

竹质 OSB 刨片机设计与试验*

傅万四¹ 沈 毅² 周建波¹

(1. 国家林业局北京林业机械研究所, 北京 100029; 2. 镇江中福马机械有限公司, 镇江 212016)

【摘要】 针对竹材特殊的结构,研制了竹质 OSB 刨片机,阐述了刨片机的开发理念、机械设计及液压设计原理,对刨片机进行了刨切试车试验。将刨片机加工的竹刨花压制成竹质 OSB,并进行了竹质 OSB 主要物理力学性能的测试研究。结果表明:竹质 OSB 刨片机能刨切出优质规则的竹刨花,使竹青均匀分布于竹刨花侧面上,竹质 OSB 刨片机具有效率高、冲击振动小等特点。竹质 OSB 的主要物理力学性能均高于 LY/T 1580-2000(OSB/4)标准要求。因此,竹质 OSB 刨片机的研究设计是合理有效的。

关键词: 竹质 OSB 刨片机 机械设计 液压设计 应用试验

中图分类号: TS642; S795 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)01-0095-06

Research and Application Test of Bamboo OSB Flaker

Fu Wansi¹ Shen Yi² Zhou Jianbo¹

(1. Beijing Forestry Machinery Research Institute of the State Forestry Administration, Beijing 100029, China

2. China Foma (Group) Co., Ltd., Zhenjiang 212016, China)

Abstract

In view of the special structure of bamboo, bamboo OSB flaker was developed. Development concept, mechanical and hydraulic design were presented. Then bamboo OSB flaker was tested run. Bamboo flake processed by bamboo OSB flaker was pressed into bamboo OSB, and the main physical and mechanical properties were tested and researched. The results indicated that bamboo flake with high quality shape could be sliced, which made the even distribution of outer of bamboo in the bamboo flake. Moreover, the bamboo OSB flaker has the characteristics of high efficiency, minor impact vibration and etc. The tests show that the key performance indicators of bamboo OSB are higher than the standards of LY / T 1580-2000 (OSB/4). Therefore, the research and design of bamboo OSB flaker is reasonable and effective.

Key words Bamboo OSB flaker, Mechanical design, Hydraulic equipment design, Application test

引言

OSB(oriented strand board)是采用施加胶粘剂和添加剂的扁平窄长刨花,经定向铺装后热压而成的一种多层结构板材^[1]。其组成单元采用多层木片交叉叠压结构,因此具有强度高的特点,在建筑、装潢等多种行业具有广泛的用途^[2-3]。竹质 OSB

是一种以竹材为原料通过专用设备加工成一定形态规格的刨花,经干燥、施胶和专用设备将竹质刨片纵横交错定向铺装后,经热压成型后的一种新型人造板^[2]。我国在竹质 OSB 产品开发方面尚属空白,亟需研发先进的竹质 OSB 生产技术的关键设备,促进非木质人造板产业的发展,替代和节约更多的林木资源。由于竹材特有的天然植物细胞结构,使竹材

收稿日期: 2010-01-05 修回日期: 2010-04-27

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A16)和国家林业局“948”基金资助项目(2006-4-102)

作者简介: 傅万四,研究员,博士生导师,主要从事林业机械和竹材加工技术与装备研究, E-mail: fuwansi@126.com

的加工利用与木材相比具有很大不同^[4]。竹类植物具有直径小、壁薄中空、尖削度大的特点,竹材通过锯、剖或刨切加工,仅能加工成宽度 20 ~ 30 mm,厚度 5 ~ 8 mm 的竹片^[2]。因而,竹材加工不能简单模仿木材加工,竹材的刨片需要采用特殊的设备和技术,其关键设备为竹质 OSB 刨片机。

本文基于竹类植物的结构、性能特点,提出竹质 OSB 刨片机的整体设计方法和机构组成,并开发相应液压系统,设计竹质 OSB 刨片机,以实现竹质 OSB 工业化生产和大规模利用。

1 竹质 OSB 刨片机机械设计

竹质 OSB 刨片机,是以竹材及其加工剩余物为原料,将其加工成一定形态可制成竹质 OSB 的刨花加工设备^[1]。刀刃与竹材纤维方向相平行或接近平行,并且在垂直于竹纤维方向上进行刨切,即横向或接近于横向切削。

1.1 整体设计

为充分考虑竹材结构特性以及 OSB 的生产工艺要求,对竹质 OSB 刨片机采用整体和模块化设计思想。竹质 OSB 刨片机整体设计包括机座、板链输送机、上重压装置、过渡架、刨切室、刀环、滑座、侧压装置、出料胶带、主传动电动机、室内浮动压铁等,主机俯视图如图 1 所示,其中机座固定在水泥或钢架等基础上,板链输送机、滑座、过渡架均固定安装在机座上^[5]。竹质 OSB 刨片机主要参数如表 1 所示。

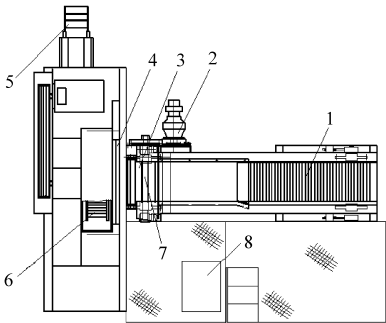


图 1 主机俯视图
Fig. 1 Top view of the host machine

1. 板链输送机 2. 侧压装置 3. 过渡架 4. 刨切室 5. 滑座
6. 刀环 7. 上重压装置 8. 操作台

1.2 刨切原理

在生产过程中,为了把竹青对刨花胶合的影响降到最低,以及生产机械自动化的需要,竹材削片方式的设计是对竹材进行径向方向切削。为了切削出适合制造竹质 OSB 的竹刨花,先将竹筒截段成一定长度后进行破竹(开片)加工,粗加工去除内节形成如图 2a 所示的竹坯。在竹坯送入削片机之前,竹坯按一定顺序和方向排列成叠片状,并用特殊机械夹

紧装置夹紧,排列方法如图 2b 所示。

表 1 竹质 OSB 刨片机的主要参数
Tab. 1 Main parameters of the bamboo OSB flaker

参数	数值
本体尺寸(长×宽×高)/mm×mm×mm	4 000×5 000×2 700
刀环尺寸(内径×外径×厚度)/mm×mm×mm	800×1 200×418
刀片数	12
割刀数	6
刨花长度/mm	105
刀环转速/r·min ⁻¹	550
主电动机功率/kW	95
液压泵站功率/kW	18.5
刨切室尺寸/mm×mm×mm	640×300×380
平均生产能力/kg·h ⁻¹	2 600

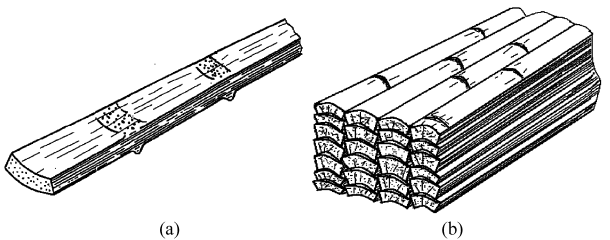


图 2 竹材毛坯
Fig. 2 Piling up bamboo pieces
(a) 去除内节的竹坯 (b) 竹坯叠片

与木材相比,竹材具有非实心、竹片纤维间结合强度和韧性较低的特点。因此在设计中采用外环式刨片原理,并对进入刨片机内的竹材毛坯进行 3 面定位限制,以避免竹刨花的破坏几率。竹质 OSB 刨片机工作原理如图 3 所示。

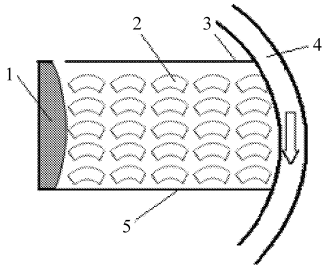


图 3 竹质 OSB 刨片机工作原理图
Fig. 3 Processing mechanism of bamboo OSB flaker
1. 弧形靠板 2. 竹材毛坯 3. 刀环内浮动上压板 4. 刀环
5. 刀环内固定下压板

设计原理为:刀环高速旋转,通过安装在环上的刀片对竹材进行切削。在切削过程中,刀环内浮动上压板和刀环内固定下压板随刀环的移动同步平行移动。在固定的弧形靠板的作用下,竹材毛坯被压向刀环,实现定厚度长切削。继续进给刀环与竹材毛坯,完成一个行程的切削。随后刀环、刀环内浮动

上压板和刀环内固定下压板同步快速返回起始位置,等待竹材毛坯纵向进给一次切削量,继而进行下一行程的切削,如此往复^[2]。

1.3 刀片设计

竹质 OSB 刨片机采用“切-割”的间隔循环旋转切屑方式,通过切削刀(图 4a)和割刀(定长划线刀片)(图 4b)交替进行切、割削,以达到切削定长竹材成规则竹刨花的目的。实际生产过程中,可根据所需刨花长度要求调整割刀间距,以优化所需竹刨花的长度。经过大量工艺试验,认为两割刀之间的距离为 100~180 mm 较为合理,能使生产出的竹刨花长度保证最佳的竹质 OSB 生产工艺。

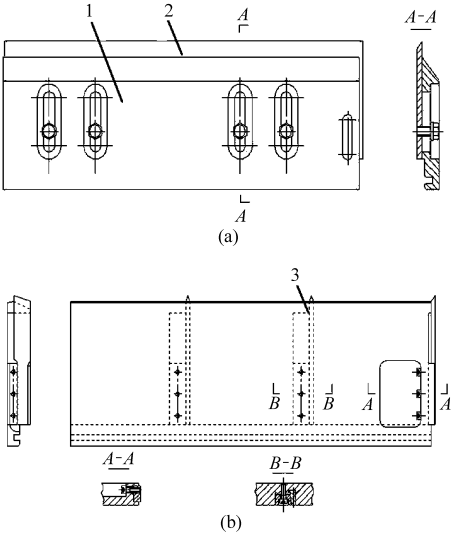


图 4 刀片示意图
Fig. 4 Sketch map of knife
(a) 切削刀片 (b) 割刀(定长划线刀片)
1. 刀夹 2. 飞刀 3. 割刀

1.4 刀环设计

竹质 OSB 刨片机在结构上刀环母线为双曲线,刀环工作表面是一个旋转双曲面。这是由于切削刀片、割刀片在刀环上采用了斜装刀结构设计,即刀片的直线刃口相对于刀环轴线倾斜了一个角度,这条倾斜的直线刀刃绕着刀环轴线旋转,其轨迹就是一个旋转双曲面。刀环的工作表面与刀片刃口的旋转轨迹平行,且刀片刃口的旋转轨迹要比刀环表面高出一个装刀伸出量即刨花厚度,所以刀环工作表面也必须是旋转双曲面,其母线则是一条双曲线^[6~9]。

图 5 为刀环示意图, p 为刀环上装刀槽数。为了确保切削出的竹刨花定长,需要调整定长划线刀片和切削刀片的刀尖相对位置,必须满足

$$R_1 \leq R_2 - D$$

式中 R_1 ——定长划线刀片刀尖到环心的半径,mm
 R_2 ——切削刀片刀尖到环心的半径,mm
 D ——理想竹刨花厚度,mm

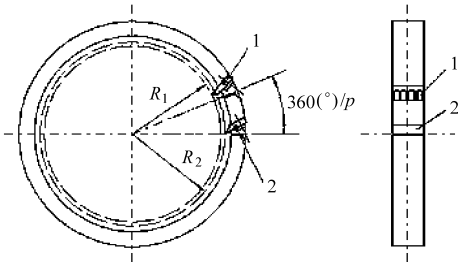


图 5 刀环原理图
Fig. 5 Sketch map of cutting-ring
1. 定长划线刀片 2. 切削刀片

图 6 为刀环示意图。整个刀环安装切削刀组件共 12 件、割刀组件共 6 件,在每两组切削刀组件的间隔安装一组割刀组件。理论上刀环直径确定后,加工工艺一定及成本合理的情况下,应尽量设计较多的刀片,在工作时候切削刀和割刀数量越多,切削就越平稳,刨切效率和质量就越高。

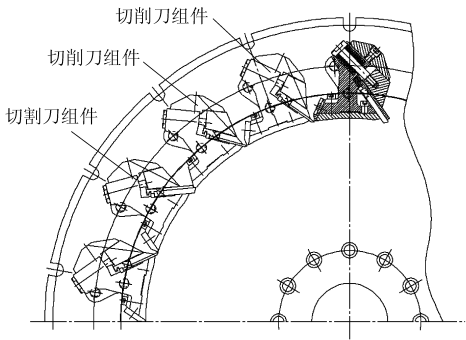


图 6 刀环示意图
Fig. 6 Sketch map of cutting-ring

1.5 刨切室设计

竹质 OSB 刨片机的刨切室与主传动安装在滑座上,刨切室与主传动由油缸驱动,可在滑座上往复滑动。刀环安装在主轴上,室内浮动压铁安装在刨切室内的固定支座上,如图 7 所示。

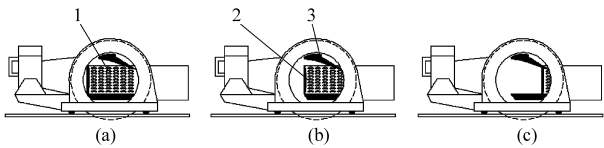


图 7 竹质 OSB 刨切室工作过程示意图
Fig. 7 Sketch map of processing of bamboo OSB flaker
(a) 切削开始 (b) 切削中途 (c) 切削结束
1. 竹材毛坯 2. 弧形靠板 3. 浮动压铁

刀环由主传动电动机驱动,位于刨切室内,多把切削刀和分割刀间隔安装在刀环上,相邻刀片的间隔处安装着耐磨板,切削刀的刀刃呈直线形状,数把分割刀平行等间距安装在刀座上(间距为所需刨花长度),各切削刀和分割刀均通过刀片支承座安装在刀环上,各刀具的刀刃均高于耐磨板以便进行刨切,在耐磨板的底部设有刀门底刀床,可起到限定刨

花的刨切厚度的作用。刀环安装要求割刀的刀尖高于切削刀的刀口,室内浮动压铁(图 7)安装在刨切室内,位于待刨切竹材的上方,工作时室内浮动压铁从上向下压紧待刨切竹材,并保持基本恒定的压力,即使在不同的刨切高度,它也能在刀环的内部直接夹紧原料。在刨切室底部设计有出料皮带,它将切削下来的刨花输出刨切室,送入料仓。

如图 7 所示,竹材进入刨切室后,刨切室和在主传动驱动下高速旋转的刀环在油缸的作用下开始前进,对竹材进行切削,这样既推扶了切削过程中的竹材,又保证了刀环的切削连续性。刀环上的分割刀首先到达切削面,先在竹片上划出一定深度的划痕,切削刀随后到达切削面,将竹材切割成一定长度的刨花。分割过程中不宜太深,以避免竹材提前断开,难于定向;也不宜太浅,以避免竹材提前撕裂无法形成完整的刨花。针对具体应用,通过切削刀数和分割刀数的不同组合,并利用刀片支承座侧壁上的调节装置适当调整各刀具的吃刀深度,即可调节刨花厚度,并且可将分割划痕深度调整为数倍刨花厚度。

1.6 进给装置及过渡架设计

竹质 OSB 刨片机难点之一是保证竹材毛坯进入刨片机之前的合理定位,本文采取 3 个环节进行定位:定位上方有弹性辊压紧;进入刨片机之前有可浮动砧铁固定;在刨片机内有刀环内浮动上压板压紧(图 7、8)。

竹质 OSB 刨片机的进给系统包括板链输送机、两侧压紧装置和上重压装置。其中板链输送机为定行程、定向进给的,其每一次进给行程与竹材的待刨切长度相等。进给系统中采用的两侧压紧装置,板链输送机左侧挡板上安装有固定的导向辊,防止竹材在运输进给时因摩擦而散乱,板链输送机的右侧安装有一定压紧行程的弹性压力辊,保证摆放好的竹材在输送过程中保持定向,既便于运输又能保持住码放好的形态。竹质 OSB 刨片机的进给装置上部和侧面压紧装置采用浮动压紧装置,以适应不同的进料厚度。

图 8 是竹质 OSB 刨片机进料系统结构原理图。各部件作用如下:进料槽板起到竹材毛坯定位导向作用;压料辊将竹材毛坯压实,防止竹片翻滚松动;弹簧支座是张紧压料辊的支撑座;可浮动砧铁加强对正在被切削竹材的定位;进料输送链向前推进竹材毛坯;进料驱动辊驱动进料输送链;压辊弹簧张紧压料辊,以适应不同厚度的进料要求;刨片机刀环可往复运动,一个周期完成一次切削。

竹质 OSB 刨片机的过渡架连接板链输送机和刨切室,该过渡架上(图 9),设计有上重压装置

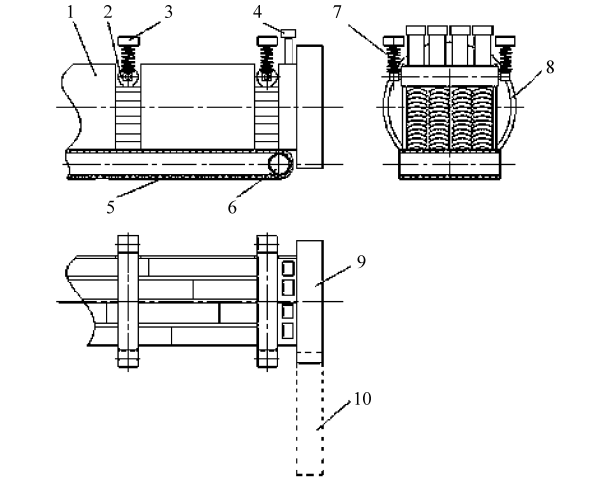


图 8 进料系统结构原理图

Fig. 8 Structure of feeding system

1. 进料槽板 2. 压料辊 3. 弹簧支座 4. 可浮动砧铁 5. 进料输送链 6. 进料驱动辊 7. 压辊弹簧 8. 刨片机刀环 9. 刀环处于原始位 10. 刀环工作冲程结束位

(图 10)和侧压装置(图 11),用于夹紧竹材,上重压装置和侧压装置均由液压油缸驱动,同时具有完成夹紧或者放松动作功能。

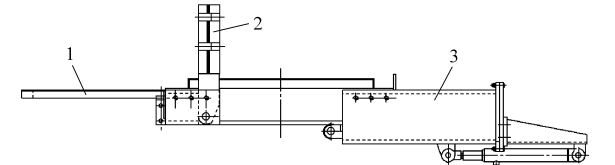


图 9 过渡架与侧压示意图

Fig. 9 Sketch map of transition frame and lateral pressure device

1. 换刀门 2. 侧压 3. 侧顶装置

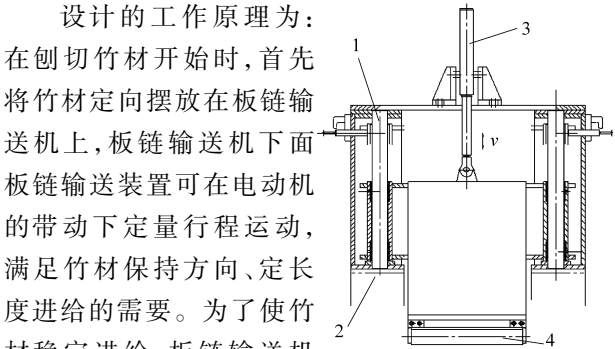


图 10 重压装置示意图

Fig. 10 Sketch map of weight device

1. 导轨 2. 过渡架 3. 油缸

4. 滚子

设计的工作原理为:在刨切竹材开始时,首先将竹材定向摆放在板链输送机上,板链输送机下面板链输送装置可在电动机的带动下定量行程运动,满足竹材保持方向、定长度进给的需要。为了使竹材稳定进给,板链输送机设计了两侧压紧装置和上部压紧装置,可使不同厚度和宽度摆放的竹坯在输送过程保持原摆放状态。当摆放好的竹坯被定向输送到过渡架时,过渡架上的上重压装置和刨切室内的室内浮动压铁同时抬起,侧压装置缩回,允许摆放好的竹坯继续前进到刨切室内预先设定好的位置。进料完成后,过渡架上的上重压装置、侧压装置和刨切室内的室内浮动压

铁同时加压到设定压力值,夹紧竹材,准备刨切。

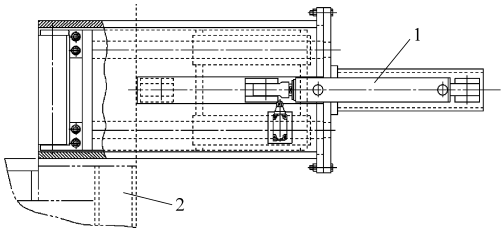


图 11 侧压装置示意图

Fig. 11 Sketch map of lateral pressure device

1. 油缸 2. 过渡架

2 刨片机液压系统设计

竹质 OSB 刨片机的液压系统主要由运输机、重压、侧压、滑座、室压、顶刀、松刀及制动器等油路和元件组成,如图 12 所示。

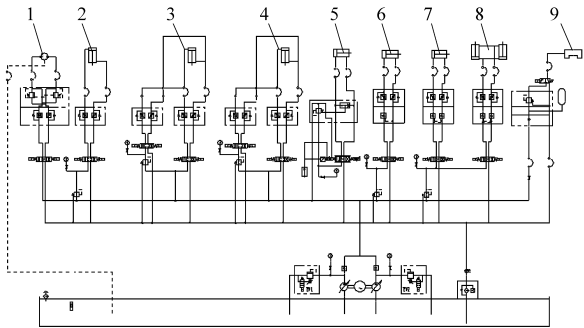


图 12 竹质 OSB 刨片机液压系统设计原理示意图

Fig. 12 Hydraulic design schematic diagram of bamboo OSB flaker

1. 运输机 2. 运输机油缸 3. 重压 4. 侧压 5. 滑座 6. 室压
7. 顶刀 8. 松刀 9. 制动器

设计原理为:工作时,先由液压马达驱动进料运输机将竹坯向刀环方向纵向送进一个约等于刀厚度的刨切长度,然后刀环进给油缸驱动刀环向竹坯横向进给刨切,将由运输机送进的部分竹坯刨切成刨花,然后油缸驱动刀环横向返回退让。之后,液压马达再次驱动进料运输机作下一次纵向进料,油缸再驱动刀环向竹坯横向进给刨切,如此反复进行。进料运输机的液压马达和刀环进给油缸交替循环工作,竹材就一段一段地被刨切成竹刨花。

刀环横向进给刨切时,刀环工作表面始终挤压着竹坯堆,并保持一定的挤压力。挤压力的大小取决于进给油缸的油压,油压大小应合适,太小功率不够,太大则易发生过热现象^[5]。刀环横向进给的速度取决于刀环的转速、刀片数量及刨切竹材的厚度,这个速度反过来制约了刀环进给油缸的进给流量,也就是说刀环进给油缸的流量是由刀环转速、刀片数量及刨切竹刨花的厚度来决定的,是不可调的。因此,在满足由工况参数决定的油缸流量的前提下,

调整合适的进给油压,使刀环横向进给刨切时对竹坯堆有合适的挤压力。

3 竹质刨片机的应用试验

3.1 竹材刨切

试验以采自湖南湘潭 3 ~ 5 年不同直径的生毛竹为材料,先将毛竹剖开、叠片组坯送入竹材刨片机的进给系统及刨切室进行刨切加工。考虑到一般 OSB 刨花长度要大于 40 mm,对所得竹刨花形态尺寸进行筛选后分级,如图 13 所示,结果列于表 2 中。

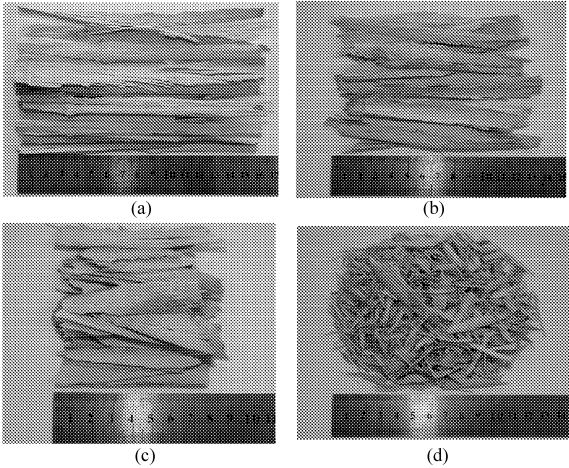


图 13 竹刨花长度分级

Fig. 13 Length of machining bamboo flake classification

(a) 120 ~ 160 mm (b) 80 ~ 120 mm
(c) 40 ~ 80 mm (d) < 40 mm

表 2 试验刨花分级

Tab. 2 Machining bamboo flake classification

刨花 类型	长度 /mm	宽度 /mm	厚度 /mm	质量 分数/%
A	120 ~ 160	5 ~ 20	0.4 ~ 2.0	24
B	80 ~ 120	5 ~ 20	0.4 ~ 2.0	31
C	40 ~ 80	5 ~ 20	0.4 ~ 2.0	28
D	< 40	< 15	< 2.0	17

由于竹材纤维之间的结合力相对较弱以及密度和含水率等原因,在竹材刨片机高速切削过程中不可避免地有竹纤维撕裂、竹刨花超前劈裂及剥落现象的发生,因此并不是完全得到理想的按照切削刀设计所加工的竹刨花尺寸^[10]。刨切所得的竹刨花,竹青平均分布在刨花的边缘,这就避免了竹青集中在某一刨花上影响胶合性能。试验证明:竹质 OSB 工艺要求的较为理想的竹刨花长度 40 ~ 160 mm 占总竹刨花质量的 83%。这类刨花的长度和厚度能使竹质 OSB 具有优化的力学强度。

3.2 竹质 OSB 主要物理力学性能试验

将竹刨花干燥至含水率 5% 左右,采用框架槽

定位手工交错铺装,热进热出方式分段热压。按照 3 层板坯结构,采用表层、芯层、表层质量比为 3:4:3 的分布方式进行铺装,其中表、芯层的竹刨花均为各级均匀混合料。依照定向刨花板林业行业标准 LY/T 1580—2000(OSB/4),确定竹质 OSB 的 MDI 施胶量为 3%,PF 施胶量为 8%;采用手持式雾化器喷胶方式进行施胶。图 14 所示为竹质 OSB 试验工艺。

由于竹质 OSB 的一个重要用途是用于承重的集装箱地板,因此试验按照适用于潮湿状态条件下的承重载板材 OSB/4 标准对试验样板进行了主要物理力学性能测试,数据如表 3 所示。可见两类竹

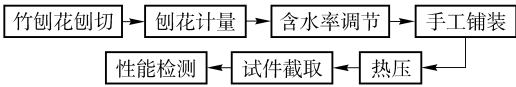


图 14 竹质 OSB 试验工艺
Fig. 14 Test technology of bamboo OSB

质 OSB(MDI 及 PF)的静曲强度、弹性模量、内结合强度、水煮 2 h 后强度均高于 OSB/4 类标准,其中平行静曲强度超过标准 50%,可用作承重板材及相应的工程材料,适用于潮湿状态条件下的集装箱地板。说明在一定的条件下,竹质 OSB 刨片机加工的刨花制成的竹质 OSB 力学强度要优于木质 OSB。因此竹材刨片机刨切的竹刨花具有较高的质量。

表 3 试验竹质 OSB 主要测试参数
Tab.3 Main test parameters of bamboo OSB

试验 编号	胶种 (施胶量/%)	厚度 /mm	密度 /g·mm ⁻³	静曲强度/MPa		弹性模量/MPa		水煮 2 h 后强度/MPa		内结合 强度/MPa
				平行	垂直	平行	垂直	平行	垂直	
BOSB-1	MDI(3)	12.00	0.80	42.38	15.68	5 194	1 911	14.68	6.77	0.66
BOSB-2	PF(8)			55.71	16.68	5 985	1 851	18.59	11.43	1.31
OSB/4				28.00	15.00	4 800	1 900	14.50	6.20	0.45

4 结论

- (1) 基于竹材特性及 OSB 生产工艺要求,研究开发了竹质 OSB 刨片机。机械结构由刨切室、刀环、主传动、上重压装置、侧压装置、过渡架、进给装置等组成;液压系统由运输机、重压、侧压、滑座、室压、顶刀、松刀及制动器等油路和元件组成。
- (2) 竹质 OSB 刨片机能将一定规则成堆竹坯叠片直接刨切成优质的长刨花。竹质 OSB 刨片机

- 具有效率高、冲击振动小、刨切刨花的形态及质量好等优点。
- (3) 在竹质 OSB 刨片机应用试验过程中,试车效果良好。将刨片机生产出的竹刨花采用常规工艺进行竹质 OSB 生产,经测试,竹质 OSB 主要力学性能指标均高于定向刨花板林业行业标准 LY/T 1580—2000(OSB/4)。应用试验表明竹质 OSB 刨片机的设计是合理有效的。

参 考 文 献

1 华毓坤.人造板工艺学[M].北京:中国林业出版社,2002.

2 傅万四.竹材定向刨花板制造技术研究[M].北京:中国林业出版社,2008.

3 王志勇.OSB 板材国外发展现状及在我国发展前景[J].人造板通讯,2005,12(10):31~48.

4 Suzuki K, Itoh T. The changes in cell wall architecture during lignification of bamboo, *Phyllostachys aurea* Carr[J]. Trees, 2001,15(3):137~147.

5 傅万四,沈毅,朱志强,等.竹材 OSB 刨片机:中国,ZL200720186920.2[P].2008-11-05.
Fu Wansi, Shen Yi, Zhu Zhiqiang, et al. Bamboo OSB flaker; CN, ZL200720186920.2[P]. 2008-11-05. (in Chinese)

6 唐宇,皇甫建华,史士奎,等. BX486 型长材刨片机的探讨[J].木材加工机械,2005,16(4):1~4,17.
Tang Yu, Huangfu Jianhua, Shi Shikui, et al. Discussion about BX486 long-log slicer[J]. Wood Processing Machinery, 2005, 16(4):1~4,17. (in Chinese)

7 吴季陵,杨焕蝶.环式长材刨片机[J].林产工业,1989(6):34~38.

8 McKenzie W M. Fundamental analysis of the wood cutting process[D]. Ann Arbor: University of Michigan, 1961.

9 Franz N C. An analysis of the wood-cutting process[R]. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1958.

10 Carlil C G. Flake storage effects on properties of laboratory-made flakeboards[M]. Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1998:1~10.