

桉材热处理及其渗透性能的改善

刘 元

(中南林学院 湖南株洲 412006)

摘要 本文以高温软化和瞬时降压之方法对三种桉材 (*Eucalyptus*) 进行了汽蒸热处理试验。结果表明:除赤桉 (*E. Camaldulensis*) 外,热处理后的桉材导管壁上纹孔膜出现了不同程度的破裂,甚至脱落为空洞。其渗透性能得到了较明显的改善。其中以140℃、5h的热处理效果为佳。

关键词 桉材; 热处理; 渗透性

1 前言

桉树为速生树种,年生长量大,已受到世界各国的重视。我国在南方也大面积引进栽培。但桉树干燥时易发生开裂、变形和皱缩,干燥周期长;同时易霉、易腐,使应用范围受到了限制。现世界各国大多只用作造纸原料。因此,如能以某种方式处理桉材,改善其性能,拓展其用途对缓解我国的木材资源紧张状况具有实际意义。木材干燥困难,究其原因木材内部水分移动不畅,木材的渗透性差;此外,防腐剂的注入亦与木材的渗透性能密切相关。可见,改善木材渗透性能是关键。桉材为阔叶树材,决定其渗透性能的内在因素是输导组织——导管,影响导管的主要又是导管壁上的纹孔。设想采用某种方法既不损伤桉树组织主体,又能局部破坏其导管壁上的纹孔膜,扩大桉材内部渗透通路的话,就能达到改善桉材渗透性能之目的。

目前改善木材渗透性能的处理方法有多种:如有以化学或微生物方式融解,侵蚀阻碍渗透性成分或要素的所谓化学、微生物方式;机械式破损木材组织方式;直接热处理(热烟熏)和水热蒸煮处理方式等^[1-4]。化学、微生物方式往往需要很长时间;机械式破损又会显著降低木材力学性能;直接热处理易引起木材开裂和变色;水热蒸煮处理则常产生木材的水热劣化。本研究尝试以汽

蒸高温软化和瞬时降压之方法,局部破损木材最薄弱部分——导管壁上的纹孔膜,扩大木材内部渗透通路,而改善木材渗透性能。

2 试验材料和方法

2.1 试验材料

试材共3种,每种各2株。分别为赤桉 (*Eucalyptus camaldulensis*)、细叶桉 (*E. tereticornis*)、多枝桉 (*E. viminalis*),均采自日本爱知县。试材胸径约为25cm,伐倒后将其截成2m长左右的木段,试材含水率约为70%~80%。

2.2 试验方法

2.2.1 汽蒸热处理试验装置 热处理试验装置如图1。

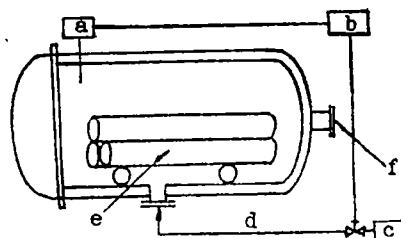


图1 热处理装置简图

a. 热电偶; b. 温度控制仪; c. 锅炉;
d. 蒸汽; e. 试材; f. 阀门

2.2.2 试验原理 将试材装入处理罐,通入高温饱和水蒸汽,罐内的温度(材表温度)可很快升至与高温饱和水蒸汽相对应的温度。设高温饱和水蒸汽的压力为 P_1 。而材内的温度(特别是材中心部位的温度)基本与装

收稿日期 1993-08-16

入处理罐前相同。随着高温饱和水蒸汽的不断注入,材内的温度将逐渐升高,至材内水分沸腾汽化时,材内外饱和水蒸汽压相等,同为 P_1 。与此同时,木材导管壁上纹孔膜在高温下已逐渐软化,此时骤然切断罐外高温饱和蒸汽,打开处理罐阀门,处理罐与大气连通,材外压力骤降为 P_0 ,材内压力仍为 P_1 ,由此产生木材内外蒸汽压差 $\Delta P = P_1 - P_0$ 。当此压力差大于纹孔膜的极限强度时,纹孔膜被击穿或破裂或脱落为空洞,从而能扩宽木材内部渗透通路,提高其渗透性。

2.2.3 试验条件 考虑到木材在长期高温作用下易导致力学性能降低,同时,材内外蒸汽压差过大不但会使导管壁上的纹孔膜破裂,且会损其构造主体,使木材内裂;而温度过低,则达不到处理效果。因此,选定适当的热处理条件极为重要。设定的条件分别是:在 110°C 、 $1.5 \times 10^5 \text{Pa}$ 下处理5h和9h及在 140°C 、 $4 \times 10^5 \text{Pa}$ 下处理5h。处理时间的设定是根据图2所示的木材内部温度变化而确定的。例如,热处理温度 140°C 时,材表下8.5cm处的温度在160min左右已超过 100°C ;在230min时已基本与输入的高温饱和水蒸汽温度相同。只是因测定材内温度的

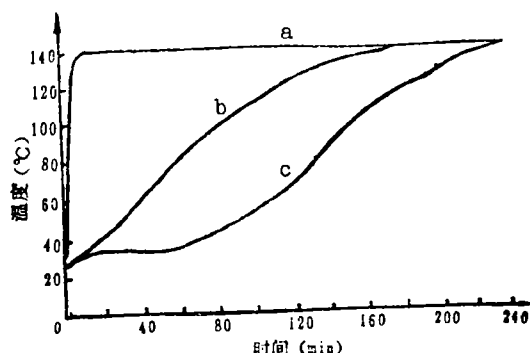


图2 140°C 热处理条件下桉材内部温度的变化

a. 材表温度; b. 材内温度(材表下4cm处);
c. 材内温度(材表下8.5cm处)

探针长度有限没能实测到材内中心(材表下12.5cm处)的温度,故只能靠推测。根据多次预备试验的经验,大约在290min后,

材内中心温度可达到热处理温度(140°C)。同样,在 110°C 的热处理条件下,材内中心温度亦约在5h左右达到这一温度(110°C)。由于 110°C 温度较低,饱和水蒸汽压较小,故又作了9h的对比试验。

2.2.4 汽蒸热处理方法 将试材装入处理罐内,关闭罐口,然后通入高温饱和水蒸汽。同时通过热电偶和温度控制仪监测和调控材内温度的变化。约5h后材内中心温度已近热处理温度,此时关闭蒸汽输入阀,迅速打开罐上阀门与大气连通,待自然冷却后取出。 110°C 、9h的试验只是将热处理时间延长至9h而已,余与上相同。

2.2.5 桉材渗透性能的评价方法与电镜试样的制取 为了究明热处理对桉材渗透性能改善的效果,采用了测定染料在毛细管内的自然上升高度之评价方法^[1]。即在处理材和未处理材上分别取长(顺纹方向)×宽(径向)×厚(弦向)等于 $100 \times 80 \times 20 \text{ (mm)}$ 的径面板小试样各10块,将其直立于深5mm、浓度1%的番红水溶液中72h,再将小试样沿径面顺纹劈开成3块,然后用micro watcher (MODEL-VS-30 H型)观测染料在各试样导管内的自然上升高度等指标。并在每块小试样上取一电镜试样,观察处理材与未处理材导管纹孔膜的破损情形,以便了解导管纹孔膜的破损与染料在导管内的上升高度之间的关系。

3 结果和讨论

3.1 处理材与未处理材导管壁上纹孔膜的破损情形 经扫描电镜观察:多枝桉和细叶桉材由于热处理,导管径壁上导管-射线纹孔膜出现了不同程度的开裂和部分脱落形成空洞(如表1)。这与本文设想的颇为一致。但赤桉却无变化。就纹孔膜的破损程度和破损后所形成的空洞数比率看, 140°C 、5h的热处理效果最佳。多枝桉和细叶桉的空洞数比率分别达到了19.26%和19.65%,为未处理材的9~10倍。 110°C 、5h和 110°C 、9h的

表1 试材导管壁上射线-导管间纹孔空洞数

树 种	处理条件	导管-射线间纹孔总数 *	空洞数	空洞数比率 (%)
多枝桉	140℃, 5h	2408	464	19.26
	110℃, 5h	2420	165	6.81
	110℃, 9h	2610	177	6.78
	未处理	2580	52	2.01
细叶桉	同上	2890	562	19.65
		2675	191	7.13
		2948	214	7.25
		2640	58	2.19
赤 桉	同上	2281	105	4.21
		2505	101	3.98
		2198	99	4.52
		2345	96	4.11

* 为30个电镜试样上射线-导管间纹孔总数

热处理有效果,但效果较小。其空洞数比率仅为未处理材的2~3倍。同时在110℃的条件下,9h和5h的热处理效果差异不明显。这说明纹孔膜的破裂和脱落需要较高的温度和压力;温度较低时,即使延长热处理时间也作用不大。只有在适当的温度时,原本就远薄于胞壁其它部分,为胞壁最为薄弱之处的纹孔膜才会变得更为薄弱。木材受热作用后,其组织将随温度的上升发生热膨胀,引起结晶格子间隔变化,分子运动加剧、凝聚力降低,机械强度下降^[5];同时分子滑动所引起的应力集中倾向更明显,它将使原本最薄弱的纹孔膜受热作用的影响大于胞壁其它部位;再则,纹孔膜是两相邻细胞的胞间层和各自的初生壁构成,微纤丝排列大多无序,作为骨架物质的纤维素含量相对少于胞壁其它部位,木质素含量相对多些。木质素处于湿热状态时,120℃左右就开始软化^[6],这亦使纹孔膜比细胞壁其它部位更具热塑性、更软、强度更低。因此,纹孔膜受热处理时(特别是120℃以上时),只要在其两边产生适当的压力,纹孔膜就将破裂,甚至脱落产生空洞。只是110℃的饱和水蒸汽不但压力小(1.5×10^5 Pa)、温度亦低,因而产生的纹孔膜破裂和脱落的比率远比140℃时的小。但温度和压力不能太大,否则虽然纹孔膜破裂加剧,空

洞增加,但木材组织主体将损伤严重。笔者曾作过160℃的预备试验,结果发现木材内裂明显,其机械强度显著降低,这是因为在高温高湿下木材产生水解所致。

纹孔膜破裂的情形和空洞数比率受树种影响甚大。从电镜观察结果看,同样的热处理条件下,多枝桉和细叶桉导管壁上纹孔膜破裂明显,空洞率大大增加,而赤桉却无变化。究其原因,经电镜观察和初步分析,发现多枝桉和细叶桉导管组织中含有丰富的侵填体,而赤桉导管内却罕见。因此,笔者认为侵填体起了某种关键作用。当其导管组织中含有丰富的侵填体时,有的导管内侵填体堵塞了导管的通路,也有的堵塞了纹孔(覆盖了纹孔膜口)。故当导管分子两端侵填体的强度大于未被侵填体覆盖的纹孔膜强度时,其内部水分汽化产生的水蒸汽压力将只能通过破裂该类纹孔膜这一方式而释放。但是,实验结果亦表明,多枝桉和细叶桉也并非每个导管的每个部位的纹孔膜均破裂(空洞率最大的也只有19.65%),只有侵填体堵塞了导管的两端,又存在未被侵填体堵塞的纹孔(未被侵填覆盖的纹孔膜)且其纹孔膜的抗破裂强度低于两端侵填体的强度时,此类纹孔膜才最易破裂。如导管内不含侵填体,导管两端畅通,因而难以破裂纹孔膜。故就本文处理的这三种桉树而言,侵填体的存在与否极大地影响着热处理效果,也表明,本文所设计的热处理方法不可能全部破裂导管壁上的纹孔膜。

3.2 染料在试材导管内的自然上升状况

染料在热处理材和未处理材的导管内自然上升状况测定结果如表2所示。

由表2可知,除赤桉外,处理材和未处理材,染料在其导管内的自然上升高度存在明显区别。未处理材几乎看不到染料沿其导管上升至5mm以上区域。而处理材(如140℃ 5h)染料的最大上升高度达13.66mm(多枝桉)和12.98mm(细叶桉);平均上升高度分别达到8.65mm(多枝桉)和8.75mm(细

表2 染料在试材导管内的自然上升状况

树种	处理条件	试样数 n	最大上升高度 (mm)	平均上升高度 (mm)	标准差 (S)	变异系数 (%)
多枝桉	140℃, 5h	30	13.66	8.63	2.31	26.8
	110℃, 5h	30	6.27	5.79	1.09	18.9
	110℃, 9h	30	6.31	5.87	1.16	19.7
	未处理材	30	4.91	3.76	0.62	16.6
细叶桉	同上	30	12.98	8.75	2.21	25.3
		30	7.12	5.45	1.12	20.6
		30	7.29	5.54	1.15	20.8
		30	5.05	3.88	0.62	15.9
赤桉	同上	30	10.81	6.96	1.24	17.8
		30	9.98	7.03	1.29	18.3
		30	10.22	7.11	1.09	15.4
		30	11.56	7.50	1.36	18.1

叶桉），远远高于未处理材。而且，在观测时还发现，热处理后的试材，特别是早材部分，染料在其导管内大多有高度不等的上升。尤其在140℃、5h条件下的处理材，每年轮内染料上升的导管数过半，未处理材则相对少得多。这说明140℃、5h的热处理效果明显，渗透性能大为改善。但110℃条件下的热处理效果不佳。赤桉则不论是140℃、5h的热处理还是110℃、5h和110℃、9h的热处理，处理材和未处理均无区别，热处理后的试材，其渗透性能没有改变。这说明热处理方法的效果受树种影响甚大，关键在于热处理能否破裂该木材导管壁上纹孔膜。纹孔膜的破裂与否，除了热处理条件外，又取决于这种木材导管内是否存在侵填体等充填物质。只有导管富含侵填体的木材，在受到本文设计的热处理时，才会由于侵填体的内在作用促使纹孔膜破裂或脱落，使其渗透性能得到明显的改善，热处理才会显效（如多枝桉和细叶桉）；否则无效（如赤桉）。另外，从电镜观察和染料在试材导管内的自然上升高度的比较结果，可知导管壁纹孔膜的破裂状况与染料在导管内的自然上升高度之间存在密切的相关性。这说明以测定染料在试材导管内的自然上升高度之方法能反映木材渗透性

的好坏。

4 结论

结果表明，高温软化-瞬时降压之处理方法确能通过破裂桉材导管壁上纹孔膜，改善桉材的渗透性能。其中以140℃、5h的热处理效果为佳，110℃、5h和110℃、9h的热处理效果不显著，温度较低时（如110℃）即使延长处理时间，也不能增大热处理效果；处理效果与树种有关，只有对导管内富含侵填体等充填物质的木材热处理效果才明显（如多枝桉和细叶桉），否则不显明（如赤桉），另从试验结果还可看出，本实验方法虽在一定程度上改善了多枝桉和细叶桉的渗透性能，但要完全防止其干燥过程中的变形、开裂和皱缩，还有困难，其渗透性能有待进一步的改善。因此，作为今后的研究课题是寻求最佳的热处理条件，同时探索改善桉树渗透性能的复合处理技术等。

本研究为在日进修期间所作的课题之一。承蒙日本名古屋大学木方洋二教授、奥山刚助教授、山本浩之博士的指导及留日硕士李学泰的大力帮助，谨此一并致谢。

5 参考文献

1 金川靖等. 局部水蒸汽爆破法改善木材渗透性. 木材工业 (日), 1991, 46 (10): 468~472

2 寺泽真等. 木材的高频减压干燥 (2). 木材工业 (日), 1984, 39 (4): 168~173

3 奥山刚等. 直接热处理法改善桉材渗透性. 木材学会志 (日), 1988, 34, 479~483

4 近藤久晴等. 花旗松材的通水性研究. 材料 (日) 1983, 32, 875~879

5 优谷贤美等. 木材物理. 东京: 文永堂出版株式会社, 1985, 111~112.

6 葛明裕等. 木材加工化学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1985

7 FAO. Forest Products Yearbook, FAO of United Nations, Rome, 1989.

(下转第44页)

上,各设置油压压机。在每一面上,将涂好胶的锯材进行组坯、加压,然后立即使压机转动1/4周,在新的一面上再将涂胶的锯材组坯。这样,压机转动一周后,便可卸下被压的胶合木。将涂胶的锯材在4个面的压机上组坯、加压,进行反复操作。压机转一周要用20~30分钟,由于API系胶粘剂非常适合这种转动压机的要求,因此可以最大限度地发挥转动压机的生产效率,使胶合木的生产能力大幅度

提高。目前使用API系胶粘剂与转动压机制造胶合木的方法已经广泛普及了。

4 API系胶粘剂的短时间胶合

为提高胶合作业的生产效率,强烈要求提高胶粘剂的初强度,特别是针对目前多品种、小批量的生产趋势。使用API系胶粘剂可以实现短时间胶合,其胶合过程如图3所示。

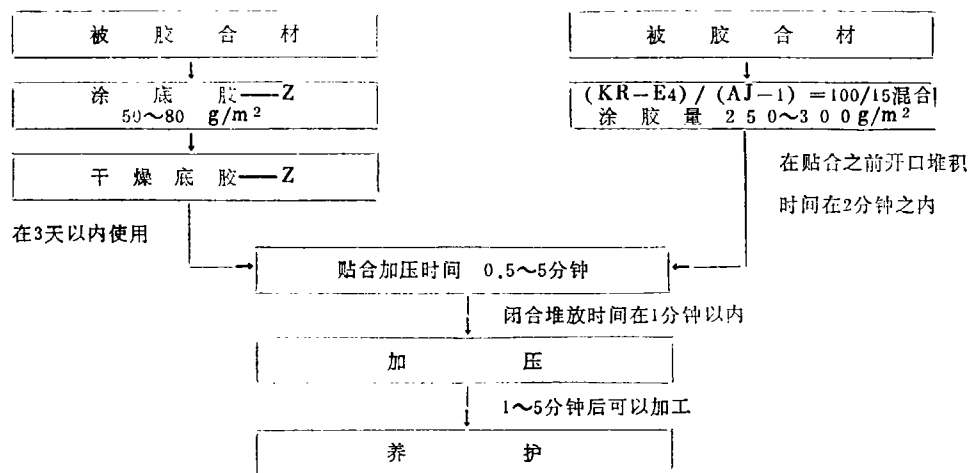


图3 API胶粘剂短时间胶合体系

图3所示系两液分离涂胶方法。由于底胶与主剂一接触便迅速反应,所以必须注意闭合堆积时间。这是采用两液分离涂胶方法胶粘剂的共同问题。通常,涂底胶之后应进行适当风干。与一般胶粘剂相比,API对胶合面的加工精度和工艺条件有一定要求。另外,根据被胶合材的树种及含水率等情况,也可以对加压时间有所改变。迄今为止,虽然对两液分离涂胶方式,即蜜月型胶粘剂提出了各种建议并得到应用。但相比之下,得到广泛普及的

例子并不多。一方面是因为使用在1~2分钟内能够胶合的胶粘剂时,由于受到闭合堆积时间的限制,不得不采取逐个胶合的作法,很难采取批量涂胶、加压的方法,所以生产效率难以提高。另外,由于对工艺过程管理不完备,致使胶合质量不稳定,也是障碍所在。但是,从解决人员不足和重视小批量生产的观点出发,对这种短时间胶合方式有重新进行评价的倾向,把设备包括在内作为一个系统来考虑,将会发挥效益。

(上接第33页) Heat treatment of Eucalyptus wood and its permeability improvement

Liu Yuan

(Central-South Forestry College, Zhuzhou 412006).

Abstract In this paper, three species of Eucalyptus wood were subjected to heat treatment by means of softening with high temperature and lowering pressure instantaneously. The result showed that, except longbeak Eucalyptus, after heat treatment pit membranes on the vessel walls of Eucalyptus wood got broken to some extent, or even holes appeared as the membranes dropped out. Thus, permeability of the treated wood got improved noticeably. Of the tested conditions, 140°C and 5 hours treatment produced the best result.

Keywords Eucalyptus wood; Heat treatment; Permeability