

“木竹重组材高效利用技术”专栏 (之五)

新型纤维化单板重组木的主要制备工艺与关键设备

余养伦, 于文吉

(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: 总结传统重组木的产业化发展历程和技术难题, 提出先制备单板、再疏解纤维化单板、后重组的技术方案, 介绍冷压热固化法和热压法制备新型纤维化单板重组木的主要工艺和关键设备。新型纤维化单板重组木突破了传统重组木采用原木直接碾压疏解制备木束的思路, 解决了重组木产业化的技术瓶颈, 为其产业化提供了一套可行的技术方案。

关键词: 重组木; 纤维化单板; 人工林木材

中图分类号: TS653

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2013)05-0005-04

Manufacturing Technology of Novel Scrimber Made of Fibrosis of Veneer

YU Yang-lun, YU Wen-ji

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

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

Abstract: The authors reviewed the historic development and current technical problem of traditional scrimber products. A novel scrimber manufacturing technology and related equipments of the novel scrimber were developed. The basic unit of the novel scrimber was made by peeling wood into veneers first, that was different from the traditional unit of wood bundles. The novel scrimber provided a feasible technical solution for making high performance scrimber products.

Key words: scrimber; fibrosis of veneer; plantation wood

传统重组木(Scrimber)是将整体木材碾压、疏解成通长、相互交联的并保持纤维原有排列方式的疏松状纤维束, 再经施胶、顺纹组坯、胶压而成的板、方材。重组木的设想由澳大利亚联邦科学与工业研究院(CSIRO)于 1973 年首先提出, 在不打乱木材纤维排列方向、保留木材基本特性的前提下, 将小径级木材、枝丫材等低质材, 直接通过碾压疏解成木束(图 1a)后再重新组合, 制成具有天然木材纹理结构的材料,

并于 1976 年申请了世界上第一件重组木专利^[1]。

传统的重组木以木束作为基本单元, 但由于木束存在尺寸不规则、单元形态偏大、密度不均等缺点, 后续加工中易出现施胶不均、含水率分布不均、铺装不均等问题, 使得产品存在翘曲、变形、跳丝、表面粗糙等缺陷, 最终导致无法实现产业化生产^[2-3]。

在继承和吸收传统重组木和现有重组竹、竹基纤维复合材料成功产业化经验的基础上^[4-6], 笔者团队提出了先制备纤维化单板、后重组的技术方案, 即先将原木旋切成单板或利用废单板, 借鉴竹基纤维复合材料制造技术中的纤维可控分离技术^[4], 对单板进行纤维化处理(见图 1b); 再借鉴重组竹生产工艺^[5], 以纤维化单板为基本单元, 制成新型重组木。

收稿日期: 2013-06-26; 修改日期: 2013-07-22

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项基金“小径桉树/杨木重组木制造关键技术研究与推广”(CAFYBB2012028)。

作者简介: 余养伦(1979—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

通讯作者: 于文吉, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员, 博士生导师。

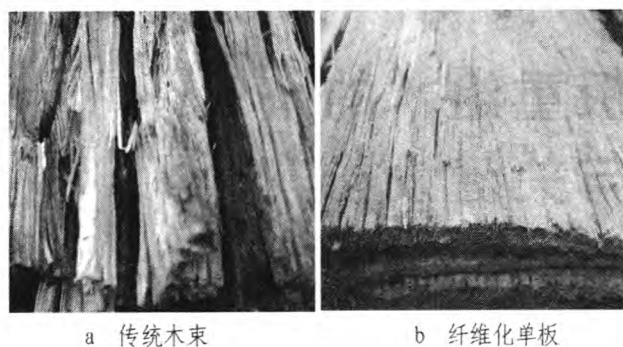


图1 不同的重组木基本单元形态

Fig. 1 Basic unit morphologies for tradition and novel scrimbers

本文重点介绍新型纤维化单板重组木的主要制造工艺和关键设备开发情况,以期新型重组木的进一步研究和产业化提供借鉴。

1 新型纤维化单板重组木的关键制造工艺

主要工序包括:单板旋切和裁剪、单板纤维化处理、酚醛树脂浸渍导入、单板浸胶前和浸胶后干燥、铺装成型等工序,辅助处理工序包括:炭化、漂白、蒸煮、防腐、防火等。根据其成型工艺可分为:冷压热固化工艺和热压工艺。

1.1 冷压热固化工艺

工艺流程:原木→旋切→裁剪→单板(条)→疏解→纤维化单板→功能化处理→干燥→浸胶→干燥→计量→装模→冷压成型→热固化→冷却→脱模→养生→裁边→砂光→方材→包装入库

冷压热固化工艺的技术特点:将原木旋切、裁剪形成单板条,经点裂或线裂疏解处理形成纤维化单板,再经干燥、浸胶、二次干燥后,直接装入铺装槽内,采用冷压机在常温下将坯料压制到模具内,锁定模具,将坯料连同模具一并送入固化道内固化成型。

1) 单板的旋切和裁剪 将桉树、杨木和桦木等人工林木材,根据产品的性能和纹理设计的需要,旋切成一定厚度的单板(最大厚度可达8 mm),再将单板裁剪成一定宽度(50~300 mm)的单板条。

2) 单板的纤维化处理 借鉴竹材纤维可控分离技术^[4],针对木材具有横向射线组织、节子、生长应力大等特点以及单板的形态,可采用点裂和线裂疏解单板的方案。通过调节专用疏解机疏解辊上疏解齿之间的间隙,在单板表面产生一系列点状或线段状裂纹

(图2),制备出纵向纤维不断裂、粗细较均匀的纤维化单板(图1b)。采用该技术制备的纤维化单板的纤维形态规则,疏解程度均匀,纤维束的宽度基本分布在1~3 mm;还可以根据目标产品的实际应用要求,调控纤维束的宽度,得到不同性能指标的产品。

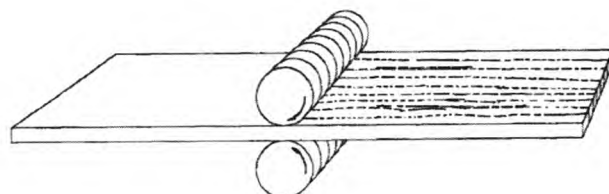


图2 单板的纤维化处理

Fig. 2 Process of fibrosis of veneer

3) 纤维化单板功能化处理 为了提升重组木的品质和附加值,疏解的纤维化单板可进行炭化、漂白、蒸煮、防腐、防火等功能化改性处理,实现新型重组木特殊的装饰性、防腐、防火等功能。

4) 酚醛树脂的浸渍导入 通过润湿、吸附、渗透等方式,将酚醛树脂有目的地导入到纤维化单板内,以利于形成胶膜和锚钉作用。

经过纤维化处理后,单板比表面积增大,胶黏剂吸附点增多,有助于在纤维束表面形成较均匀的胶膜。同时,表面的裂纹还有助于改善胶黏剂的渗透路径,使胶黏剂被导入到纤维化单板的疏解裂隙、细胞间隙或细胞腔中,形成胶钉,从而提高重组木的胶合性能;不同浓度的树脂可分次浸渍导入,采用真空加压、疏解浸胶同步等多种导入方法,浸胶量可根据产品的性能要求进行调节。

5) 单板干燥 包括浸胶前干燥和浸胶后干燥。

浸胶前干燥主要采用气干和窑干相结合的方式,目的是使纤维化单板浸胶更均匀,干燥含水率一般控制在5%~8%。

浸胶后干燥主要采用网带式干燥机,为避免胶黏剂预固化,干燥温度不宜超过80℃,含水率一般控制在12%~15%。

6) 冷压成型 借鉴重组竹的“冷成型热固化”的成型工艺,将纤维化单板铺装到如图3所示的模具内,合上垫板,通过冷压机短时间内产生的超高压(80~100 MPa),使蓬松的纤维化单板密实,直至垫板降至设定位置,销上销钉后卸压。

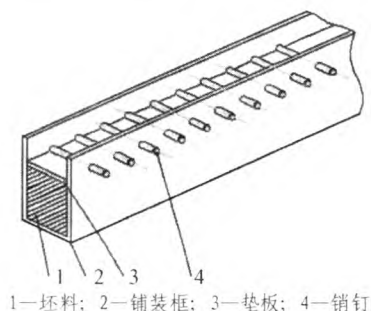


图 3 纤维化单板重组木的冷压成型模具

Fig. 3 Cold forming mould of fibrosis of veneer scrimber

采用该成型工艺,不仅可以解决传统重组木铺装不均和难以定向等技术难点,还可以根据目标产品的用途,在铺装时进行纹理设计(如图 4 所示),提高产品的装饰性能。



图 4 纤维化单板重组木端面纹理

Fig. 4 End grain of fibrosis of veneer scrimber

7) 热固化 借鉴重组竹的固化方式^[6],采用连续式隧道固化设备,将装有重组木坯料的模具排放在固化支架上,支架在链条的带动下向前运动,依次通过升温区、保温区、降温区等,最终完成固化。

在升温区,坯料的温度可逐渐上升到 130~135℃;进入保温区,保持温度不变,使坯料芯层温度达到 130~135℃,保持 30 min;至降温区,待坯料芯层温度降至 60℃以下时,取出模具与坯料,进行自然冷却,在室内平衡 4~5 d,即可进行脱模、裁边与锯解等后续加工。

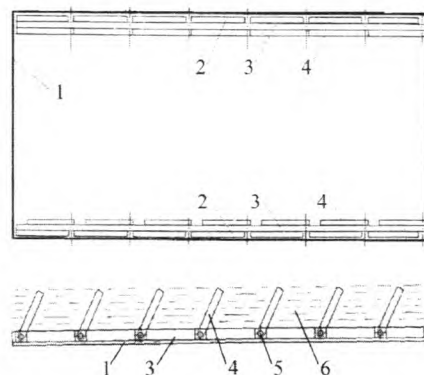
重组木坯料在运动中受热,有利于胶黏剂均匀固化,但升温速率慢,固化时间较长,主要用于压制 150~180 mm 厚的重组木方材。常用规格(长×宽×厚,mm)为:1 930×105×150 和 2 000×145×150。

1.2 热压工艺

工艺流程:原木→旋切→裁剪→单板(条)→疏解→纤维化单板→功能化处理→浸胶→干燥→计量→组坯→热压→养生→裁边→砂光→板材→包装入库

热压工艺的技术特点:原木经单板化处理形成单板条,进行纤维化疏解处理后形成纤维化单板;再经浸胶、干燥处理后,按顺纹方向均匀排列铺装带有侧压挡板的垫板上,将板坯连同垫板送入热压机内,在一定的压力和温度下压制板坯。在“计量”工序之前的制备流程同冷压热固化工艺,之后为热压工艺的主要生产工序:

1) 组坯 借鉴重组竹的热压工艺组坯方式^[6],将浸胶干燥后的纤维化木板按顺纹方向,均匀地铺装到带有侧压挡板的垫板上。如图 5 所示,挡板包括挡块、底杆和多支活动挡杆,挡块固定于垫板上挡靠于底杆外侧,多支活动挡杆通过螺栓连接于底杆内侧。活动挡杆可水平卧倒,当水平卧倒时,相邻的活动挡杆首尾相接,由于可变高度摆动式多杆挡边始终挡于坯料的两侧,以使压制过程坯料不塌边,有助于保持板坯整体密度的均匀性,提高材料的利用率。



1 垫板; 2 挡块; 3 底杆; 4 多支活动挡杆; 5 螺栓; 6 板坯

图 5 带有侧压挡板的垫板示意图

Fig. 5 Sketch map of base plate with pressure damper

2) 热压 借鉴重组竹“冷进-冷出”的热压工艺^[6],当热压板温度达到 55~60℃时,将坯料连同垫板一起送入热压机内,压机闭合,压力为 4.0~6.0 MPa;通入过热蒸汽使热压板升温,当热压板温度升到 135~140℃时,控制过热蒸汽的通入量,以保持热压板温度稳定,按 1.0~1.5 min/mm 板厚保温;通入冷水降温至 55~60℃后卸压,取出板坯和垫板,在室内平衡 4~5 d,即可进行后续加工。

热压工艺主要用于压制厚度 20~50 mm 的薄型重组木板材,常用的规格(长×宽×厚,mm)为:2 440×1 220×(20~50),最大长度可达 5 000 mm。

1.3 两种工艺对比

冷压热固化工艺生产的重组木密度相对均匀,纹理富于变化,生产效率较高,且能耗低。但由于需要施以高压,木材的细胞壁易被简单机械压溃,并且冷压成型后板坯密度较大(通常达 $1.0 \sim 1.2 \text{ g/cm}^3$);木束表面的胶黏剂在固化过程中无法流动,造成被压溃的细胞壁内局部缺胶;另外,采用隧道式固化,由于升温速率慢,胶黏剂长时间处在低温条件下容易预固化,导致产品性能不稳定。

热压工艺采用传统接触式传热技术,升温速度快,热压时间仅 $1.5 \sim 2.0 \text{ h}$,远短于冷压热固化的时间($10 \sim 12 \text{ h}$),单位压力 $4.0 \sim 6.0 \text{ MPa}$,亦远低于冷压成型的压力,在一定程度上弥补了冷压热固化法的不足。存在的问题:1) 需采用冷进冷出工艺,热能损耗大,热压效率低,否则易引起重组木鼓泡等热压缺陷;2) 铺装时,由于纤维化单板中的纤维束容易搭接、错位,可导致斜纹理和铺装不均等问题。

2 新型纤维化单板重组木制造的关键设备

新型纤维化单板重组木生产的主要设备包括:厚单板旋切机、纤维化单板疏解机、浸胶前后的干燥设备、冷压机和热固化设备等,辅助设备包括纤维化单板的炭化处理、真空加压浸渍、蒸煮、漂白设备等。

针对纤维化单板基本单元的制备,笔者团队在国家相关课题的支持下,经过多年的深入研究,与相关单位联合攻关,成功地研制出了适合厚单板旋切的旋切机和纤维化单板专用疏解机等关键设备。

1) 旋切机的改造。

现有旋切机的旋切单板厚度一般小于 3 mm 。薄单板在后续疏解工序中的效率较低,为提高疏解效率,需使用厚单板。通过对传统无卡轴旋切机动力传动机构、链条和链轮传动机构、压紧装置的改造,采用万向传动轴作为传动机构,轴承系压紧装置,实现了平稳、无间隙的传动,减小了旋切时的摩擦阻力,提高了旋切稳定性,开发的厚单板旋切机加工单板的厚度可达 8 mm 。

2) 疏解设备的开发。

针对木材具有横向射线组织、节子等特点,在疏解过程中容易断裂的问题,在木竹纤维定向分离装置的基础上,对疏解辊压力控制装置、疏解辊间隙在线

调节装置、疏解齿形状设计等进行了改造,研制出满足重组木产业化生产要求的纤维化单板疏解机。对桉树、杨木、桦木、木麻黄、橡胶木、马尾松、杉木等多种人工林木材单板的疏解试验显示,疏解出的纤维化单板可以按目标产品的使用要求调整疏解度。

3 结语

1) 新型纤维化单板重组木以资源丰富的速生人工林木材为主要原料,突破了原木直接碾压疏解制造木束的传统思路,提出了先将原木单板化、再疏解纤维化单板的技术方案,通过厚单板旋切、单板纤维化处理、树脂导入、功能化改性、铺装成型等多项技术集成,解决了传统重组木难以产业化的技术瓶颈,建立了新型重组木制造技术平台。

2) 可以根据目标产品的物理性能、力学性能、耐候性、抗疲劳性能等不同需求,通过对材料密度、酚醛树脂的导入量、单板厚度、纤维化单板的疏解度、功能化改性(炭化、漂白、蒸煮、防霉、防腐、防火等)以及制造工艺(包括温度、时间、压力等)的调整,实现重组木性能的可调控性,制造出高性能多用途的重组木。

3) 新型纤维化单板重组木系借鉴重组竹的生产工艺开发而成,因此,与重组竹生产所用设备具有极好的互换性,对现有重组竹生产线进行适当改造,即能满足重组木的生产条件要求。该项技术目前已经获得专利 12 件,涵盖了基本组成单元、制造工艺、关键设备和目标产品等整套技术体系。有关重组木制造工艺对板材性能影响的研究,将在本专栏陆续报道。

参考文献:

- [1] John D, Coleman, Surrey Hills. Reconsolidated wood product [P]. US 4232067.
- [2] 马岩. 重组木技术发展过程中存在的问题分析[J]. 中国人造板, 2011, 18(2): 1-5, 9.
- [3] 余养伦, 于文吉. 桉树单板高值化利用最新研究进展[J]. 中国人造板, 2009, 16(1): 3-8.
- [4] 于文吉. 我国高性能竹基纤维复合材料的研究进展[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 6-8, 29.
- [5] 于文吉, 余养伦. 我国木、竹重组材产业发展的现状与前景[J]. 木材工业, 2013, 27(1): 5-8.
- [6] 于文吉. 我国重组竹产业发展现状及趋势分析[J]. 木材工业, 2012, 26(1): 11-14.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)