

研究简报

软质木材的表面密实化

贺宏奎^{1,2}, 常建民¹

(1. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083; 2. 山西林业职业技术学院, 太原 030009)

摘要: 探讨软质木材表面密实化的理想状态和途径, 研究用酚醛树脂浸渍, 再进行不同程度压缩木材的表面密实化效果。试验结果表明, 浸渍压缩后木材密度从表层到内层的分布呈现一定的梯度, 表面密度均高于内层密度和平均密度; 试件的表面硬度、耐磨性和尺寸稳定性均有不同程度的提高。

关键词: 软质木材; 表面密实化; 浸渍; 压缩

中图分类号: TS6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2007)02-0016-03

A Study on the Surface Hardening of Soft Wood

HE Hong-kui^{1,2}, CHANG Jian-min¹

(1. College of Material Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Shanxi Forestry Vocational Technical College, Taiyuan 030009, Shanxi, China)

Abstract: Experiments for surface hardening of soft wood were described. The effects of compression of soft wood impregnated with phenol-formaldehyde resin were studied. The results showed that the density of the treated wood samples varied in a gradient from the outer shell to the inner core. The density of the surface was higher than that of the core and the average density. The hardness and abrasive property of the surface, and the anti-shrink efficiency of the treated wood samples, were all improved.

Key words: soft wood; surface hardening; impregnation; compression

在可利用天然林资源不断减少, 木材供应越来越依赖于人工速生丰产林的形势下, 通过密实化处理提高人工林木材的力学强度、改善其加工性能, 使其能够代替质地坚硬的木材, 已是一个重要的研究课题, 近年来受到了国内外学者的重视。如日本研究将软质的针叶树材经密实处理后, 代替硬质阔叶材使用^[1-3]; 国内在软质木材密实化改性方面也进行了一定的探索和研究^[4-7]。

由于木材的性能, 如硬度、耐磨性、抗弯强度、尺寸稳定性等主要取决于其表面, 通过木材表面的密实化, 即仅在木材表面一定深度使其密度增加, 表面硬化, 而木材内部密度并不增加或较少增加, 既可提高木材的物理力学性能、节约成本, 又减少了木材材积

损失, 是一种理想的人工林软质木材材性改良方法。

1 木材表面密实的理想状态和途径

1.1 木材表面密实的理想状态

图 1 所示为根据表面密实的概念及要求而提出的几种理想化状态。从理论上而言, 只要在木材表面一定深度上, 使其细胞腔及细胞壁间隙被某种物质所充填, 即可能出现图 1(1)的情形; 当向木材中渗入渗透性较差的物质, 如金属元素时, 也有可能出现图 1(2)所示状态; 图 1(3)是(1)和(2)两种状况的综合, 即木材表面若干层细胞被充满, 随厚度的增加细胞填充程度逐渐衰减; 图 1(4)的情况在研究中非常难出现; 而图 1(5)更接近实际应用状况, 在表面密实化处理时比较容易实现。

1.2 木材表面密实的途径

1) 压缩密实 木材压缩密实化技术由来已久,

收稿日期: 2006-05-16; 修改稿: 2007-03-12

作者简介: 贺宏奎(1962—), 男, 北京林业大学博士研究生, 山西林业职业技术学院副教授。

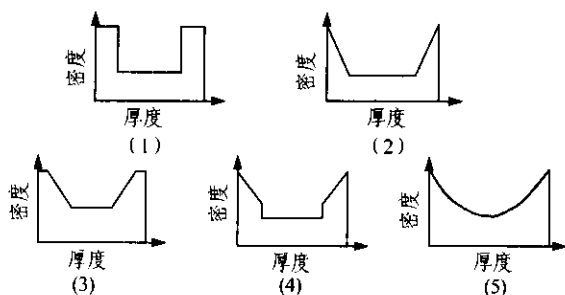


图 1 木材表面密实化的理想状态

Fig. 1 The ideal states of surface hardening for soft wood

但沿木材横纹方向进行径向或弦向压缩时,要达到比较理想的表面密实化效果的前提条件是:表层木材温度高、软化充分,而中间部分木材温度低、没有被软化,同时控制较低的压缩比或压缩率。这是因为在较大压缩率下,即使中间木材没有软化,不被压缩的可能性也很小,特别是径向压缩时,早材细胞由于细胞壁薄而容易被压缩变形。因此,通过压缩达到木材表面密实,需采用高温、短时间热压的工艺方法^[4]。

2) 渗透或浸渍密实 将有机树脂等有机物、无机金属元素等渗入木材表层的一定厚度,实现木材表面密实的目的。由于酚醛树脂、脲醛树脂、三聚氰胺改性树脂、异氰酸酯等树脂可与木材能形成交联作用,在密实处理方面应用比较普遍。木材表面密实的效果主要取决于这些物质在木材横向上的渗透性。

3) 浸渍压缩密实 将经过树脂浸渍的木材再进行一定程度的压缩处理,其密实化程度更高,树脂对压缩变形还有良好的固定作用^[5-8]。如果 2 种方法较好地结合,可得到更好的表面密实化效果。

2 试验材料和方法

选择三倍体毛白杨,以成本较低、渗透性较好的水溶性低分子量 PF 树脂浸渍试件,再经不同程度的机械压缩,然后检测处理后试件厚度方向上的密度分布、尺寸稳定性、硬度及耐磨性等指标。

2.1 材料

1) 三倍体毛白杨(*Populus tomentosa*):采自山西省原平市,树龄 6 年,平均胸径 23.24 cm。按 GB/T 1933-1991《木材密度测定方法》,测得平均气干密度为 523 kg/m³。试件规格分为 3 种:(L×T×R) 300 mm×50 mm×30 mm、300 mm×50 mm×25 mm 和 300 mm×50 mm×22.5 mm。

2) PF 树脂:在 NaOH 作用下,将工业苯酚和甲醛以 1:2.5 的量比合成。按 GB/T 14074-2006《木

材胶粘剂及其树脂检验方法》,检测其性能指标为:固体含量 52.28%,游离酚含量 0.64%,游离甲醛含量 0.22%,可被溴化物含量 15.6%,黏度 8.8 mPa·s, pH 值 9.23,水混合倍数 L>7.5。

2.2 方法

1) 浸渍树脂和压缩:选取的 PF 树脂固体含量分别为 15%和 30%。试件先真空处理 30 min,注入药液,加压渗透后气干至含水率 18%~20%。然后在热压机上(热压温度 150~180 °C、加压 10~20 min)将试件压缩定型至径向厚度 20 mm,得到表面压密的试件。径向厚度为 22.5、25 和 30 mm 的 3 种试件相应的压缩率分别为 11%、20%和 33%。

2) 检测:在每个表面压密的木材试件中部截取 3 mm 厚的薄片 5 个,用 X-射线衍射仪进行密度检测。根据公式 1 计算木材密度:

$$d = \frac{1}{u \cdot t} \ln \frac{I_0}{I} \quad (1)$$

式中: I_0 —X 射线的初始强度; I —测试时 X 射线的强度; t —木片的厚度; u —吸附系数(与 X 射线波长以及物质种类有关的常数,本次试验取 $u=6.965$)。

3 试验结果与讨论

3.1 密度

图 2 所示为用固体含量 15%的 PF 树脂浸渍处理并表面压密后的试件密度分布。根据公式 1 计算可得:压缩率为 11%时,表面压密木材试件表层 1~2 mm 处密度值约为 587 kg/m³,内层密度较小,平均为 489 kg/m³;压缩率为 20%时,表面压密木材试件表层 3 mm 内木材密度为 751 kg/m³,平均密度为 634 kg/m³;压缩率为 33%时,表层 1~3 mm 压缩比较均匀,密度在 950~1 100 kg/m³ 之间,平均密度 908 kg/m³。

当树脂固体含量 30%时,表面压密木材试件有类似的密度分布。压缩率为 11%时,表层密度 824 kg/m³,平均密度 710 kg/m³;压缩率为 20%时,表层密度 962 kg/m³,平均密度 838 kg/m³;压缩率为 33%时,表面密度 1 190 kg/m³,平均密度 1 034 kg/m³。

3.2 尺寸稳定性

经过处理后的试件表层密度增加,在冷水中浸泡 24 h 后,湿状态下的弦、径向膨胀率分别为 6.47%和 2.22%,干状态下的弦、径向膨胀率分别为 -0.45%和 -0.37%;其湿、干状态下的弦、径向膨胀率,亦随

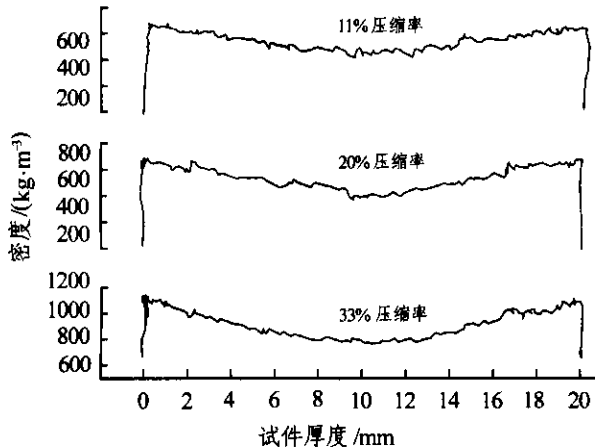


图2 PF树脂固体含量15%时压缩木材的密度分布

Fig. 2 The density contribution of compressed wood treated with 15% PF resin

PF树脂固体含量的不同而发生变化。

湿状态下,试件的膨胀率无论在弦向还是径向上,均随PF树脂固体含量的增加而减小。由于PF树脂不仅在木材细胞腔中固化,还进入了细胞壁,并发生化学反应,从而可提高试件尺寸稳定性。试件弦向膨胀率大于径向膨胀率,是由木材本身的干缩湿胀特性决定的。

干状态下,试件的膨胀率出现了负值,初步推断可能是由于在浸泡过程中,部分树脂或木材本身的抽提物浸出,在烘干过程中发生收缩,其对尺寸稳定性的影响,大于浸泡过程中膨胀产生的影响。随着PF树脂固体含量的增加,试件弦、径向膨胀率虽然为负值,其绝对值却逐渐降低,有利于保持尺寸的稳定。

试件沸水煮2 h后,湿、干状态的弦、径向膨胀率随PF树脂固体含量的增加而发生变化。湿状态下试件的弦、径向膨胀率,随PF树脂固体含量的增加而降低;当PF树脂固体含量达到20%以后,试件径向膨胀率的减小幅度更明显。而在干状态下,试件的弦、径向膨胀率为负值,绝对值随PF树脂固体含量的增加而减小,且在PF树脂固体含量较低时绝对值减小得更快,在PF树脂固体含量达20%以后的变化趋于缓和。

3.3 硬度和耐磨性

按GB/T 1941-1991《木材硬度试验方法》检测。20%固体含量PF树脂浸渍的试件,其表层弦向硬度平均达到7 180 N/cm²,比未处理试件提高4倍;试件在20℃、相对湿度65%的容器内放置一周后,取出在耐磨度仪旋转磨削测量,其质量损失下降8.5倍。

综上所述,软质木材表面密实化处理,经固体含量为20%的PF树脂浸渍后再压缩,在压缩率达到30%时,软质木材的密度、尺寸稳定性、硬度和耐磨性均达到硬质阔叶树材的水平,可以作为诸如地板基材使用。

4 结论

1) 对木材进行树脂浸渍和机械压缩相结合的处理,随着树脂固体含量和压缩率的增加,木材表面密度增加大于内层密度,可获得比较理想的表面密实化效果。

2) 浸渍固体含量15%PF树脂并压缩处理的木材试件,同未处理木材相比,压缩率为11%时,试件的平均密度增加12.6%,表面密度增加31.3%;压缩率为20%时,试件平均密度增加40.3%,表面密度增加62.7%;压缩率为33%时,试件平均密度增加73.6%,表面密度增加约1倍。

浸渍固体含量30%PF树脂并压缩处理的木材试件,同未处理木材相比,压缩率为11%时,试件的平均密度提高35.7%,表面密度提高57.5%;压缩率为20%时,试件的平均密度提高60.2%,表面密度提高83.9%;压缩率为33%时,试件的平均密度提高97.7%,表面密度则提高127.5%。

3) PF树脂浸渍表层压密木材的尺寸稳定性提高,冷水浸泡和沸水煮时,湿、干状态下木材的弦、径向膨胀率均有不同程度的减小,木材表面耐磨性能亦有所提高。

参考文献:

- [1] 井上雅文,则元京. 软质针叶树材的表面层压密化处理(第Ⅱ报)[J]. 木材学会志(日),1991,37(3):227-241.
- [2] Masafumi Inoue, Misato Norimoto. Surface compression of coniferous wood lumber[J]. Mokuzai gakkaiishi, 1990, 36(11): 969-975.
- [3] 成俊卿. 木材学[M]. 北京:中国林业出版社,1985:922-936.
- [4] 刘君良,江泽慧,许忠允,等. 人工林软质木材表面密实化新技术[J]. 林产工业,2002,16(1):20-22.
- [5] 尤纪雪,金重为,张雪元. 马尾松酚醛树脂改性研究[J]. 南京林业大学学报,1988(2):60-64.
- [6] 方桂珍,刘一星. 低分子量MF树脂固定杨木压缩木回弹技术的研究[J]. 木材工业,1996,10(4):18-21.
- [7] 刘君良,刘一星. 杨木、柳杉表面压密材的研究[J]. 吉林林学院学报,1998,14(2):21-24.
- [8] Masafumi Inoue, Shigeyuki Ogato, Misato Norimoto. Fixation of compressed wood using melamine-formaldehyde resin[J]. Wood and fiber science, 1993, 25(4):404-410.

(责任编辑 向 琴)