



刨花板喷蒸热压

王洁瑛 刘正添

(北京林业大学 北京 100083)

热压是刨花板生产的关键工序。热压时间取决于板坯芯层的升温速度及胶粘剂的固化速度。传统的热压方法依靠热压板(或垫板)向板坯的接触传热,芯层升温慢,尤其是在生产厚板的情况下,单纯依靠提高热压温度来缩短热压时间是很有限的,而且容易引起板坯表层胶的过早固化,影响产品质量。

喷蒸热压是一种新型的热压方式。在热压过程中从板坯表面垂直向内部喷射蒸汽,利用板坯的渗透性,使蒸汽直接加热整个板坯,大大缩短热压时间。这一技术尤其适用于生产厚板。虽然喷蒸热压目前还不很成熟,在我国,这一研究尚处于起步的阶段,但发展的趋势表明,这一技术应用于刨花板和干法中密度纤维板生产,将具有广阔的前景。

1 历史回顾

喷蒸热压(Steam Injection Pressing)起始于本世纪五十年代。Klauditz 于 1959 年获得德国专利,其内容是在压机闭合,当板坯达到最终厚度时,通过打孔的热压板向板坯内喷射过热蒸汽。Corbin 和 Hall 于 1966 年获得的专利中把喷过热蒸汽的时间定在压机闭合期间。

使用过热蒸汽是早期喷汽热压的特点之一。Corbin 认为使用饱和蒸汽会显著增加成板的残余水分,而且传热速度也不及过热蒸汽。但是,蒸汽过热所需设备复杂,能耗大;过热蒸汽不利于板坯的塑化。于是饱和蒸汽逐渐受到重视并代替了过热蒸汽。

1975 年,Shen 在专利中叙述了封闭的喷蒸压机,它可保持板坯内较高的温度和压力,利于高温固化胶的固化,且可显著改善成板的尺寸稳定性。但由于封闭压机不易制造,热压时容易产生爆炸,因此至今研究得较多的是不封闭压机,这很适于采用中温固化胶来生产板子。1989 年,Hsu 获得了自我封闭的喷蒸热压专利,他利用一框架使板坯的边缘压得更密实,从而阻碍蒸汽从周边的逸出,这比较适合于用高温固化胶来生产厚板。

从喷汽工艺来说,目前尚无一定模式。喷汽可从板坯的单面喷,双面同时对喷或交错喷;可连续喷或间歇喷。Taylor 等认为,在喷汽结束后加入一道从板坯内抽真空的工序可减少板坯内的水分,降低成板内应力,避免成板鼓泡^[1]。可以认为,喷汽工艺还有待于更深的研究。目前,压机操作及数据采集的计算机化已成为可能^[2],能使喷蒸热压过程得到精确的控制,这对于喷蒸热压技术的发展是有利的。

2 喷汽热压基本参数及原则

2.1 基本参数

影响刨花板热压过程的因素很多。喷蒸热压旨在保证成板具备一定性能的前提下,降低热压时间,减少能源消耗。同时也增加了许多新的工艺参数,如喷汽板上小孔的直径及分布,蒸汽的饱和程度和压力,喷汽的开始时间和持续时间等等。

2.1.1 板坯渗透性 喷蒸热压要求蒸汽能顺利地进入板坯,且能从板坯中逸出,因此要求板坯有良好的渗透性。蒸汽的压力太低,刨花的表面积大而厚度小,或板坯被压实,都会降低板坯的渗透性。Hata^[3,4]等人已在刨花的尺寸对板坯渗透性及成板性能的影响方面作了许多细致的研究。

2.1.2 蒸汽 为了减少蒸汽在板坯内的冷凝,蒸汽饱和程度要高以及热压温度要高于蒸汽的温度。蒸汽压力一般为 1MPa 左右。高温高压的蒸汽有利于提高热压效率,但 Subiyanto^[5]等人通过观察高温高压蒸汽下刨花内各种胶的固化情况,认为高压蒸汽喷射会导致树脂胶,尤其是脲醛或三聚氰胺脲醛树脂胶的分解。

2.1.3 喷汽板 为了做到向板坯内均匀地喷汽,喷汽板上的喷汽孔以直径小,分布密为佳。如 Geimer 作实验所用喷汽板幅面为 914mm×914mm,钻孔部分为 660mm×559mm,孔径为 2.38mm,孔间距为 50.8mm×12.7mm。

2.1.4 喷汽量 喷蒸热压的喷汽量,应与板坯性质、胶种及施胶量、热压时间等有关,它对整个喷蒸

收稿日期 1994-10-12

• 24 •

的效果起着决定性的作用。喷入蒸汽太少,达不到预期的目的;太多,则会增加成板的含水率和降低成板的力学性能。Geimer 用实验表明,喷汽量应以在喷汽停止后,板坯芯层的稳定温度达到胶液的固化温度为限。

2.2 喷汽控制原则

美国林产品实验室通过大量的研究基本确立了使用饱和蒸汽喷蒸热压的原则:^[6]

①蒸汽必须在板坯被压缩至某一临界密度时喷入内部,使蒸汽不至于喷散板坯。

②在板坯被压缩至一定密度之前,芯层温度必须达到 100℃。否则,将由于板坯渗透性变小而蒸汽不易再被喷入板坯来提高其温度;板坯内的蒸汽也不易从边缘逸出,导致成板内过量的残余水分。

③当板坯被压缩到最终厚度之后,再在短时间內喷汽可使芯层温度达到一峰值,此值主要取决于板坯密度和喷汽量。

④喷汽停止后,板坯芯层温度很快会降到一个稳定值。为了使胶固化完全,需要一段保压时间,其长短与胶的性质有关,如酚醛胶需 80 秒,而脲醛胶只需 13 秒。

3 热压基本规律

3.1 温度

喷蒸热压的最显著特点便是板坯芯层的快速升温。众多科研工作者通过用热电偶监测板坯内的温度后认为,喷汽后板坯芯层能在短时间内升温到 100℃,升温速度与刨花形态、板坯密度有关,但与板坯厚度关系不大。Hata^[8]等人通过实验得出,在传统热压的情况下,要使成板厚为 20mm 和 40mm 的板坯芯层升温到 100℃各需 3 分钟和 11 分钟;而应用喷蒸热压在可比条件下,板坯芯层几乎在瞬间便升温到 100℃。正因如此,这一新技术可望显著降低热压时间。

3.2 压力

喷蒸热压时压机的闭合压力不仅与木材树种、刨花形状、板子密度、压机闭合速度有关,更与闭合前喷汽的时间有关。实验表明,由于喷蒸热压中刨花的塑化程度大,在可比条件下,喷蒸热压时所需的最大压力仅为传统热压所需最大压力的 40%左右^[6]。

3.3 汽压

板坯内部蒸汽的变化可通过一个细长的不锈钢管(如 Kamke^[9]所用管长 360mm,外径为 1.6mm,内径为 0.25mm)和一压力传感器来测量。喷蒸热压时

板坯内的蒸汽流向时刻在变。喷汽期间蒸汽快速流向板坯的芯层及四周,喷汽停止后,则流向边缘,抽真空时,则主要流向喷汽板。因而在板坯厚度方向及水平方向的汽压梯度变化剧烈。实验室制板时,鉴于板坯厚度与表面积之比值较大,可在板坯四周加薄的封闭条来减少蒸汽逸出,以减缓汽压梯度。(这里的蒸汽包括喷入的蒸汽,板坯内水分形成的蒸汽及其它气体)。

3.4 含水率

许多人认为喷蒸热压会显著增加板坯内的水分。但 Geimer^[7]等人用实验证明,采用不封闭压机,只要喷汽量不过大,停汽后的热压时间不过短,板子的含水率并不会明显上升;但封闭压机会较大幅度地增加成板的含水率。喷蒸热压前板坯的含水率以低些为好;若在喷汽后增加一个抽真空的步骤,可改善热压效果。

4 成板性能

喷蒸热压生产刨花板时,成板的性能除了受原材料、设备等因素影响外,蒸汽性质、喷汽工艺等,都会影响板子的物理力学性能。针对具体情况研究最佳的喷蒸热压条件,是一项繁重而必须的任务。

4.1 密度梯度

板坯密度梯度形成的根本原因是木材刨花具有粘弹性。传统热压中,板坯内的温度和含水率都很不一致。表层刨花一般含水率较高,受热迅速,塑化完全,而芯层刨花则塑化程度低,表芯层刨花的含胶量可能也有差别,这样便产生了厚度方向的密度梯度。而喷蒸热压使整个板坯均匀塑化,成板的密度梯度很低。这样可能会降低板的静曲强度,但提高了板的均匀性,有利于改善板的握钉力和尺寸稳定性。

4.2 尺寸稳定性

1975 年,Shen^[1]运用封闭压机喷蒸热压生产刨花板时,即发现板子的尺寸稳定性特别好。此后,多位研究者发现了这一现象,并认为封闭压机对改善板的稳定性比不封闭有效,而且,还有很多其他影响因素,如喷汽量以高为利,热压时间不应太短。从胶种来说,用异氰酸酯树脂生产的板子,尺寸稳定性最高^[7]。

刨花板的湿胀分为可恢复的和不可恢复的两种^[10],前者为木材细胞壁吸收水分引起的吸湿膨胀,后者由被压刨花间的回弹(Springback)以及刨花之间胶层的断裂引起。后者的影响远大于前者,减少刨花板的吸湿性,降低成板的内应力,是提高尺寸稳定

性的出发点。Hsu 等认为蒸汽作用于刨花能使半纤维素部分水解,部分木素降解,从而提高了刨花的可压缩性,降低了热压时产生的板坯内的应力。Thoman^[1]曾在喷蒸热压生产刨花板时测得板坯内水分的 pH 值达 3.5,这与半纤维素在高温高压蒸汽中发生水解有关。可以说,用喷蒸热压来提高刨花板的尺寸稳定性,是可行的。

4.3 成板的内结合强度

刨花板的内结合强度主要取决于胶种、施胶量、胶的固化情况等。关于喷蒸热压对板子内结合强度的影响这一问题上,存在着较大的争议。Hata^[12]等认为喷蒸热压使板子的内结合强度显著增加,但更多的人持相反的意见。应该说,内结合强度跟喷蒸热压的具体条件有关。Subiyanto^[5]研究认为,采用脲醛树脂胶和三聚氰胺脲醛树脂胶来生产板子,蒸汽温度低一些(120~140℃)及热压时间长一些(120~150s)时,有利于提高成板的内结合强度,因为蒸汽温度过高会导致已经固化的树脂分解。对酚醛树脂胶和三聚氰胺酚醛树脂胶,高温蒸汽不会明显影响内结合强度,而且有利于降低热压时间。对异氰酸酯树脂,蒸汽的温度不会使内结合强度产生明显的波动,但总是低于传统热压产品的内结合强度。Geimer^[7]认为,用酚醛胶生产刨花板,喷汽量应足够大,而且应适当延长热压时间。酚醛胶粘剂会由于板坯内含水率太高或温度不够高而延缓固化。生产相同内结合强度的刨花板,若采用异氰酸酯树脂胶,可降低施胶量。

5 工业应用实例

目前,喷蒸热压生产刨花板及中密度纤维板,在工业上仍处于试用阶段。这儿介绍一个 Geimer^[14,15]曾作过的工业化试验。

喷蒸压机由 Siempelkamp Corporation 和 Weyerhaeuser Company 共同研究改造而成,生产幅面为 1220mm×2440mm 的刨花板。饱和蒸汽的压力为 0.689MPa,板坯周边封闭。采用 0.51mm 厚的长条形硬杂刨花,分别用了异氰酸酯树脂胶和酚醛树脂胶,基本热压工艺为(计算机控制,图 1)。

试验结果,用其中一种异氰酸酯树脂胶生产(3%施胶量)的厚度为 38mm,密度为 0.72g/cm³ 的板子,内结合强度达 0.85MPa,静曲强度达 37MPa,吸湿厚度膨胀率为 23%(一批板的平均性能)。若板厚为 12mm,则热压时间可从 147s 降到 81s。而且酚醛树脂胶生产的板子,性能不稳定。另外,通过对照



图 1 热压工艺

注:“单向喷汽”译自“push through”,

目的是防止板坯内空气的滞留

试验,Geimer 得出喷蒸热压比传统热压法降低吸湿厚度膨胀率的结论。(但笔者认为吸湿厚度膨胀率 23%不算低,Geimer 的测试性能的方法不详。)

从生产成本来说,采用喷蒸热压法可显著增加产量,高效地生产各类厚板,而且热压压力也降低了。虽然喷射蒸汽会增加一些成本,但综合地看来,喷蒸热压是值得尝试的。

6 相关理论和技术的发展

各门科学的发展总是相互联系,相互促进的。喷蒸热压的发展也离不开与之相关的技术和理论的发展。

刨花作为一种木质组分,因此要深入研究喷蒸热压工艺时首先应了解它在胶粘剂的作用下,及在高温高压蒸汽中所发生的一些本质上的变化 Wolcott, Kamke^[13]等人从木刨花的粘弹性出发,研究其在热压过程中玻璃态和高弹态的转变,并结合研究板子的密度梯度、应力松弛、胶结质量、回弹等,很能给人启发。

从胶粘剂的方面来说,同一种胶,由于合成工艺不同,所生产的板子的性能便大不一样。Geimer^[7]提出要使酚醛树脂胶的固化不受水分的影响以更好地适应喷蒸热压,可考虑对它改性。采用异氰酸酯树脂结合喷蒸热压,可望生产密度低,内结合强度高,耐水性强的刨花板。

当然,因为热压技术,普通热压理论的发展也会促进喷蒸热压的发展。Bolton 等正在热压领域作层层深入的研究。另外,越来越先进的各种相关技术(如测试技术)也为我们更好地研究喷蒸热压提供了有力的工具。最便利的莫过于计算机及计算机控制系统的应用,这使人们建立复杂的热压模型,精确地控制喷汽过程等成为可能。

7 结论

目前,喷蒸热压要广泛应用于工业,以生产性能

符合要求的成板,还存在着一些理论和实践上的困难,如设计更合理的喷汽装置,确定蒸汽的最佳参数,喷汽工艺等。但 Geimer 等人的实践已充分证明,这一技术的工业化是完全可行的。提高热压效率,降低能源耗费,生产高尺寸稳定性的刨花板(或纤维板),喷蒸汽压必将发挥其应有的作用。

8 参考文献

- 1 Hsu W E. An overview of steam pressing technology for wood composite panelboards. Presented at Spring Meeting, Eastern Canadian Section Forest Products Research Society, 1990
- 2 Geimer R et al. User-friendly programming for a computerized laboratory press. Forest Products Journal, 1990,40(3): 41~44
- 3 Hata T et al. Production of particleboards with a steam-injection press V. Effects of particle geometry on temperature behaviors in particle mats and on air permeabilities of boards, Mokuzai Gakkishi, 1993,39(2):161~168
- 4 Hata T et al. Production of particleboards with a steam-injection press VI. Effects of particle geometry on board properties. Mokuzai gakkaiishi, 1993. 39(20):169~173
- 5 Subiyanto B et al. Curing conditions of particleboard adhesives III. Optimum conditions of curing adhesives in steam injection pressing of particleboard. Mokuzai Gakkaishi, 1989,35(5):424~430
- 6 Geimer R. Steam injection pressing. In:Proceedings . 16th International particleboard symposium, 1982, 115~134
- 7 Geimer R et al. Respose of flakeboard properties to changes in steam injection pressing environments. Res. Pap.FPL-RP-507
- 8 Hata T et al. production of particleboard with steam-injection I. Temperature behavior in particle mat during hotpressing and steam-injection pressing. Wood Sci. Technol. ,1989,23:361~369
- 9 Kamke F A, Casey L J. Gas pressure and temperature in the mat duing flakeboard manufacturing. Forest Products Journal, 1988,38(3):41~43
- 10 Hsu W E et al. Chemical and physical changes required for producing dimensionally stable wood-based composites. Wood Sci. Technol. , 1988, 22: 281~289
- 11 Thoman B J, Pearson R G. Properties of steam-pressed particleboard. 1976
- 12 Hata T et al. Production of particleboard with a steam-injection press III. Effects of injection time and timing on board properties. Mokuzai Gakkaishi. 1989, 35:1080~1086
- 13 Wolcott M P et al. Fundamentals of flakeboard manufacture; Viscoelastic behavior of the wood component. Wood and Fiber Science, 1990,22(4):345~361
- 14 Geimer R, Price E. Steam injection Pressing-large fabrication with southern hardwoods. In:Proceedings, 20th international particleboard composites materials symposium. 1986
- 15 Price E W,Geimer R L. Thick composites are technically feasible with steam-injection pressing. 1989

· 新书简介 ·

《世界各国主要林业研究机构指南》

该书由林业部科技司和中国林业科学研究院《木材工业》编辑部根据联合国粮农组织(FAO)、国际林联(IUFRO)以及林业部科技司的最新统计资料编写,介绍了世界上100多个国家和地区的700个林业(包括木材加工)科研、科技管理和科技推广单位的名称、主要研究领域、主要负责人及联系地址、电话和传真等(其中国外近500个、国内200个),具有较强的实用性,可供读者查阅、参考。

16开144页,定价:14元。需邮寄者附邮挂费2元。

联系地址:北京市颐和园后中国林科院29信箱《木材工业》编辑部

联系电话:(010)258211 转 416 分机

联系人:鲍加芬