 以上 (表 2)。对于初始密度相同的试样, 桦木压缩层的最大密度和平均密度均高于番龙眼。

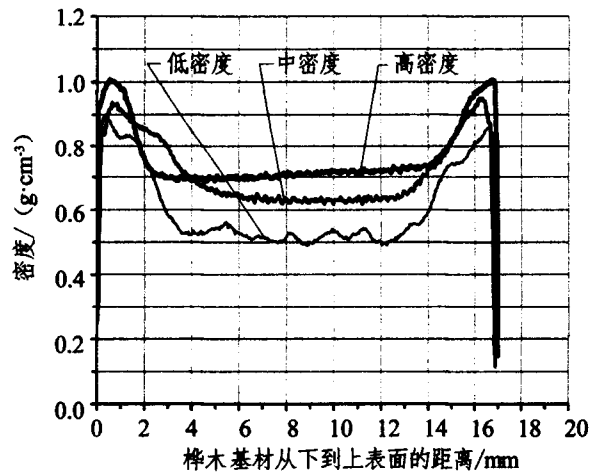
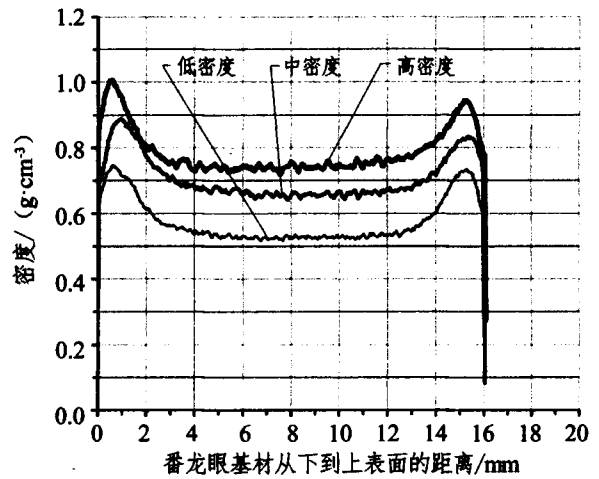


图 2 表层微压缩番龙眼和桦木的剖面密度分布
Fig.2 Density profile of taun wood and birch wood samples by light surfaces compression

表 2 表层微压缩番龙眼和桦木的密度分布特征值
Tab.2 Density distribution of taun wood and birch wood samples by light surfaces compression

树种	试样密度类型	未压缩部位平均密度/ (g·cm ⁻³)	压缩部位密度/(g·cm ⁻³)			
			峰值	表层 2 mm 范围平均值		
				下压缩层	上压缩层	上下平均
番龙眼	低	0.529	0.748	0.690	0.680	0.685
	中	0.662	0.889	0.827	0.791	0.809
	高	0.743	1.006	0.912	0.880	0.896
桦木	低	0.519	0.902	0.835	0.823	0.829
	中	0.635	0.952	0.888	0.874	0.881
	高	0.709	1.009	0.935	0.930	0.933

2.2 地板基材的尺寸稳定性

4种试样的耐热、耐湿尺寸稳定性测试结果, 如图 3 所示。

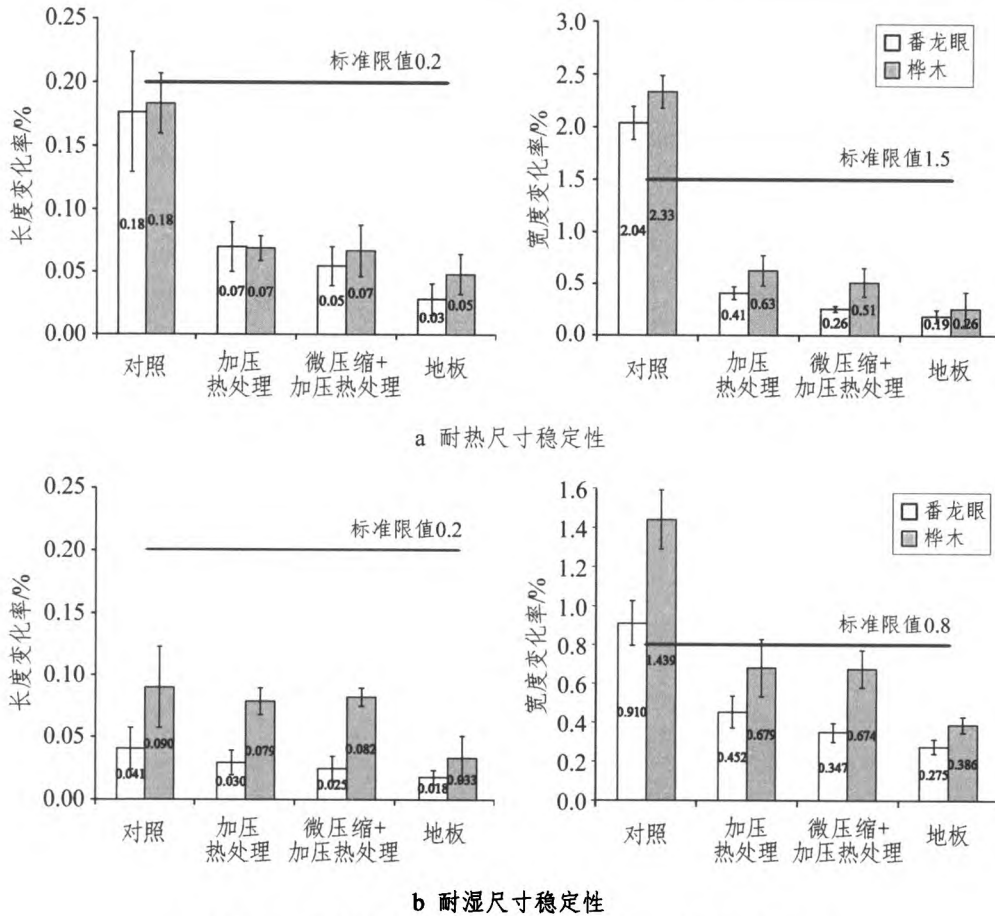


图3 不同处理条件下番龙眼和桦木的耐热、耐湿尺寸稳定性
Fig.3 Dimensional stability of taun and birch wood samples after treatments

从图3标准偏差线可以看出,部分对照材在耐热试验条件下的长度变化率超出国标限值范围,而全部处理材在耐热、耐湿试验条件下的长度变化率,均满足GB/T 35913-2018的限值要求,且明显低于对照材。单一加压热处理材、表层微压缩+加压热处理联合处理材及其地板成品,在耐热试验条件下,长度变化率均降低了60%以上;在耐湿试验条件下,也降低了10%以上,远远低于国标限值。

在耐热和耐湿试验中,番龙眼和桦木对照材的平均宽度变化率都超出国标限值。经加压热处理后,2个树种基材在耐热试验条件下,宽度变化率分别比对照材降低了80%和73%,比国标限值分别低65%和58%;在耐湿试验条件下,宽度变化率较对照材分别降低了51%和53%,比国标限值低35%和12%。

同一树种木材,表层微压缩+加压热处理联合处理材的耐热和耐湿长度及宽度变化率,均低于单一加压热处理材,两者之间在5%的水平上均存在显著差异。

地板成品与联合处理的基材相比,在耐热条件下,番龙眼和桦木地板成品的长度变化率,较基材分别降低了40%和29%,宽度变化率分别降低了19%和29%;在耐湿条件下,长度变化率分别降低了28%和60%,宽度变化率分别降低了21%和43%。

两个树种中,番龙眼素材的尺寸稳定性高于桦木素材,在同样的工艺条件下处理后,仍然是番龙眼处理材的尺寸稳定性更高。

综上所述认为,加压热处理能够显著

提高两树种地板基材的尺寸稳定性,且均能达到国标的要求^[12];表层微压缩联合加压热处理能够进一步提高地板基材和地板成品的尺寸稳定性,加工成实木地板的各项指标尺寸变化率,均比国标限值^[12]低50%以上。

2.3 地板基材的厚度及压缩变形回弹率

表3列出不同处理地板基材的含水率变化和厚度变化测定结果。

表3 不同处理地板基材的含水率及厚度变化
Tab.3 Change of moisture content and thickness of wood floor substrate with different treatments

处理方法	含水率变化/%				厚度变化率/%			
	耐热		耐湿		耐热		耐湿	
	番龙眼	桦木	番龙眼	桦木	番龙眼	桦木	番龙眼	桦木
未处理	-8.57	-8.65	4.64	5.34	1.83	2.08	1.51	1.38
加压热处理	-3.75	-4.10	2.71	3.32	0.56	0.79	0.70	0.85
微压缩+加压热处理	-2.64	-3.62	2.65	3.58	0.46	0.87	1.22	1.83

表3结果表明,在耐热和耐湿试验条件下,加压热处理使地板基材的含水率分别降低53%和33%以上。

两个树种地板基材在耐热条件下的厚度变化率,均以对照材最高,单一加压热处理材次之,微压缩+加压热处理材最低;在耐湿条件下的厚度变化率,单一加压热处理材和联合微压缩+加压热处理材之间无显著差异。

从树种看,番龙眼试材的耐热和耐湿厚度变化率均低于桦木。

在温度40℃、相对湿度90%条件下,微压缩材和微压缩+加压热处理联合处理材的吸湿变形回弹率和回弹量测定结果,列于表4。

表4 加压热处理对微压缩地板基材吸湿变形回弹率和回复量的影响

Tab.4 Effect of pressurized steam on compression recovery of wood floor substrates with light compression

树种	处理条件	回弹率/%	回弹量/mm
番龙眼	微压缩	17.67 (1.72)	0.37 (0.06)
	微压缩+加压热处理	1.74 (0.18)	0.04 (0.01)
桦木	微压缩	22.16 (2.54)	0.66 (0.08)
	微压缩+加压热处理	4.27 (0.26)	0.13 (0.01)

注:括号中数值为标准偏差。

由表4可知,表层微压缩地板基材经加压热处理后,吸湿变形回弹率显著降低,番龙眼的吸湿回弹率与相同工艺条件下处理的杨木基本一致^[10, 13],但桦木的吸湿变形回弹率比杨木高1.4倍。表明即使经过高温蒸汽压力处理,木材本身的性能依然会对处理材的性能有较大影响。

由于本研究实施的是表层微压缩,压缩量仅2~3mm,将吸湿变形回弹率换算成回弹量,经过加压热处理后,番龙眼基材的压缩变形回弹量从0.37mm降至0.04mm,桦木从0.66mm降至0.13mm。表明了加压热处理对固定压缩变形的效果非常显著。

3 结论

1) 番龙眼和桦木地板基材的密度差异比较大,直接用于加工实木地板,难以满足实木地板对硬度的要求。实施2~3mm的表层微压缩处理后,可使番龙眼压缩层、桦木压缩层的平均密度分别提升18%

~31%、34%~62%,且压缩层能够精准地控制在基材表层。

2) 加压热处理能够显著提高番龙眼和桦木地板基材的尺寸稳定性,长度和宽度变化率均能达到GB/T 35913-2018的要求。用表层微压缩+加压热处理联合处理的基材加工实木地板,尺寸变化率均比国标限值低50%以上。在同样的处理工艺条件下,番龙眼试材的尺寸稳定性明显优于桦木。

3) 表层微压缩的地板基材经加压热处理后,番龙眼的吸湿变形回弹率降低了15.93%,桦木的吸湿变形回弹率降低17.86%。以厚度变化量表示,番龙眼的压缩变形回弹量仅0.04mm,桦木为0.13mm。加压热处理显著降低了地板基材压缩变形的回弹率和回复量,对压缩变形固定的效果非常显著。

参考文献:

- [1] Misato Norimoto. Large compressive deformation in wood[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1993, 39(8): 867-874.
- [2] 李坚, 吴玉章, 马岩, 等. 功能性木材[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [3] Akihisa Kitamori, Kiho Jung, Mori Takuro, Komatsu Kohei. Mechanical properties of compressed wood in accordance with the compression ratio[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2010, 56(2): 67-78.
- [4] Masafumi Inoue, Misato Norimoto, Yasushi Otsuka, Tadashi Yamada. Surface compression of coniferous wood lumber III. Permanent set of the surface compressed layer by a water solution of low molecular weight phenolic resin[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1991, 37(3): 234-240.
- [5] Michio Tokuda, Takayuki Uchisako, Naoyuki Suzuki. Feasibility of surface hardness Sugi board by heated roll-press for flooring board[J]. Wood Industry, 2003, 58(3): 112-118.
- [6] Koji Adachi, Masafumi Inoue, Shuichi Kawai. Deformation behavior of wood by roller pressing [J]. Mokuzai Gakkaishi, 2005, 51(4): 234-242.
- [7] Zhiqiang Gao, Rongfeng Huang, Jianxiong Lu, Zhangjing Chen, Fei Guo, Tianyi Zhan. Sandwich compression of wood: Control of creating density gradient on lumber thickness and properties of compressed wood [J]. Wood Science and Technology, 2016, 50: 833-844.
- [8] Rongfeng Huang, Yanwei Wang, Jianxiong Lu, Yaoming Zhang, Youke Zhao. Sandwich compression of wood by hygro-thermal control [J]. Mokuzai Gakkaishi, 2012, 58(2): 84-89.
- [9] 王艳伟, 黄荣凤, 张耀明. 水热控制下杨木的表层密实化及固定技术[J]. 木材工业, 2012, 26(2): 18-21.
- [10] 高志强, 张耀明, 吴忠其, 王艳伟, 李任, 黄荣凤. 加压热处理对表层压缩杨木变形回弹的影响[J]. 木材工业, 2017, 31(2): 24-28.
- [11] GB/T 15036.1-2018, 实木地板第一部分[S].
- [12] GB/T 35913-2018, 地采暖用实木地板技术要求[S].
- [13] Dengyun Tu, Xiaohua Su, Tinting Zhang, Wenjun Fan, Qiaofang Zhou. Thermo-mechanical densification of *Populus tomentosa* var. *tomentosa* with low moisture content [J]. Bioresources, 2014, 9(3): 3846-3856.

(责任编辑 向琴)