

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2020069

空芯刨花板研究现状与应用前景

孙思佳^{1,2}, 刘乐群^{1,2}

(1. 浙江农林大学, 浙江杭州 311300; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江杭州 310023)



摘要: 概述空芯刨花板的发展历程, 重点阐述在生产装置、生产工艺、原材料利用和成型结构等方面的研究现状, 并提出进一步的研究方向, 分析其在木门、地采暖用木地板、木结构住宅建筑墙体材料等领域的应用前景。

关键词: 空芯刨花板; 生产工艺; 应用前景; 木门; 地采暖用木地板; 木结构建筑墙体材料

中图分类号: S781.6; TS653.923 文献标识码: A 文章编号: 2096-9694 (2021) 02-0018-05

Literature Review on Research and Application of Hollow Particleboards

SUN Si-jia^{1,2}, LIU Le-qun^{1,2}

(1. Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China;

2. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: The authors reviewed the history and development of hollow particleboards. The research status of production equipment, production technology, utilization of raw materials and forming structure were summarized. The suggestions for future research were proposed. The prospective applications of hollow particleboards for in wooden doors, geothermal floors, and wood structural building wall were discussed and analyzed.

Key words: hollow particleboard; production process characteristics; application prospect; wooden door; wood flooring used in ground heating system; wood structure building wall materials

在资源节约、循环经济和可持续发展的背景下, 空芯刨花板逐渐发展成为我国人造板行业的一种新型绿色环保产品。空芯刨花板的制备可由两个对称的瓦楞板单体胶合构成空芯结构的刨花板; 也可将木材或非木材刨花原料, 通过施加胶黏剂在高温工艺下连续冲挤成空芯板材, 或经过铺装、预压、热压制在长度方向上有孔道的刨花板, 中空孔道结构有圆形孔道、菱形孔道、方

形孔道、椭圆形孔道和多边形孔道等, 具有质量轻、制造成本低、原料利用率高以及良好的耐冲击性、隔热保温性能和吸声性能等特点。由于以上特点, 空芯刨花板是制作木门芯板、隔墙板、家具台面板等材料的理想材料。相关科研和生产单位致力于提高空芯刨花板的使用性能、拓展应用方向, 以期形成大规模的优势产业, 促进人造板工业结构调整和转型升级。

本文回顾空芯刨花板的发展历程, 总结在生产装置、工艺改进、产品结构等方面的研究现状, 并提出进一步研究的方向, 展望其应用前景, 为空芯刨花板的系统研究及工程应用提供参考。

收稿日期: 2020-04-27; 修改日期: 2021-03-05

基金项目: 浙江省省属科研院所专项“竹木轻质墙体关键技术研究”(2017F30014)。

作者简介: 孙思佳 (1997—), 女, 硕士研究生。Email: 747450167@qq.com

通讯作者: 刘乐群, 男, 教授级高级工程师。Email: llq234@sina.com

1 发展历程

空芯刨花板是人造板产业中的新兴产品。挤压法刨花板生产工艺最早起源于20世纪40年代末的德国,邵尔兰特(Sauerland)制造公司自1951年成立以来一直生产挤压刨花板,现拥有38条挤压生产线,年产挤压刨花板60万 m^3 ,成为世界最大的挤压法刨花板生产企业。

我国在20世纪60年代初从瑞典引进1条年产1万 m^3 卧式挤压刨花板生产线,从德国引进2条立式挤压刨花板生产线^[1]。20世纪80年代末兴起平压法技术生产刨花板,且产品的纵向强度和尺寸稳定性均优于挤压法刨花板,致使挤压法刨花板产业逐渐被淘汰。20世纪90年代初期,国内一些小型企业将平压法应用于生产空芯刨花板,其生产工艺与传统平压刨花板无异,需经过施胶、铺装、预压再热压等工序,属于间歇式生产,不像挤压法可一次成型连续化生产,而且占地面积大。20世纪90年代中期,我国木门行业快速发展,市场对高档木门的需求量大幅增加,挤压法刨花板因可以连续化生产和产品表面平整度高等优势再度兴起,通过改进挤压设备,增加内模管,生产的空芯刨花板的隔音降噪和保温隔热性能良好,成为高档木门芯板的理想材料。目前空芯刨花板制造主要有立式挤压、卧式挤压和平压成型三种工艺。

1.1 立式挤压

立式挤压工艺填料方便,密度均匀,无需单独抽出挤孔棒,且施胶量低,产品甲醛释放量低。但是立式挤压工艺和刨花板产品存在以下不足:1)由于刨花排列方向与挤压方向垂直,刨花多呈水平排列,少有纵向排列,导致成板表面结合强度和纵向静曲强度很低,多数板材当作填充材料之用;2)由于木材本身的吸湿性以及板材应力释放等原因,板材长度方向的吸水膨胀率较高;3)木材是非导热材料,厚度过大不利于板材成型,导致板材的厚度受限。

1.2 卧式挤压

卧式挤压与立式挤压相比,热压段和出料段均呈水平状态。由于落料时部分刨花自然成水平排列,部分竖直排列的刨花下落后成纵向排列,

成板纵向排列的刨花数量多于立式挤压法生产的空芯刨花板,纵向排列的刨花使板材的纵向静曲强度大大增强。

但是卧式挤压工艺中落料量难以精准控制,落料不足会导致成板上部分密度小,落料过多则易导致刨花卡在冲头与热压板之间,对挤压头运动产生阻碍;此外,挤孔棒正下方的落料数量少,很少有较大的刨花落至此区域,使成板宽度方向上密度分布不均匀;而且,挤压机的运动部件因其自重易磨损,某些部件因受热膨胀而易改变正确的位置,导致挤压机中心失调,难以保持精度;装置水平放置占地面积较大。

1.3 平压工艺

平压工艺中刨花在横向和纵向上分布均匀,板材的表面结合强度和纵向静曲强度较高;而且可以有多层结构,充分利用不同尺寸形态的刨花,原料来源广泛。

但目前平压工艺生产空芯刨花板是间歇式生产,需要专门的铺装机、预压机、板坯运输机等,存在设备高大、工序复杂等问题,挤孔棒和刨花板内壁接触面积较大,摩擦力大,导致成型后挤孔棒难以抽出,中空结构难以成型;平压工艺相比挤压工艺的施胶量高,胶黏剂及甲醛释放量亦相对较高。

综上,笔者认为综合考虑生产工艺的便捷性、产品制造成本、生产效益等因素,挤压法比平压法更适用于制造空芯刨花板。

2 研究现状

2.1 生产装置的改进

针对生产设备的部件改进,包括挤压头、热压板的长度与宽度等,以调整板材的幅面尺寸,提高产品物理力学性能和生产自动化程度,达到提高生产效率和经济效益的目的。

多维界面挤压头生产的空芯刨花板,各个方向的力学性能可与平压成型空芯刨花板接近,尺寸稳定性更优^[2];波纹型/多排交错凹凸端面挤压头生产的高强空芯刨花板,使纵向和横向抗受力都很好,相比于传统挤压空芯刨花板不仅纵向静曲强度数倍提高,而且吸水膨胀率明显降低^[3-4];超

宽型空芯刨花板挤压机生产的板材可任意调节通孔的走向,最大宽度可达2.5 m^[5];双排孔/多排孔刨花板成型机生产的板材,与传统挤压空芯刨花板相比,厚度更大、比重更轻、用料比更小、隔热隔音效果更好^[6-7]。

人造板成型覆膜挤出机,可同步对挤出的空芯刨花板进行覆膜;固定板内部设置循环水道提高物料的冷却速度,节约生产时间^[8];利用气缸带动挤压推板实现空芯刨花板的自动挤压成型,挤压成型箱体内部设置有加热管,对空芯刨花板直接加热定型,缩短刨花板的生产周期^[9];利用不锈钢滑轨,U型长滑块,翼形螺栓,从动压辊和连接轴的设置,利于保证挤压成型厚度并实时调节固定座的位置,进而保证主动压辊和从动压辊之间的加压间隙,该设备精度高,均匀性好^[10-11]。

2.2 生产工艺的优化

针对立式挤压、卧式挤压、平压3种工艺,从调整施胶量、热压温度、挤压和挤出速度等工艺参数,提高板材的物理力学性能。

南京林业大学用挤出法制备空芯刨花板,采用脲醛树脂胶和自行研制的甲醛捕捉剂,通过正交试验探究了挤出温度、挤出速度、施胶量和甲醛捕捉剂对板材的物理力学性能的影响,证实了在脲醛树脂胶中添加一定量的甲醛捕捉剂,能大大降低空芯刨花板的甲醛释放量,且对板材的物理力学性能无显著影响^[12]。在相同的工艺条件下,采用不同刨花(原生针状刨花、机械粉碎再生刨花和蒸汽爆破再生刨花)压制空芯刨花板,针状刨花制备的板材静曲强度明显高于颗粒状刨花,机械粉碎再生刨花有利于卧式挤压法的刨花填料;卧式挤压可从一次成型、非平面压块、辅助填料装置方面改进,提高板材密度的均匀性^[13-14]。

平压工艺生产空芯刨花板,宜采用对称式分层铺装的方法,即分别对下表层、板芯(空心结构层)、与上表层,按设计刨花量依次分层铺装,可以使板坯成型后的芯层密度与表层密度差异减小,各部分压缩比相近;空芯成型模具采用光滑钢管、螺纹杆,或预埋PVC管为空心孔道的工艺均具有可行性,并对不同平压成型方案下影响板材物理力学性能的因素进行了研究,探究了各因

素对板材性能影响的规律^[15-16]。

2.3 原料的多样化利用

空芯刨花板还可以利用再生刨花,稻草、葵花秸秆和蓖麻秆等农作物秸秆,达到节约资源、提高市场竞争力的目的。

通过机械粉碎、蒸汽爆破和水煮再碎等方法处理废旧刨花板,用再生刨花压制刨花板,并测试其相关理化性能,掌握了一定的再生刨花技术^[17-19];在此基础上可进一步研究适合于空芯刨花板的刨花最佳形态、废旧刨花板再生刨花技术、热压装置和工艺。

挤压法生产稻草空芯刨花板,木质刨花与稻草原料质量比为3:7,在试验探索的最佳工艺条件下制备的空芯刨花板经贴面后,静曲强度和剥离强度均达到GB/T 4897.2—2003《刨花板 第2部分:在干燥状态下使用的普通用板要求》的要求^[20]。针对蓖麻秆原料特性以及人造板工艺条件的系统研究,验证了蓖麻秆用作人造板工业化生产的可行性^[21-22]。此外,农作物秸秆可用于人造板原料还有棉秆、烟秆、玉米秆等,产量大,生产周期短,但其利用存在收集、运输、储存、加工等难题,我国一直致力于秸秆资源的开发利用,秸秆人造板具有广阔的发展空间。

2.4 产品成型结构的设计

针对空芯刨花板产品成型结构的设计研究主要包括:板材表面形态、板材内孔形状及分布、与其他材料复合填充或留有空气层复合板材结构等,提高板材的力学性能、吸声降噪和保温隔热性能,以拓宽其应用领域。

沿小径淡竹(*Phyllostachys glauca*)长度方向的上、中和下部各截取约1.2 m的竹段,增强空芯刨花板所形成的竹木复合材料的抗压强度性能研究表明:上、中、下部增强组的抗压强度均值分别为18.28、18.65、19.68 MPa。上部淡竹增强材料的抗压强度最小,下部淡竹增强材料的抗压强度最大,且中、下部增强材料的抗压强度较为符合正态分布^[23]。

有学者采用驻波法测试了挤压空芯刨花板的平均降噪系数为0.3,是平压实芯刨花板的2倍,是理想的吸声材料,并探讨了材料结构、孔隙率、

表面处理等因素对吸声性能的影响,空芯刨花板孔道的吸声系数纵向排列时要比横向排列时高,且采用表面砂光方法对提高吸声系数均有一定的效果,对平压实芯刨花板更明显^[24]。在现代平台式轻型木结构墙体中分别填充30 mm厚岩棉、33 mm厚一层空芯刨花板和33 mm厚两层空芯刨花板,得到3种不同的复合外墙,隔声性能测试结果表明:空芯刨花板复合墙体存在隔低频声差,隔高频声好,隔声性能优于类似填实岩棉等吸声材料的墙体结构的特性,符合住宅隔声标准要求^[25]。

绝干银杏木空芯刨花板的导热系数为 $0.136 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,可以作为保温材料;不同厚度空气层对复合墙体传热阻的影响表明:当空气层厚度 $<74 \text{ mm}$ 时,复合墙体的传热阻随空气层厚度的增加而增大^[26];通过对板材成型结构的优化、与其他材料复合使用,使得空芯刨花板应用于墙材时有更好的使用性能。在现代平台式轻型木结构墙体中,填充不同层数银杏木(*Ginkgo biloba* L.)空芯刨花板 and 不同厚度的空气层,形成的3种结构复合墙体,不仅质轻,而且能满足以南京为例的夏热冬冷地区外墙墙体的保温隔热要求^[27]。

3 发展前景

空芯刨花板的研究取得了比较丰富的成果,但仍存在整个行业创新研发不足、产品应用领域较窄等问题。充分利用空芯刨花板的工艺优势,加强技术创新,对人造板产业的产业结构调整和转型升级将发挥重要的促进作用。

首先,我国木门行业发展历程中,使用过的基础材料主要有实木芯、蜂窝门芯和复合门芯等。实木门芯性能良好,但消耗优质木材,在我国森林资源长期不足的国情下并不适合大规模发展;蜂窝门芯因抗冲击性能差已经被淘汰;复合门芯基材中,实木复合门芯与实木门芯情况同样消耗优质木材,与其他基材复合的门芯,工艺较复杂,市场接受度不高,难以成为高档木门的主要基材。而空芯刨花板幅面大,规格齐全,表面平整度高,抗压抗冲击性强、隔声和保温性能好,是制作高档木门适宜的的门芯基材,开始逐渐在高端木门产业的基材中占据主导地位。高端木门对空芯刨花

板需求量的快速增加,也对空芯刨花板提高技术水平和扩大产能提出了更高的要求。

其次,空芯刨花板独特的结构、表面较强的抗压性能及横向尺寸稳定性高的特点,使其在地采暖用木地板领域亦有用武之地。用空芯刨花板制作的地采暖用木地板,可以将地热系统和管线直接在板材芯孔中安装穿越,不用破坏地面楼板结构。空芯刨花板的空芯结构,使地板具有较好的表面承压强度和弹性。推动空芯刨花板在地采暖用木地板领域的应用,尚需要开展全面的技术研究,如通过覆贴装饰性强且力学强度好的表面装饰材料,提高其纵向的抗压强度和尺寸稳定性等。

第三,随着人民生活水平的日益提高,居民条件的不断改善,人民追求居住舒适、环境优美的愿望更加迫切。发展新型刨花空芯轻质墙材,将能够推动装配式木结构住宅建筑的发展。立式挤压生产的空芯刨花板由于纵向抗压抗弯强度差的缺陷,限制其无法单独使用,只能用于门芯、木结构建筑墙体的填充材料。应利用其连续化生产、生产费效比低的优势,通过技术创新突破技术瓶颈,获得更大发展空间。如:通过挤压装备的改造,制造出超宽超长的大幅面板材,以满足装配式建筑所需的大规格材料需求;通过加热加压方式的改变,制备出超厚的板材,使其能够满足墙体材料所具有的高保温隔热和隔音性能;如何通过加强筋的引入,使空芯刨花板纵向强度和纵向尺寸稳定性得到质的提高,生产出各个方向力学性能均衡的板材。这些技术瓶颈的突破,将能够制造出超厚、大幅面、保温隔音性能好、各向性能均衡的新型建筑墙材,缩短与国际发达国家装配式木结构住宅建筑业发展的差距,实现我国住宅建筑业居住舒适、低碳循环、可持续发展的目标。

参考文献:

- [1] 李晓平,周定国. 挤压法生产刨花板的现状和发展前景[J]. 中国人造板, 2008, 15(1): 16-18, 28.
LI X P, ZHOU D G. Research progress and prospect of extruded particleboard[J]. China Wood-based Panels, 2008, 15(1): 16-18, 28.
- [2] SUN Sijia, LIU Lequn. Manufacturing tubular particleboards via multidimensional interface extrusion and their physiomechanical properties[J]. Bioresources, 2021, 16(1): 1091-1100.

- [3] 经朴,付保华,张丽丽. 波纹纤维高强空心板成型机: 中国, 200910029551.X[P]. 2009-09-16.
- [4] 刘乐群. 木竹质成型空心板挤压机的挤压头: 中国, 201110193294.0 [P]. 2011-12-14.
- [5] 经朴. 超宽型空心刨花板压机: 中国, 200720047012.5[P]. 2008-08-27.
- [6] 经朴,付宝华. 双排孔人造板刨花板成型机: 中国, 200810024317.3 [P]. 2008-12-13.
- [7] 经朴,付宝华. 多排孔人造板刨花板成型机: 中国, CN200820035944.2[P]. 2009-04-22.
- [8] 经朴. 空心人造板成型复膜挤出机: 中国, 200810025030.2[P]. 2008-09-17.
- [9] 滕其宏. 一种空心刨花板高效的挤压成型装置: 中国, 201820366948.2[P]. 2018-10-19.
- [10] 何晶. 一种空心刨花板挤压成型装置: 中国, 201820518440.X[P]. 2018-12-04.
- [11] 黄渊德,周全来. 一种新型的空心刨花板挤压成型装置: 中国, 201820851220.9[P]. 2019-02-19.
- [12] 张耀丽,赵明,王卫东. E₁级空心刨花板的生产工艺[J]. 木材工业, 2008, 22(4): 1-3.
ZHANG Y L, ZHAO M, WANG W D. Optimization of selected processing parameters for E₁ grade tubular particleboard[J]. China Wood Industry, 2008, 22(4): 1-3.
- [13] 郭蕾,杨永福. 中空刨花板卧式挤压技术初探[J]. 木材加工机械, 2010, 21(3): 10-14.
GUO L, YANG Y F. Study on process scheme of horizontal extrusion of hollow particle board[J]. Wood Processing Machinery, 2010, 21(3): 10-14.
- [14] 郭蕾. 中空刨花板卧式挤压技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
GUO L. Research on horizontal extrusion technology of tubular particleboard[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2010.
- [15] 周驹. 空心刨花板平压成型技术研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015.
ZHOU J. Study on process scheme of flat-pressing of hollow particleboard[D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2015.
- [16] 周驹,童宏拓,王琮琮,等. 空心刨花板平压成型技术初探[J]. 浙江农林大学学报, 2015, 32(5): 770-775.
ZHOU J, TONG H T, WANG C C, et al. Process scheme of flat-pressure with hollow particleboard[J]. Journal of Zhejiang A & F University, 2015, 32(5): 770-775.
- [17] 宫明,于志明,李青青,等. 利用废弃刨花板制造再生刨花板的工艺研究[J]. 中国人造板, 2007, 14(8): 34-37.
GONG M, YU Z M, LI Q Q, et al. Study on manufacturing regenerated particleboards from waste particleboard products[J]. China Wood-based Panels, 2007, 14(8): 34-37.
- [18] 王侠,杨永福,于志明. 废旧刨花板水煮技术研究[J]. 木材加工机械, 2008, 19(2): 19-22, 46.
WANG X, YANG Y F, YU Z M. Research on technology of water-thermal treatment for waste particleboard[J]. Wood Processing Machinery, 2008, 19(2): 19-22, 46.
- [19] 张德荣,张颖,金小娟,等. 爆破法刨花再生及再生刨花板的制造技术[J]. 北京林业大学学报, 2010, 31(S1): 136-138.
ZHANG D R, ZHANG Y, JIN X J, et al. Particle regeneration through steam explosion and particle board manufacture[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2009, 31(S1): 136-138.
- [20] 李晓平,周定国,王卫东. 挤压法生产稻草空芯刨花板[J]. 林产工业, 2007, 34(3): 34-36.
LI X P, ZHOU D G, WANG W D. Preparation of extruded hollow rice straw particleboard[J]. China Forest Products Industry, 2007, 34(3): 34-36.
- [21] 李晓平,周定国,徐凯宏. 蓖麻秆不同部位的特性及其对蓖麻秆刨花板性能的影响[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(3): 424-429.
LI X P, ZHOU D G, XU K H. Feasibility of *Castor* stalks for particle boards[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2010, 27(3): 424-429.
- [22] 李晓平,周定国,周绪斌,等. 蓖麻秆显微构造和纤维形态的研究[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(2): 239-245.
LI X P, ZHOU D G, ZHOU X B, et al. Microstructure and fiber size of the *Castor*-oil plant[J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2009, 26(2): 239-245.
- [23] 张海洋,罗海,卢晓宁,等. 淡竹增强空心刨花板抗压强度分析[J]. 林业科技开发, 2014, 28(6): 72-75.
ZHANG H Y, LUO H, LU X N, et al. The analysis of compression strength of hennon bamboo-reinforced extruded particleboard[J]. China Forestry Science and Technology, 2014, 28(6): 72-75.
- [24] 常乐,吴智慧. 室内木制品用空心刨花板吸声性能的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(2): 56-60.
CHANG L, WU Z H. Study on sound absorption performance of extruded tubular particleboard used in indoor wooden products[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition), 2011, 35(2): 56-60.
- [25] 周统建,王志强,徐才峰,等. 银杏木空心刨花板复合墙体隔声性能[J]. 林产工业, 2012, 39(6): 11-13.
ZHOU T J, WANG Z Q, XU C F, et al. Sound insulation performance of wood structure wall filled with Ginkgo tubular particleboard[J]. China Forest Products Industry, 2012, 39(6): 11-13.
- [26] 王志强,周统建,曹福亮,等. 银杏木空心刨花板复合墙体的传热性能[J]. 木材工业, 2010, 24(5): 5-7.
WANG Z Q, ZHOU T J, CAO F L, et al. Heat-conducting property of sandwich wall made from tubular Ginkgo particleboard[J]. China Wood Industry, 2010, 24(5): 5-7.
- [27] 周统建,张海洋,王志强. 银杏木空心刨花板复合墙体保温隔热性能计算[J]. 建筑节能, 2012, 40(11): 42-43.

(本文编校 向琴)