

研究与开发

人造板热压应力研究

谢力生, 李翠翠, 王红强, 李达丰

(中南林业科技大学材料科学与工程学院, 长沙 410004)

摘要: 在不同的制板工艺条件下压制纤维板和刨花板,并在线记录热压过程中的油压力。通过比较分析不同板材密度和厚度、板坯含水率及热压温度时,试板在热压过程中的油压力-时间曲线,总结人造板在热压过程中热压应力的变化规律。

关键词: 纤维板;刨花板;热压;应力

中图分类号: TS65 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2006)05-0004-04

Research on Hot-Pressing Stresses in Wood-based Panels

XIE Li-sheng, LI Cui-cui, WANG Hong-qiang, LI Da-feng

(College of Material Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: Fiberboards and particleboards were manufactured under different parameters with the hydraulic oil pressure recorded online during hot-pressing. Various factors were analyzed from the press-time curves obtained from hot-pressing temperature, panel thickness, panel density and mat moisture content conditions. The data that was collected documented panel stress during the hot-pressing process.

Key words: fiberboard; particleboard; hot pressing; stress

纤维板或刨花板等人造板在热压时,常采用厚度控制规控制其厚度或密度,此时,油缸的压力通过热压板作用在板坯和厚度规上。当油压力过大时,可能造成厚度规变形、热压板弯曲或受损,以致影响产品的厚度和密度,且浪费热能,引起液压系统发热;而油压力过小,板坯不能在规定时间内被压至规定的厚度或密度,则会延长热压时间,甚至影响产品质量^[1]。理想的状态是:热压板能迅速将板坯压缩至规定的厚度或密度,并与厚度规接触,但其受到的压力很小。由于板坯受热后的抵抗力减小,油压力也应随之减小,以保证厚度规所承受的压力很小。

可见,研究板坯在热压过程中的抵抗力(热压应力)随热压时间的变化规律十分必要。目前,该方面的研究在国内还未见报道,国外也鲜有系统的研究。笔者以纤维板和刨花板为例,探索其在热压过程中热

压应力的变化规律,旨在为人造板热压工艺的制定提供参考。

1 试验材料与方法

1.1 主要仪器和设备

BY 602×2/2 150 T 万能试验热压机 苏州新协力企业发展有限公司制造。单层下压式,采用工业计算机 PLC 和位置传感器控制热压过程,位置控制精度为 0.02 mm;电加热,温度控制精度±4℃;压板幅面尺寸为 500 mm×500 mm;

喷雾式拌胶机 自制,主要由搅拌机、空气压缩机和 F-75 型喷漆枪组成;

101A-3 型干燥箱 最高工作温度 300℃,加热功率为 59 kW。

1.2 材料

纤维 由湖南宁乡某厂生产,为 40% 马尾松 (*Pinus massoniana*) 和 60% 意杨 (*Populus spp.*) 速生树种混合材,含水率约 12.5%;

刨花 由湖南长沙某厂生产,为 30% 马尾松和

收稿日期:2005-09-19;修改稿:2006-08-14

基金项目:湖南省教育厅重点科研项目(04A063);中南林业科技大学引进高层次人才科研启动基金资助。

作者简介:谢力生(1964—),男,中南林业科技大学教授,博士。

70%意杨速生树种混合材,含水率约 10.5%;

脲醛树脂胶黏剂 由株洲某树脂厂生产,固体含量 52%,pH 值 7~8,黏度 16 s(涂-4 杯,20℃);

固化剂 氯化铵(分析纯),湘中地质实验研究所生产,配制成质量分数为 20%的水溶液。

1.3 方法

1.3.1 热压应力测定原理 如前所述,当采用厚度控制规时,油缸所产生的总作用力等于板坯的抵抗力和厚度控制规所承受的作用力之和(忽略摩擦阻力和热压板等的重力)。当去除厚度控制规时,油缸所产生的总作用力(油压力×活塞面积)就等于板坯的抵抗力(板坯热压应力×板面面积),即:

$$p_{\text{板}} = \frac{p_{\text{油}} \times S_{\text{缸}}}{S_{\text{板}}} = \frac{\pi d_{\text{缸}}^2}{4ab} p_{\text{油}}$$

式中: $p_{\text{板}}$ —板坯热压应力,MPa; $p_{\text{油}}$ —油缸的油压力,MPa; $d_{\text{缸}}$ —油缸的活塞直径,cm; a 、 b —板坯的长、宽尺寸,cm。由此可知,油压力即可反映热压应力的大小。在本研究中, $d_{\text{缸}}=14\text{ cm}$, $a=35\text{ cm}$, $b=22\text{ cm}$,故可推算出: $p_{\text{板}}=0.2\text{ }p_{\text{油}}$ 。

在热压过程中,采用光栅位置传感器(测量精度 0.02 mm)和计算机,通过液压系统控制热压板的位置(即控制板的厚度)不变,并在线检测油缸的工作压力。由 $p_{\text{板}}=0.2\text{ }p_{\text{油}}$,即可换算得出某厚度(或密度)时的热压压力-时间曲线。

1.3.2 试验方案 采用单因子对比试验法,方案见表 1。每个试验重复 3 次,结果取平均值。

表 1 试验方案

Tab. 1 The experimental design

试验序号	热压温度/℃	目标厚度/mm	板坯含水率/%	目标密度/(g·cm ³)
1、10	180	16	10	0.8
2、11	180	16	10	0.6
3、12	180	16	10	1.0
4、13	180	16	8	0.8
5、14	180	16	12	0.8
6、15	180	12	10	0.8
7、16	180	20	10	0.8
8、17	160	16	10	0.8
9、18	200	16	10	0.8

注:试验 1~9 为纤维板,10~18 为刨花板;施胶量均为 10%;固化剂添加量均为 1%。

1.3.3 试验操作

1) 板坯制作 先将纤维或刨花放入喷雾式拌胶机中施加脲醛树脂胶,再放入干燥箱中,在约 60℃ 的温度下干燥至要求的含水率,然后手工铺装板坯。模框幅面为 350 mm×220 mm,在板坯上、下表面放置

万方数据

不锈钢垫板。预压后板坯的厚度约为其成品板厚度的 3 倍。

2) 热压工艺设置 板坯在被压缩时的加压速度,特别是被压实到一定厚度后,至目标厚度时的加压速度对板坯所产生的抵抗力有很大的影响^[2-3]。为了便于比较,所有试验的加压速度设置如下。

第 1 段:快速闭合,闭合速度为 800 mm/min,至厚度为 110 mm;

第 2 段:闭合,闭合速度为 600 mm/min,至厚度等于目标厚度+9 mm;

第 3 段:加压闭合,加压速度为 300 mm/min,至厚度等于目标厚度+4 mm;

第 4 段:加压闭合,加压速度为 100 mm/min,至厚度等于目标厚度+0.5 mm;

第 5 段:加压,加压速度为 20 mm/min,至厚度达到目标厚度;

第 6 段:位控,控制厚度为目标厚度±0.2 mm,加压速度为 5 mm/min,位控时间 10 min。

压机可自动完成热压过程,同时在线采集油缸的油压力(设置数据采集时间间隔为 1 s)。

2 结果与分析

2.1 板材密度对热压应力的影响

根据 1~3 和 10~12 号试验数据,得到不同密度板坯的热压应力-时间曲线如图 1 所示。由图 1 可以看出:1) 热压应力变化曲线可以分为 3 段:第 1 段为板坯压缩段,压机闭合至板坯达到目标厚度,热压应力从零迅速增加到最大值;第 2 段为定厚控制之初期(约 30 s 内)的组元体屈服段,主要为组元体的屈服过程,热压应力从最大值迅速下降至某一值,板坯中各组元体在压力的作用下,为适应板坯的厚度(或密度)而发生变形和滑移,使板坯内部组织结构更加均匀,从而应力下降;第 3 段为定厚控制之中后期(约 30 s 之后)的塑化段,热压应力从某一值缓慢下降,木素、纤维素等成份在温度和压力的作用下产生塑化变形,热压应力随之缓慢减小。板材密度较大时,第 2 段和第 3 段之间有明显的转折点;而当密度较小时,第 2 段和第 3 段之间无明显转折变化。

2) 无论是纤维板还是刨花板,密度对其热压应力均有显著影响。密度增大,其最大热压应力值显著增加;相同密度的纤维板和刨花板显示出不同的最大热压应力值。这是由于板材密度越大,板坯被压缩至目标厚度时,各组元体间的挤压程度越紧密,因而其最大热压应力值增大;组元体不同,其刚度、被挤压程

度等情况不同,故即使纤维板和刨花板的密度相同,也显示出不同的热压应力值。

3) 板材密度越大,屈服段应力下降的速度越快。其原因是密度越大,各组元体所受到的作用力越大,因而越容易产生变形和滑移,应力迅速下降。

4) 板材密度越大,塑化段的最大应力值越大,应力下降的速度也相对较快。这是由于密度越大,组元体相对较多,被压缩的程度越剧烈,因而初始抵抗力越大;但也因为密度越大越利于传热,以及各组分之间承受更大的作用力等影响,更容易使纤维等产生塑性变形,因此应力的下降速度相对较快。

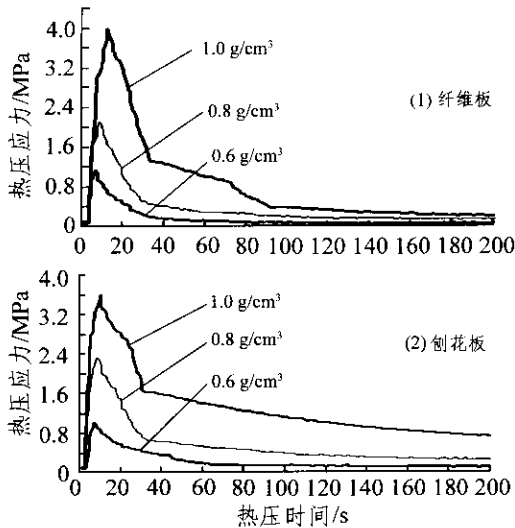


图 1 不同密度板材的热压应力变化曲线
Fig. 1 Curves of hot-pressing stress for different density panels

2.2 板坯含水率对热压应力的影响

根据 1、4、5 和 10、13、14 号试验数据,得到如图 2 所示不同含水率板坯的热压应力变化曲线。由图 2 可以看出:1) 无论是纤维板还是刨花板,板坯含水率对最大热压应力值有较大的影响。板坯含水率越高,板坯被压缩至目标厚度时产生的最大应力值越小。这与板坯含水率越高,组元体的刚性越小有关;且含水率越高越有利于传热,能加速组元体的软化,因此最大应力值越小。

2) 不论板坯含水率的高低,在组元体屈服段,其热压应力几乎同时从最大值开始下降至某一值;且最大应力值越大者,其应力下降速度越快。这是由于板材最大应力值越大,说明其组元体所承受的作用力越大,组元体则越容易发生变形和滑移,因而其应力下降速度越快。

3) 在塑化段,热压应力的大小及应力下降速度几乎与板坯含水率无关。板坯被压密实后,其内部被

挤压的程度基本相同,因而在该段的初始应力值基本相同;虽然板坯含水率越高越有利于传热,但含水率越高其热容量也越大,不利于温度的升高,所以整体来看,板坯内部木素、纤维素等的塑化速度基本一致,应力的下降速度基本上与板坯含水率无关。

4) 与纤维板相比,刨花板在塑化段具有较大的初始应力值。这是由组元体的性质决定的,刨花比纤维具有更大的刚性,所以当两者被压至同样的实密度时,刨花板坯具有更大的应力值。

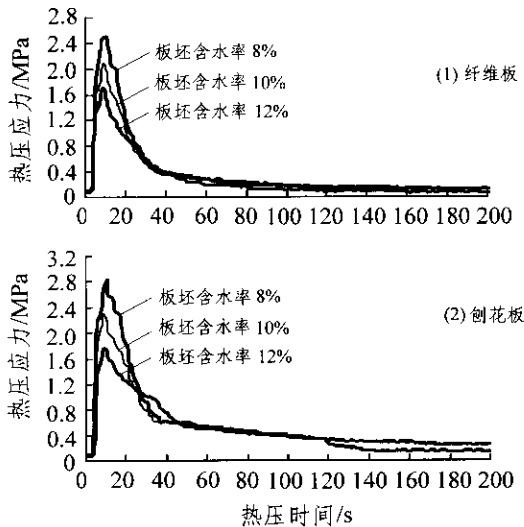


图 2 不同含水率板坯的热压应力变化曲线
Fig. 2 Curves of hot-pressing stress for the mats with different moisture content

2.3 板厚对热压应力的影响

根据 1、6、7 和 10、15、16 号试验数据,得到如图 3 所示不同厚度板材的热压应力变化曲线。

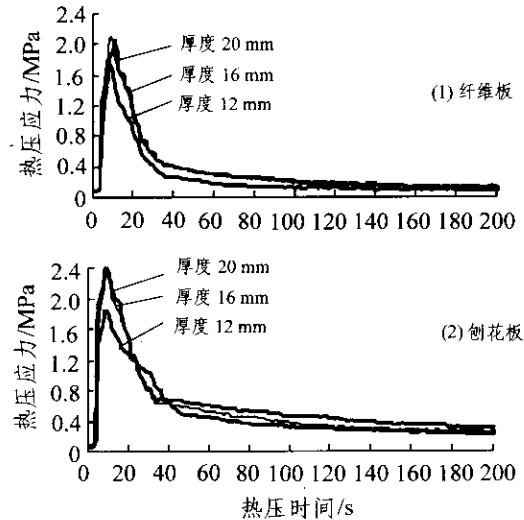


图 3 不同厚度板材的热压应力变化曲线
Fig. 3 Curves of hot-pressing stress under different panel thickness

由图 3 可以看出:1) 板厚对最大热压应力值的影响较小。板厚较小时,其最大热压应力值随厚度的增大而增大;板厚较大时,其最大热压应力值几乎不受厚度的影响。这是由于厚板的表层厚度与板坯厚度之比相对较小,则表层组元体的受热软化对最大热压应力值的影响相对较弱。

2) 在屈服段,应力的下降速度基本相同,几乎不受板厚的影响。虽然板厚越大,其最大应力值越大,组元体所受到的作用力越大,则越容易屈服变形;但另一方面,板厚越大,受热软化的表层所起的作用相对较小。由于两方面的共同作用,使得板厚对应力下降速度的影响不显著。

3) 在塑化段,当板厚较小时,初始应力值随板厚的减小而减小;而当板厚较大时,初始应力值几乎不受板厚的影响。这是由于在进入塑化段前,板坯的表层已经开始受热软化(或塑化),板厚越小其软化(或塑化)部分所占比例越大,因此初始应力值较小。

2.4 热压温度对热压应力的影响

由 1、8、9 和 10、17、18 号试验数据,得到图 4 所示的不同热压温度时的热压应力变化曲线图。由图 4 可见:1) 板材的最大热压应力值随热压温度的升高而减小,热压温度较低时影响较大。在板坯被压缩至目标厚度的过程中,热压温度越高传热越快^[4-6],表层组元体的温度升高越快,则越容易软化,因而最大热压应力值越小;与热压温度较高时相比,热压温度较低时提高同值的温度,其提高的幅度较大,因而影响相对较大。

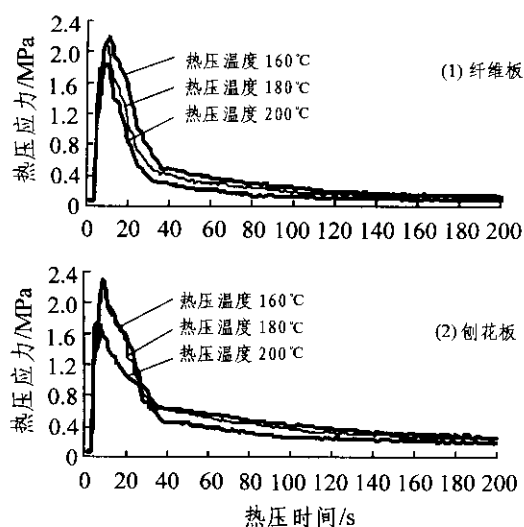


图 4 不同热压温度时的热压应力变化曲线

Fig. 4 Curves of hot-pressing stress under different hot-pressing temperature

2) 在屈服段,纤维板应力下降速度基本相同;刨花板则是最大应力值较大者的应力下降速度较快。该段应力的下降速度取决于两方面:一是组元体所承受的作用力大小。作用力越大,组元体越易屈服变形,应力下降速度越快;二是热压温度对传热的影响。热压温度越低,传热越慢,表层组元体的软化作用越小,不利于应力下降。组元体不同,其屈服变形能力和传热能力不同,因而温度对应力下降速度的影响亦因组元体而异。

3) 在塑化段,初始应力值随热压温度的提高而减小。这是由于在进入塑化段前,板坯的表层已经开始受热软化(或塑化),热压温度越高,其软化(或塑化)的程度越厉害,因此初始应力越小。

3 结论

1) 热压应力变化曲线可以分为压缩段、屈服段和塑化段。板坯被压缩至目标厚度时,热压应力达到最大值;在屈服段,热压应力迅速(约 30 s 内)从最大值开始下降;在塑化段,热压应力缓慢下降。

2) 在压缩段,随着板材密度和板厚的增大,或板坯含水率和热压温度的降低,最大热压应力值增大。其中板材密度的影响显著,板坯含水率的影响次之,板厚和热压温度的影响较小。

3) 在屈服段,应力的下降速度随最大应力值的增大而增大,最终几乎同时进入塑化段。

4) 在塑化段,随着板材密度和板厚的增大,或热压温度和板坯含水率的降低,初始应力值增大。其中密度的影响较大,热压温度次之,板厚的影响较小,板坯含水率几乎没有影响。

5) 纤维板和刨花板热压应力变化的基本规律相同,但因组元体不同又有差别。

参考文献:

- [1] 徐咏兰. 中高密度纤维板制造与应用[M]. 吉林: 吉林科学技术出版社, 2002, 112-120.
- [2] 徐咏兰. 中密度纤维板制造[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995, 131-136.
- [3] 王国超. 纤维板生产技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000, 139-148.
- [4] 王补宣. 工程传热传质学[M]. 北京: 科学出版社, 1982, 1-2.
- [5] 谢力生, 喻云水, 曹建文, 等. 常规热压无胶干法纤维板热压传热研究[J]. 林产工业, 2003, 30(1): 26-28.
- [6] 谢力生, 赵仁杰, 张齐生. 胶黏剂对纤维板热压传热的影响[J]. 木材工业, 2003, 17(2): 15-16.

(责任编辑 向 琴)