

应用技术

赤桉半干材的窑干与调湿处理工艺

陈太安¹, 顾炼百²

(1. 西南林学院木质科学与装饰工程学院, 昆明 650224; 2. 南京林业大学干燥技术研究所, 南京 210037)

摘要: 针对移行材和早材皱缩等主要气干缺陷, 拟定出赤桉半干材的干燥工艺, 窑干前进行回复皱缩和减小表面硬化的汽蒸处理, 窑干至目标含水率时进行终了调湿处理。结果表明: 汽蒸预处理可以有效地回复皱缩材和显著地减小表面硬化; 5 d 内将试材的平均含水率 25.61% 下降到 11.72%; 3 h 的汽蒸处理和 24 h 的湿空气处理均可有效地减小含水率梯度和残余塑性变形, 但后者效果更佳; 板材干燥质量达到国家标准二级质量的要求。

关键词: 赤桉半干材; 汽蒸预处理; 终了调湿处理; 干燥质量

中图分类号: S782.31; S792.39 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-8654(2006)05-0045-03

Kiln Drying and Conditioning for Pre-air-dried *Eucalyptus camaldulensis* Lumber

CHEN Tai-an¹, GU Lian-bai²

(1. Wood Science and Technology Faculty of Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Wood Drying Lab of Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: Collapse and huge moisture content(MC) differences among boards are the main defects during Eucalypt lumber air drying. Therefore, a drying strategy, including pre-steaming before kiln drying and final conditioning after kiln drying, was developed by the authors with the intent to improve lumber drying quality. An experiment on *Eucalyptus camaldulensis* lumber with thickness of 30 mm showed the following: pre-steaming could help lumber collapse recover effectively and decrease casehardening significantly; mean MC decreased from 25.61% to 11.72% during a 5 day drying period; both a 3-hour steaming and 24-hour wet-air conditioning could decrease MC gradient and release residual plastic set, while the effects of the latter were better; and the drying quality in this test met the demands of the second quality level in national standard GB/T 6491-1999.

Key words: pre-air-dried *Eucalyptus camaldulensis* lumber; pre-steaming; final conditioning; drying quality

桉树的加工利用一直受到国内外木材工业界的高度重视, 并开展大量的研究。Vermass^[1] 研究指出, 为避免桉树木材的严重皱缩, 南非产巨桉的前期干燥温度不应超过 45℃。Neumann^[2] 采用两段干燥基准在 30~35 d 内完成 30 mm 厚蓝桉幼龄材木材的干燥, 并在干燥中期进行 4~5 h 的汽蒸以回复皱缩。Alexiou^[3] 研究了澳洲弹丸桉的加速窑干工艺。Rozas^[4] 对智利亮果桉和蓝桉进行工业化干燥试

验, 以研究其用于木方材、家具材和地板材的适合性。

赤桉材为西南地区蓄积量较大的速生树种, 其密度较大, 强度较高, 但由于色泽较深, 一般不用于刨花板或纤维板的生产。从力学性能、颜色光泽来看, 赤桉是一种优良的家具用材和地板用材, 俗称“滇红”或“缅甸红”, 但窑干困难使企业望“桉”却步。目前主要采用气干与窑干的联合干燥技术, 经 2~3 个月的气干, 25 mm 厚地板料的含水率可从生材状态降低到 35%~25% 的半干材, 再窑干 10 d 左右使含水率达到 8%~12%。但气干皱缩、扭翘变形较严重, 干燥合格率较低。本研究探讨赤桉半干材的窑干工艺, 旨在提高桉木联合干燥质量和效率。

收稿日期: 2005-09-01; 修改稿: 2006-08-19

基金项目: 云南省青年自然科学基金项目“滇产速生桉木干燥技术的研究”(2003C0019Q)。

作者简介: 陈太安(1977—), 男, 西南林学院木质科学与装饰工程学院讲师, 博士。

1 试验材料与方法

赤桉(*Eucalyptus camaldulensis*) 采自云南禄丰,18 年树龄,44.5 cm 胸径。含水率为 72.4%~80.6%,平均 75.5%,基本密度为 0.593 g/cm³,径向干缩系数 0.209%,弦向干缩系数 0.537%。

公称厚度 30 mm 的毛边板在实验室内阴干半年,含水率降低到 20%~30%。为考察干燥过程中皱缩、开裂和含水率变化,选取干燥缺陷严重的 9 块,编号为 1~9#,加工成 900 mm×100 mm,不进行表面刨光,厚度为 25~35 mm。为比较不同调湿处理方法的效果,将四面刨光后尺寸为 900 mm×100 mm×32 mm 试材,编号为 10~12#,从长度方向等长锯成 2 块,分别编号为 10A、10B;11A、11B;12A、12B,干燥后 A 组进行常规湿空气处理,B 组进行汽蒸处理。另有编号为 S1、S2、S3、S4 的试材四面刨光后尺寸为 900 mm×150 mm×32 mm,用作切片分析。所有试材在干燥前均采用硅胶和铝箔进行端封。预汽蒸、干燥和常规调湿处理在小型金属壳体调温调湿箱内进行,终了汽蒸处理在自制的汽蒸处理箱中进行。

16 块试材进行 3 h 的预汽蒸处理后,观察 1~9# 试材的皱缩、开裂与翘曲情况,对 S1、S2、S3、S4 切片分析含水率和表面硬化状况。处理完毕后,所有试材按图 1 所示基准干燥至样板含水率达 11%,随后将 10B、11B 和 12B 置于自制的处理箱中进行 3 h 汽蒸处理,其余在调温调湿箱内以干球温度 70℃、湿球温度 66℃的湿空气处理 24 h。终了处理结束后,根据 GB/T 6491-1999《锯材干燥质量》要求,以叉齿法分析残余塑性变定。

2 结果与讨论

2.1 干燥过程简析

移行材和早材皱缩构成了赤桉气干的主要缺陷,后者在板材表面表现为条沟状,也有少量试材出现开裂和翘曲。从表观质量来看,3 h 的汽蒸处理可有效地回复皱缩材,也一定程度上减小了翘曲变形,而气干中的表面裂纹在汽蒸预处理与窑干中均未见加大。

图 1、图 2 可见,干燥过程历时 5 天(包括 3 h 的汽蒸预处理和 24 h 终了调湿处理),板材平均含水率由干燥前的 25.61%降至 11.72%,每天下降 2.8%,均方差由 6.19%下降为 1.22%。因试材数量较少,未进行平衡处理,板间终了含水率仍然存在一定差异,最湿板材与最干板材的含水率之差为 4.22%,超过了国家标准二级干燥质量要求。商业窑干的差异可能更大,因此强烈推荐进行终了平衡处理。

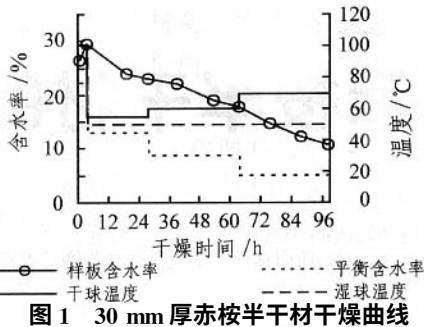


Fig. 1 Drying curve of 30 mm thick Eucalyptus lumber

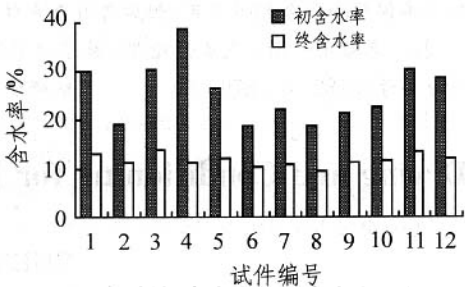


Fig. 2 Distribution of initial MC and final MC

2.2 预汽蒸处理对含水率和表面硬化的影响

试验中,预汽蒸处理温度为 100℃,窑外温度 20℃左右,虽然切片过程比较短,但巨大的温差仍然会促使切片内水分的迅速蒸发,造成 S2、S3 试材处理后的含水率低于处理前,但表 1 仍可反映出预汽蒸处理的表层吸湿,使板材内形成了外高内低的含水率梯度。有研究表明,表层吸湿带来的软化以及反向的含水率梯度造成木材内的应力变化有助于表面硬化的消除^[5]。

表 1 预汽蒸处理对试材含水率的影响

Tab. 1 Effect of steaming on lumber MC and distribution									
测量时间	试材编号	平均含水率/%	分层含水率/%						厚度上的含水率偏差
处理前	S1	16.41	15.89	16.95	16.75	16.63	16.96	15.30	1.095
	S2	19.06	17.38	18.94	20.28	20.40	20.29	17.78	2.760
	S3	16.82	16.16	16.99	17.38	17.31	17.01	15.84	1.345
	S4	15.35	14.69	15.87	15.73	15.72	15.26	14.38	1.190
处理后	S1	17.89	19.10	17.39	16.59	16.75	17.10	21.20	-3.480
	S2	16.66	17.83	15.91	15.75	16.06	16.43	17.84	-1.930
	S3	16.50	16.78	16.73	16.08	15.73	16.57	17.04	-1.005
	S4	16.10	15.67	16.29	15.43	15.46	17.37	16.82	-0.800

图 3 可见,3 h 预汽蒸处理可以有效地减小表面硬化,但处理时间显得不够,表面硬化未完全消除。因干燥条件和材性的差异,气干材的表面硬化存在较大差异,如何确定合理的处理时间有待研究。

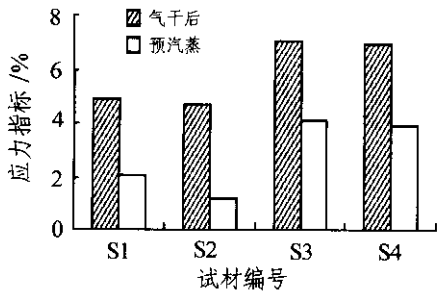


图 3 预汽蒸处理对试材表面硬化的影响
Fig. 3 Effect of pre-steaming on casehardening

表 2 不同终了调湿处理对试材含水率的影响
Tab. 2 Effect of different conditioning periods on MC

处理 方法	测量 时间	试材 编号	平均含 水率/%	分层含水率/%						厚度上的 含水率偏差
				1	2	3	4	5	6	
汽蒸 处理	处理前	10B	9.01	7.38	8.97	9.86	10.11	9.46	8.38	2.105
		11B	13.54	10.04	13.78	16.99	17.36	14.03	10.34	6.985
		12B	9.53	8.19	10.37	10.53	10.15	9.77	8.31	2.090
	处理后	10B	10.54	10.49	10.43	10.29	10.58	10.84	10.62	-0.120
		11B	15.24	13.11	15.69	17.59	17.17	15.19	12.57	4.540
		12B	11.63	11.53	11.61	11.67	11.51	11.93	11.54	0.055
湿空气 处理	处理前	10A	9.13	8.16	9.49	9.73	9.98	9.69	8.16	1.695
		11A	13.42	10.09	14.04	17.33	17.17	13.47	9.79	7.310
		12A	8.85	7.25	8.96	9.07	9.21	8.94	7.82	1.605
	处理后	10A	10.92	10.77	10.89	11.06	10.83	10.85	11.11	0.005
		11A	13.85	12.48	13.94	14.95	14.64	14.28	12.90	2.105
		12A	11.18	10.98	11.06	11.01	11.33	11.36	11.37	-0.005

2.3 不同终了调湿处理效果比较

国外众多学者^[6-8]研究终了调湿处理的规律性。从表 2 可见,3 h 的汽蒸处理与 24 h 的湿空气处理均可以有效地减小含水率梯度,后者的效果更为显著,达到国家标准二级干燥质量的要求。Pang^[9]表明调湿处理的效果取决于表层的吸湿效果和温度的作用。从图 4 可见,由于表面吸湿的软化作用,两种调湿处理均可以有效地消除残余塑性变形,但湿空气处理的效果更佳。由于干燥过程和材性变异的影响,11A 和 11B 在处理前仍然存在较大的塑性变形。

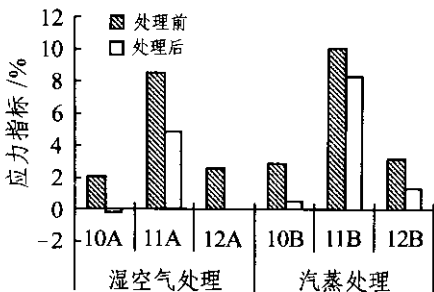


图 4 不同终了调湿处理对残余塑性变形的影响
Fig. 4 Effect of different conditioning periods on residual plastic set

3 结论

- 1) 30 mm 厚赤桉生材经半年阴干之后含水率降低到 20%~30%,主要干燥缺陷是移行材皱缩和早材皱缩,研究表明:3 h 的 100 ℃ 汽蒸处理可以有效地回复皱缩,减小含水率梯度和表面硬化。
- 2) 历时 5 天的干燥(包括 3 h 汽蒸预处理和 24 h 终了湿空气处理)可以将板材含水率从 25.61% 下降到 11.72%,板间含水率差异降低。
- 3) 3 h 汽蒸处理或 24 h 空气湿空气处理均可有效平衡内外含水率梯度,减小残余塑性变形。试验中赤桉的干燥质量基本达到 GB/T 6491-1999 二级质量的要求。

参考文献:

[1] VERMASS H F, et al. Low temperature of *Eucalyptus grandis*[J]. *Holzforschung*, 1988, 42(4): 265-27.

[2] NEUMANN RJ. Kiln drying young *E. globules* boards from green[C]. IUFRO wood drying symposium, Washington, USA, 1989; 107-115.

[3] ALEXIOU P N. Accelerating the kiln drying of regrowth *E. pilularis* Sm[C]. IUFRO wood drying symposium, Washington, USA, 1989; 116-125.

[4] ROZAS C R, SANCHEZ P PINEDO. Drying of *Eucalyptus nitens* and *E. globules* for blocks, furniture and flooring[C]. 8th international IUFRO wood drying conference, Brasov, Romania, 2003; 185-191.

[5] FULLER J. Conditioning stress development and factors that influence the prong test. Res Rep FPL-RP-537. Madison, WI: U S Department of agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1995.

[6] MOREN T. Steaming conditioning after low temperature drying [J]. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 1994(52): 77-82.

[7] HASLETT T, SIMPSON I, RILEY S. Comparison of final conditioning using water sprays and water bath steaming[C]. 7th International IUFRO Wood drying Conference, Tsukuba, Japan, 2001; 90-95.

[8] SANDLAND K M. Prediction of required duration of the conditioning process to reduce the casehardening level in LT-dried sawn timber-Inertial experiments[J]. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 2001(59): 183-189.

[9] PANG S. Modeling of stress development during drying and relief during steaming in *Pinus radiata* Lumber[J]. *Drying Technology*, 2000, 18(8): 1677-1696.

(责任编辑 鲍加芬)