

木材高温干燥过程中的弹性应变

李大纲, 顾炼百
(南京林业大学木材工业学院, 南京 210037)

摘要: 本文对美洲黑杨(*Populus deltoides* Bartr.)锯材高温干燥过程中的弹性应变进行了研究。结果表明:高温干燥使得木材表层产生较大的塑化变形,并对干燥后期木材内层的正常收缩造成阻碍。心层的拉伸应力与木材内裂有关,当心层拉伸应力超过木材横纹拉伸极限强度时,木材产生内裂。因此,在用高温干燥工艺快速干燥杨木类软阔叶树材时,在干燥后期应注意由于干燥应力转向而引起的干燥缺陷。

关键词: 木材;高温干燥;弹性应变

中图分类号: TS652 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2000)02-0015-03

Elasticity Strain of Wood in High Temperature Drying

LI Da-gang, GU Lian-bai
(College of Wood Industry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract The surface layer of the lumber can be greatly plasticized in the high temperature drying. The internal cracking may be produced due to the restraint of regular shrinkage in the internal layer in the later drying period. The internal cracking is related to the tensile stress of the core layer. When the tensile stress of the core layer is bigger than the tensile strength perpendicular to grain of wood, the internal crack will appear. Therefore, when the high temperature drying technology is used to rapidly dry the soft broadleaf lumber such as the poplar(*Populus deltoides* Bartr.) wood, attention should be paid to the drying defect due to the drying stress reversal in the later drying period.

Key words Wood; High temperature drying; Elasticity strain

木材干燥应力是造成木材开裂翘曲和皱缩的主要原因,对干燥应力的研究不但能进一步揭示木材干燥中物理现象的本质,而且可为制定木材干燥基准消除木材干燥应力提供依据。多年以来,许多学者致力于这一课题的研究,使得木材干燥应力的理论和消除应力的方法不断完善和发展^[1-6]。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料

杨木(*Populus deltoides* Bartr.)取自南京林业大学的杨树试验基地,树龄 8 年生,平均胸径 26 cm,树干圆满通直,无偏心。试材四面刨光后的规格为 2 000 mm×120 mm×35 mm,存入干燥实验室的水池备用。

1.2 试验方法

试验在小型金属壳体电加热干燥机内进行。为了比较高温干燥与常规干燥的差异性,选择了四种工艺条件,即:干球温度分别为 85, 105, 115, 125℃;湿球温度分别为 60, 70, 80, 87℃;保持恒定的材堆风速为 1.0 m/s。

为了尽可能减少端部水分迅速的蒸发,试样每次锯切后均在两端用 Silicone 338 耐高温硅橡胶封涂。试验从湿材一直干燥到平均含水率低于 16%,以便分析整个干燥过程中变形的变化规律。试验中,从干燥时间 1.5 h 开始锯解 15 mm 厚的试样,以后每隔 2 h 锯解同样厚度的试样,沿小试样宽度方向用切片刀劈成 10 层平均厚度为 3 mm 的小试条,测定各不同干燥时间木材的变形量。具体方法:①先测定湿材板宽,即初始长度 L_0 ;②干燥过程中定时将样

收稿日期: 1999-07-12
作者简介:李大纲(1959-),男,南京林业大学木材工业学院副教授,博士研究生。

板取出并锯下小试样,测量劈开前长度 L_1 ; ③ 将试样劈开 20 min 后,再次测定其劈开后的长度 L_2 将 L_0 、 L_1 、 L_2 代入下式即可求出当时的弹性应变

$$\text{弹性应变} = \frac{L_1 - L_2}{L_0} \times 100\%$$

2 结果与分析

图 1 表明:干燥前期木材表层处于拉伸应变状态,随着干燥的进行,表层拉伸应变值逐渐增加,达到最大后逐渐减少;进入干燥后期,表层拉伸弹性应变值继续减少,由拉伸弹性应变向压缩弹性应变发展。内部各层在干燥初期处于压缩弹性应变,缓慢增加至最大值以后又逐渐减少。表层达最大应变值的时间正好是表层最大含水率梯度达到的时间(表 1)。常规干燥的最大应变值出现在纤维饱和点(FSP)附近,而高温干燥则在含水率为 15% 以下才出现最大弹性应变,应变转向时间均在干燥后期出现,这主要是由于高温使木材表层水分迅速蒸发,很快从高含水率降低含水率,另外由于杨木属低密度树种,木材细胞腔大壁薄,干燥初期水分排除较快。中心层的最大应变值也是随干燥温度的增加而增加,到达最大应变的时间与表层相近,干燥温度为 85, 105, 115, 125℃ 的最大压缩弹性应变值分分别是中心层含水率为 150, 98, 87, 70% 时出现(表 2)

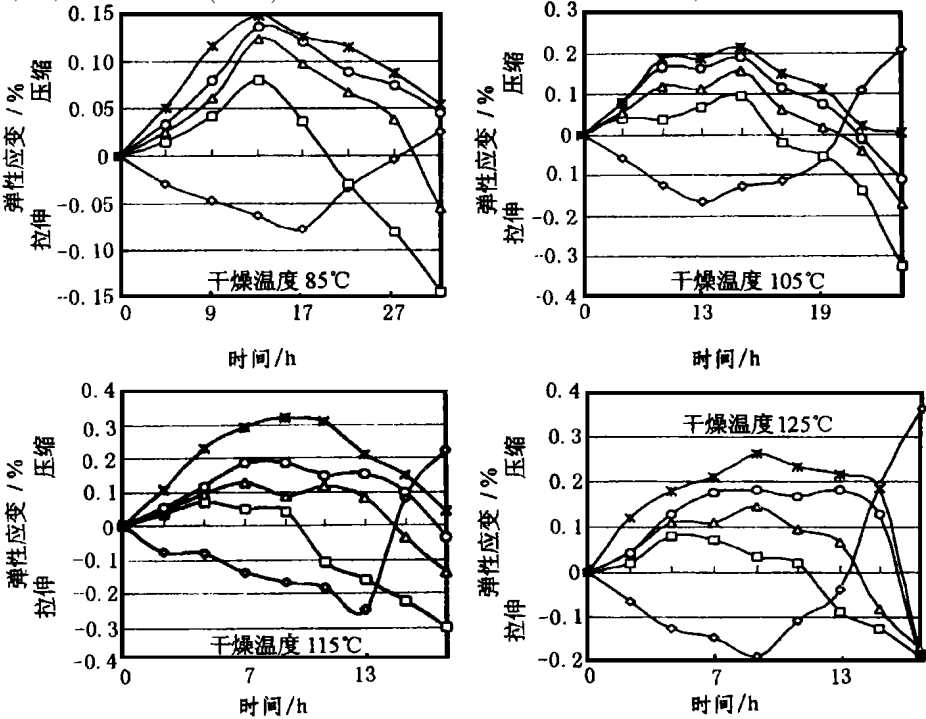


图 1 四种干燥条件的弹性应变 - 时间的曲线

Fig. 1 Shows the elastic strain as the function of drying time for drying schedules

表 1 木材表层弹性应变的最大值

Tab. 1 Maximum values of elastic strain of surface layer					
温度 ℃	最大应变 值%	到达时 间 /h	表层含水 率 %	平均含水 率 %	应变转向 时间 /h
85	- 0. 078	17	27	98. 83	27
105	- 0. 168	13	15	58. 89	23
115	- 0. 248	13	10	56. 89	15
125	- 0. 188	9	9	49. 47	15

表 2 木材中心层弹性应变的最大值

Tab. 2 Maximum values of elastic strain of inner layer					
温度 ℃	最大应变值 %	到达时间 h	中心层含水率 %	应变转向时间 h	
85	0. 147	15	150	-	
105	0. 212	13	98	-	
115	0. 320	9	87	-	
125	0. 260	9	70	17	

干燥初期尽管木材平均含水率高于 FSP,但由于不均匀干缩,表层收缩受到内部各层的拉伸而使表层处于拉伸应变状态。随后干燥至含水率 FSP 左右出现最大拉伸应变,以后应变由拉伸向压缩转变,并在干燥结束时出现最大压缩弹性应变

当木材内部含水率高于 FSP 时,木材处于压缩应变状态,只有当其含水率低于 FSP 时,才会由压缩状态转变成拉伸状态,并且在出现这种转变后,木材会出现内裂或皱缩现象,笔者在进行干燥温度为 135℃ 的高温试验时,就出现了由于应力转向而产生内裂和皱缩。因此在使用高温干燥工艺快速干燥杨木类软阔叶树材时,在干燥后期应注意由于干燥应力

转向而引起的干燥缺陷。

内裂不仅与后期的温度有关，与初期温度关系更为密切，初期干燥条件的控制是保证干燥质量的关键。表层最大拉伸应变点的含水率与木材初含水率关系非常重要，是制定干燥基准的重要依据之一。心层的拉伸应力与木材的内裂相关，当心层的拉伸应力超过木材横纹拉伸极限强度，木材将产生内裂。

从应变发展规律来看，心层在干燥初期产生压缩应变，并随干燥过程的进行而增加，到最大值后逐步减少，并转为拉伸应变状态。

木材内部的应力对干缩有影响，拉伸应力使木材的干缩率减少，压缩应力使木材的干缩率增加。因为在干燥过程中，表层在产生拉伸弹性应力的同时也产生拉伸残余变形，而内部产生压缩残余变形。

3 结论

1) 干燥初期尽管木材平均含水率高于 FSP ，但由于不均匀干缩的原因，表层要收缩而受到内部各层的拉伸使表层处于拉伸应变状态。随着干燥的进行，当含水率在 FSP 左右，出现最大拉伸应变，以后应变由拉伸向压缩转变，并在干燥结束时出现最

大压缩弹性应变。

2) 当木材内部含水率高于 FSP 时，木材处于压缩应变状态，只有当其含水率低于 FSP 时才会由压缩状态转变为拉伸状态，并且在出现这种转变后，木材会出现内裂或皱缩现象。

3) 从应变发展规律来看，心层在干燥初期产生压缩应变，并随干燥过程的进行而增加，心层压缩应变的极值点总是落后于表层拉伸应变的极值点。

参考文献:

[1] 李维拮. 木材弹性及木材干燥应力, II. 木材干燥应力 [J]. 南京林产工业学院学报, 1982, 4: 73~ 79.
[2] 周宝华. 木材干燥过程中内应力的初步研究 [J]. 南京林产工业学院学报, 1982, 2: 76~ 89.
[3] 刘应安. 木材干燥应力测试的一种新方法 [J]. 林业科技开发, 1991, 1: 32~ 33.
[4] 廖元强. 测定成材应力的新方法 [J]. 林业科技开发, 1989, 1: 12~ 14.
[5] 刁秀明, 等. 阔叶材干燥应力的研究 - 温度对干燥应力的影响 [J]. 林产工业, 1994, 19(2): 37~ 41.
[6] 常建民. 木材干燥应力测试技术现状及展望 [J]. 世界林业研究, 1997, 6: 33~ 37.

(上接第 14 页)

表 6 脱硫石膏刨花板的性能

Tab. 6 Properties of desulpho-gypsum particleboard

缓凝剂	木膏比	MOR M Pa	MOE M Pa	IB M Pa	TS(24 h) %	吸水率 (24 h)%
柠檬酸钠	0.18	12.7	4826	0.75	1.16	24.5
复合缓凝剂	0.18	12.1	4591	0.59	1.47	24.8
柠檬酸钠	0.22	10.8	3174	0.47	3.82	31.2
复合缓凝剂	0.22	10.0	3034	0.32	3.25	31.8
天然石膏刨花板*	-	≥ 7.0	≥ 2200	≥ 0.35	≤ 2.5 (2h)	-

* 石膏刨花板企业标准 Q/CSJC 601-1996

项性能均优于木膏比 0.22 的板材。后者板材的厚度反弹率较大,使板材密度降低,从而使强度降低。另外,木膏比增大,木刨花比例增加,从而使板材吸水性增强,TS 增大。

3.4 缓凝剂的影响

本试验条件下,两种缓凝剂对板的 MOR、MOE、TS 和吸水率的影响程度无明显差别,但对 IB 影响差异较显著。使用复合缓凝剂时板材的 IB 降低较多。

4 结论

1) 利用脱硫熟石膏制造石膏刨花板是完全可行的。脱硫石膏品位高,性能稳定,制成的石膏刨花板,其性能优于天然石膏生产的石膏刨花板。

2) 以木膏比 0.18 生产的石膏刨花板各项性能均优于木膏比 0.22 的板材。

3) 在本试验条件下,柠檬酸钠和复合缓凝剂对 IB 的影响差异较显著,复合缓凝剂使 IB 降低较大,但两种缓凝剂对其他性能的影响程度无明显差别。

参考文献:

[1] 李传炽. 烟气脱硫技术及脱硫石膏的应用 [J]. 新型建筑材料, 1999, 9: 44~ 46.
[2] 卫生. 烟气脱硫石膏性能及其在建材工业中综合利用的研究 [C]. 石膏与石膏制品论文集, 1999.
[3] 丛钢, 等. 脱硫石膏性能研究 [J]. 新型建筑材料, 1997, 12: 10~ 12.

勘误

本刊 2000 年第一期中错误更正如下:
P42 页中栏倒 21 行“建湖轻型通开机械厂”应为“建湖通用机械厂”
P44 页正 18 行“界龙大楼 804~ 850 室”应为“804~ 805 室”