

讨论与建议

高频、微波加热技术在日本木材工业的应用

黄荣凤, 吕建雄, 赵有科

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 日本从欧洲引进高频、微波加热技术后,以实用化为目的进行了大量开发研究,并在众多领域推广和应用。本文介绍了高频、微波加热处理技术的原理和方式,以及在日本木材胶合、干燥、可塑化处理、热处理等加工领域的利用现状和应用实例,分析展望了两项技术在我国木材加工领域的应用和发展前景。

关键词: 高频; 微波; 木材; 加热处理

中图分类号: S782.33; TM15

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2007)05-0021-04

Applications of High Frequency and Microwave Heating Techniques in Wood Industry in Japan

HUANG Rong-feng, LU Jian-xiong, ZHAO You-ke

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Many industrial fields in Japan have applied high frequency and microwave heating techniques that were introduced from Europe. Some research and development and application examples of these techniques in the Japanese wood industry are presented in this paper including wood gluing, drying, plasticizing treatment, heat treatment etc. The present status and expectations for application in China's wood industry are also discussed.

Key words: high frequency; microwave; lumber; heating treatment

20世纪40年代中期,日本从欧美引进高频、微波加热技术后,就以实用化为目的,进行了一系列高频、微波加热技术的应用研究。历时半个多世纪,已在塑料、木材、食品、陶瓷、医疗等领域得到广泛普及和应用,对各产业的发展起到了促进作用。目前,在日本国内正在使用的高频、微波设备已有数万台。本文主要介绍高频、微波加热技术在日本木材加工领域中的应用状况和应用实例^[1-2],拟为加快该加热技术在我国木材加工业的应用提供借鉴。

1 电磁波加热的原理和方式

1.1 原理

在木材及木质材料加工和制造过程中,加热处理

是一个重要环节。加热处理常用的热源有蒸汽、电加热器、热风等,主要是通过热传导、对流等方式,从物体表面逐渐向内部加热。这种方式用于热导率低、厚度或体积大的木材加热时,耗时长,生产效率低。

高频、微波加热统称为电磁波加热,均属于物体内部加热。其原理是,当木材、塑料等绝缘体作为被加热物体(电介质)处于高频或微波电场中时,电介质内部具有正负极性的偶极子就会顺电场方向排列。在电场每秒数百万次极性变化的作用下,偶极子产生剧烈运动,摩擦发热。即在电磁波的作用下,被加热物体自身发热。因此,此方法尤其适合大断面尺寸木材制品的快速、均匀加热。

1.2 方式

高频加热与微波加热的原理相同,区别在于电磁波的使用频率不同。工业用高频加热的频率通常为13.56、27、40 MHz;微波加热频率为2 450 MHz和

收稿日期:2006-11-03; 修改稿:2007-08-08

基金项目:引进国际先进农业科学技术项目“948计划”(2005-4-72)。

作者简介:黄荣凤(1963—),女,中国林科院木材工业研究所副研究员,博士。

915 MHz。另外,加热方式和装置亦截然不同。高频加热是将被加热物体放置在2张电极板之间,对电极板施加高频电压,通过高频电场加热;微波加热一般是将被加热物体放入金属炉内,通过微波照射加热。

1.2.1 常用高频加热的电极构成和配置方式^[2]

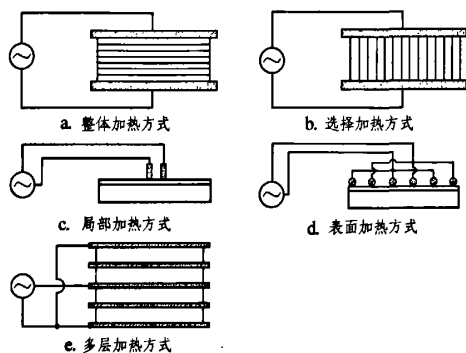


图1 高频加热方式

Fig. 1 Different patterns of high frequency heating

1) 整体加热 将被加热物体放在2张平行电极板之间,施加高频电压加热。如果被加热物体材质均匀,基本上能够实现整个物体均匀加热。图1 a所示为胶合层与电极板平行放置时的加热模式。

2) 选择加热 将被加热物体按胶合层与电极板垂直方式放置进行加热(图1 b)。由于木材胶合时水分主要集中在胶合层,木材部分几乎不加热,因而实现对胶合层的选择性加热。

3) 局部加热 通过改变电极的形状和大小,进行电极组合,使被加热的部分集中在高频电场中,实现局部加热(图1 c)。通过数个电极组合的并列设置,能够同时对数个部位进行局部加热。

4) 表面加热 将被称为电极栅的导体棒电极,沿被加热物体排列成格状,施加高频电压后,电极栅之间产生强大的电场,使被加热物体表层有效加热(图1 d)。

5) 多层加热 如图1 e所示,为了增大一次加热处理量,提高生产效率,可将被加热物体多层立体摆放,并配置多层电极板。此法通常与蒸汽或真空法组合,用于大批量木材的干燥处理。

1.2.2 常用的微波加热方式

1) 箱式加热 适用于具有一定形状物体的长时间加热处理(图2 a)。

2) 导波管式加热 适用于板状或薄片状被加热物体的连续加热处理(图2 b)。

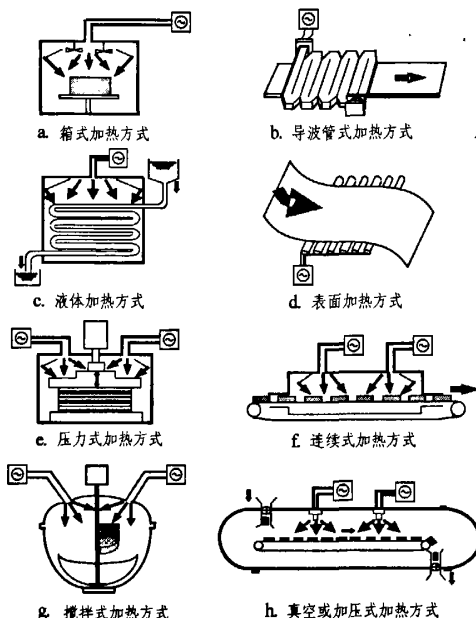


图2 微波加热方式

Fig. 2 Different patterns of microwave heating

3) 液体加热 对通过箱内输送管连续输入的液体进行加热(图2 c)。

4) 表面加热 适用于薄片状被加热物体表面的高强度加热处理(图2 d)。

5) 压力式加热 在施加机械压力的同时进行加热处理,主要用于木材等材料(图2 e)。

6) 连续式加热 对输送带输送的被加热物体进行连续加热处理(图2 f)。

7) 搅拌式加热 粉状或颗粒状被加热物体在搅拌的同时进行加热(图2 g)。

8) 真空或高压加热 在真空罐或加压罐中,被加热物体在真空或高压状态下进行加热(图2 h)。

2 电磁波加热技术的应用

高频、微波加热在木材加工领域的应用可分为:胶合、干燥、可塑性、热处理4类。在日本,前3类的应用有着很长的历史,而热处理则是近几年新开发的应用领域。

2.1 木制品胶合

木材的热导率极低,对大规格胶合材而言,采用常规加热方式的胶合效率很低。而电磁波加热效率高,且开发了适用于电磁波加热的胶黏剂^[3],因此,电磁波加热技术在木材胶合领域发展最快、应用最

广^[4-5],目前日本的高频、微波加热设备有50%以上用于胶合。由于高频加热时胶黏剂的诱电损失系数远比木材高,可通过只对胶黏剂进行选择加热固化来实现大批量生产。目前采用整体加热方式胶合单板、用选择加热方式胶合集成材和用表面加热方式胶合贴面板等技术,已被广泛应用于日本的家具、建材生产中。

以集成材为例。集成材是将木板或小径锯材沿平行木纹方向胶合而成,为使结构用集成材达到一定的承载强度,一般要先用热固性胶黏剂进行胶合,再冷压24 h以上。如采用温度100℃的普通热压机热压,根据材料断面尺寸不同,需几十分钟至数小时。而使用高频选择加热方式,只需要2~5 min就能够达到良好的胶合效果,生产时间大大缩短。

2.2 木材干燥

家具用材、木地板、墙面装饰木等在加工过程中,为保证木材的尺寸稳定,必须进行干燥处理。近年来,日本住宅用的柱材等结构用材也开始要求进行干燥。常规蒸汽干燥对小规格锯材比较适宜,但如果木材断面尺寸太大,不仅干燥所耗时间长,而且容易出现开裂、弯曲等干燥缺陷,降低木材的品质。为此,日本在高频真空干燥的基础上,又开发出高频-蒸汽联合干燥的技术、悬挂式微波干燥技术及微波加热原木干燥系统^[6]。

1) 高频真空干燥 将木材置于真空罐内,在真空度为5.3~13.3 kPa的条件下,进行高频加热。这种方法降低了木材中水分的沸点,可在40~60℃的低温下干燥木材,不仅能减少木材变色、变形及开裂,而且干燥速度大大加快。特别是用于装饰用阔叶树锯材和大断面锯材的干燥时,比热风干燥时间缩短7~17倍^[7-8]。

2) 高频-蒸汽联合干燥 将常规热风干燥与高频加热并用。在进行70~90℃中温热风干燥的同时,对含水量较高的心材部分进行高频选择性加热,使其温度上升到100℃,木材内部因温度梯度而产生压力差,促使水分向外析出,实现快速、均匀干燥^[9-10]。对带有髓心、较难干燥的柳杉柱材,干燥所需时间只有常规热风干燥的1/3左右,而且干燥后含水率均匀,变色、开裂等缺陷很少。这种技术对大断面锯材的干燥效果显著,具有良好的应用前景。

3) 悬挂式微波干燥 干燥房顶部装有一环形轨道,微波装置安装在侧面。每根锯材吊起后沿轨道移动,同时自转。在循环移动过程中,接受微波照射进

行干燥。每转一周自动称重一次,直至终含水率达到要求时运出。

4) 微波加热原木干燥系统 由尺寸和重量测定机、微波照射室和调湿室构成。原木尺寸和重量测量后,通过计算机控制系统输入木材的全干比重,计算出达到目标含水率所需的照射时间。原木在照射室经微波加热后,进入调湿室进行养生处理。整个过程由计算机系统控制,直至达到目标含水率后运出。

2.3 可塑化加工

木材的可塑化加工是通过将木材进行高温加热,实现木材的非破坏性弯曲和横向压缩。该技术19世纪30年代最先用于制造弯曲成型层积胶合板。50年代开发了将单板用热水和蒸汽软化处理后,嵌入铁制模具,在加压固定状态下进行干燥的可塑化加工技术,也是现今弯曲成型技术的基础。近年来,日本还研究出通过高频、微波加热,代替蒸汽、煮沸等加热形式塑化处理木材的技术,并广泛应用于椅子靠背、家具支腿、乐器、伞柄、轿车方向盘等的生产。高频加热可同时进行单板的干燥与层积胶合,有效缩短加热时间,减少工序,大大降低塑化加工的生产成本。

木材的可塑化处理技术还被用于木材密实化加工。20世纪初叶,日本开始研究山毛榉和桦木木材的密实化加工;近年,为扩大日本柳杉等软质木材的利用范围,又进行了大量柳杉木材层积材密实化、木材表面密实化等技术的开发^[11-12],以提高柳杉木材强度,改善其加工性能。在大断面锯材的密实化处理中,高频加热技术的应用亦越来越广泛。目前,密实化木材主要用于家具、地板、木窗、门框、木结构建筑的门庭用材、甲板、扶手等部件的制造。

2.4 木材热处理

基于改善居住环境和健康方面的考虑,建筑中现已限制使用含有机挥发性化学物质的材料。因此,在新型工程木材的开发中,不使用化学药剂、合成树脂的材料处理方法受到重视。高频加热处理技术可在不使用任何胶黏剂和化学药剂的情况下,实现密实化木材的永久固定以及刨花板的无胶胶合,是一项环境友好型材料处理技术。此外,还可在不使用任何化学药品的情况下,迅速杀灭木材中的虫菌。在环保型木材防腐处理方面,也有着广泛的应用前景。

1) 压缩木材的尺寸稳定 木材在压缩变形的状态下,施行高频加热,使木材温度迅速升至180~200℃。此时,木材中的半纤维素和木质素等主要成分将部分分解和再聚合,起到胶黏剂的作用。由于木材内

部保持高温、高压、高含水率状态,即与高温、高压蒸汽处理的原理及效果相同,因而能够在短时间内使变形永久固定^[13]。与蒸汽处理相比,不需要使用高压容器,操作安全易行,而且克服了蒸汽处理从外部向木材中心传热效率低、大断面锯材制品处理难的缺点,在较短的时间内完成加工处理。

2) 无胶刨花板制造 现已开发出将间伐材、建筑废弃木材、树木枝丫材等(包括洋麻等非木质植物材料)制成刨花,在不使用任何胶黏剂的情况下,加工成刨花板的新技术。加工过程是:首先对刨花进行高温、高压蒸汽处理,使其中的半纤维素分解。之后,高频加热使其达到180~190℃,再经过加压成型,使刨花自身胶合成板^[1]。这种板的物理力学性能较低,使用范围有限,主要用作杂草抑制用材、土壤固定用材、水泥模板等。但由于具有环保、安全、资源可循环利用等优点,也是今后木材学科研究的重要内容之一。

3 分析与展望

高频、微波技术在日本木材工业领域的广泛应用,对促进行业的发展起到了重要的作用。相比之下,我国对高频、微波技术的应用研究很少,目前只局限在木材胶合和部分层积弯曲木加工等方面,且大多采用整体加热方式。

我国从20世纪90年代开始生产高频、微波木材加热处理设备,到目前为止,能够生产此类设备的企业也只有十几家,多数企业的规模比较小。规模较大的企业,年生产能力也只有30多台(套),且设备自动化程度不高。

分析其原因主要有:一是由于缺乏对木材性质的认识,生产的高频、微波加热设备的使用局限性大,只适用于某些特定树种,或在特定的条件下使用;二是设备价格较高。虽然国内也开发了微波木材干燥设备,但由于微波发生器及其相关产品价格昂贵,未能在生产中得到推广应用,热处理主要还是使用传统的蒸汽加热方式。

近年来,随着我国工业的快速发展,高频、微波设备价格有了很大程度的降低,为高频、微波加热技术在我国木材加工业的应用普及创造了条件。因此,借鉴发达国家经验,引进先进的高频、微波加热技术,并

在消化吸收的基础上,进行技术创新,是加快高频、微波加热技术在我国木材加工业上应用的有效途径。同时,还应加强高频、微波加热技术的基础研究,探明高频、微波加热条件、木材含水率和树种之间的关系;加强研究人员与设备生产企业的交流与合作,发挥各自优势,共同开发生产出用途广泛的高频、微波设备。

随着世界各国环保意识的加强,高频及微波加热处理作为一项高效、节能、环境友好型木材加工处理技术,必将在我国得到广泛的应用。

参考文献:

- [1] 山本泰司. 高频技术在木材工业中的最新应用[J]. 木材工业(日), 2002, 57(9): 380-385.
- [2] 井上雅文, 山本泰司. 高频、微波加热在木材工业中的应用[J]. 电子情报通信学会技术研究报告(日), 2003(16): 35-40.
- [3] 东山贡, 浅钦二. 乳胶系胶粘剂的高频木材胶合: 各种乳胶系胶粘剂的物性和胶合耐久性[J]. 木材工业(日), 1991, 46(9): 418-422.
- [4] 藤井毅, 林知行, 宫武敦. 高频和热压并用法制造 LVL[J]. 木材工业(日), 1988, 43(12): 620-625.
- [5] 井上雅文, 儿玉顺一, 山本泰司, 等. 高频加热压缩木材的尺寸稳定化(第2报): 层积压缩材的制造条件探讨和连续制造设备的开发[J]. 木材学会志, 2006, 52(3): 173-177.
- [6] 日本住宅木材技术中心, 株式会社亚细亚制作所. 微波加热法原木优化干燥系统的开发[R]. 日本爱知县: 日本农林水产省2002年资助项目报告, 2003: 1-45.
- [7] 浜野义昭, 西尾茂. 关于高频真空干燥法(3)[J]. 木材工业(日), 1986, 41(8): 376-380.
- [8] 小林功, 黒田尚宏, 本田敦子. 过热蒸汽处理和高频真空联合干燥含树心无背割的柳杉柱材[J]. 木材工业(日), 2006, 61(8): 350-355.
- [9] 川井安生, 小林好纪, 则元京. 高频加热和蒸汽联合的木材干燥方法(第3报): 高频加热条件下柳杉锯材内部的压力转移和水分移动[J]. 木材学会志, 2002, 48(3): 136-144.
- [10] 川井安生, 小林好纪, 石丸优, 等. 高频加热和蒸汽联合的木材干燥方法(第5报): 高频加热和热蒸汽的复合效果[J]. 木材学会志, 2003, 49(6): 408-415.
- [11] 中田欣作. 以柳杉强化单板为材料的木质胶合结构材[J]. 木材工业(日), 2002, 57(10): 420-425.
- [12] 木材耐久性提高技术研究组. 木材耐久性提高技术研究成果报告书[R]. 东京: 全国林业改良普及协会, 2004: 1-26.
- [13] 井上雅文, 儿玉顺一, 山本泰司, 等. 高频电磁波加热处理压缩木材的尺寸稳定性[J]. 木材学会志, 1998, 44(6): 410-416.

(责任编辑 姜征、赖威)

欢迎订阅2008年《木材工业》, 每期10元, 全年60元, 邮发代号2-311

更多信息, 请查阅: WWW.cwijournal.com