

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.02.016

木塑复合板材生产设备设计

翟艳荣,李启飞,李林,彭辉,路敏,牛明军

(郑州大学材料科学与工程学院,郑州 450001)

摘要:为提高大尺寸木塑复合板材的连续化生产能力,采用挤-注-压成型方法,改进木塑复合板的成型工艺。针对木塑复合材料的加工特点设计出可以生产大尺寸木塑复合板材的设备,设备分为挤出塑化单元、储料注射单元和模压成型单元三部分;其中,挤出塑化单元采用锥形双螺杆挤出机并加设副进料口组合,储料注射单元由储料桶与双级油缸连接组成,模压单元由模压装置和成型模具组成。利用该技术方法,能制备出力学性能优异的木塑复合材料,当聚丙烯和木粉含量分别为 30 份和 70 份时,材料的拉伸强度为 28 MPa,弯曲强度为 61 MPa。该专用设备组成的生产线可实现木塑复合板材的连续化生产,不仅拓宽了木塑复合板材的应用范围,也降低了木粉的回收利用成本。

关键词:挤-注-压法;木塑复合板;设备设计

中图分类号:TQ320.66 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2018)02-0078-05

Design of Wood-Plastic Composite Board Production Equipment

Zhai Yanrong, Li Qifei, Li Lin, Peng Hui, Lu Min, Niu Mingjun

(School of Materials Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract : In order to improve the continuous productivity of large size wood-plastic composite plates, extrusion-injection-compression molding method was adopted to improve the molding process of wood-plastic composite plates. The equipment which was designed for producing large size wood-plastic composite plates was based on the processing characteristic of wood-plastic composite materials and it was divided into three parts : extrusion plasticizing part, storage injection part and molding part. Among these parts, extrusion plasticizing part used conical twin-screw extruders with a subsidiary feed port added, storage injection part consisted of storage barrel and double oil cylinder, molding part consisted of compression device and forming mold. Using this technology, wood plastic composites with excellent mechanical properties could be prepared. When the content of PP and wood flour was 30 phr and 70 phr respectively, the tensile strength was 28 MPa, and the flexural strength was 61 MPa. Through the calculation and simulation analysis and experimental verification, the production line of the special equipment could achieve the continuous production of wood-plastic composite plates. This not only broadened the range of the wood-plastic composite sheet applications but also reduced the cost of wood powder recycling.

Keywords : extrusion-injection-compression molding method ; wood plastic composite board ; equipment design

在过去几十年间,人们越来越多地关注化学物质对环境的影响,环境问题成为全球性问题。绿色化学的提出解决了此类问题,其重要目标是最大限度地提高原材料利用率,减少废弃物的产生。复合材料行业正在寻求更多种类的环保材料,因此,“绿色复合材料”被广泛研究^[1]。

木塑复合材料(WPC)是指由植物纤维和热塑性或热固性塑料复合而成的复合材料。作为 21 世

纪的新型环保材料,WPC 已经被广泛地应用于建筑材料、户外设施、交通设施和家居用品等领域,市场前景十分看好。WPC 不仅可以解决我国木材紧缺的问题,还充分利用了废弃塑料和农作物废料,对环境的危害远小于传统塑料,意义深远^[2]。目前,WPC 板材普遍采用挤出成型和模压成型。挤出成型的加工周期短、工艺简单,但挤出成型压力小,产品受压时间短,密实度低,易出现回弹现象。由于

通讯作者:牛明军,高级工程师,主要研究方向为高分子材料、包装材料和复合材料 E-mail: niujm@zzu.edu.cn

收稿日期:2017-11-18

引用格式:翟艳荣,李启飞,李林,等. 木塑复合板材生产设备设计[J]. 工程塑料应用,2018,46(2):78-82.

Zhai Yanrong, Li Qifei, Li Lin, et al. Design of wood-plastic composite board production equipment[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(2): 78-82.

木粉或其他生物材料表面粗糙(摩擦力大),流动性差,模压成型制备的 WPC 板材密度大,力学性能差,易翘曲变形。笔者对 WPC 板材的专用设备进行机械结构设计,来解决其不足之处。

1 WPC 板材生产方案设计

1.1 WPC 板材生产工艺分析

WPC 板材生产线的高速、高效、稳定性及成套化是体现其优越性的重要指标。WPC 在加工生产中常遇到以下问题:①植物纤维含有大量羟基,是极性的,而塑料基体多是非极性的,因此植物纤维和塑料间相容性差,界面粘结强度低,导致复合材料的力学性能降低;②植物纤维的羟基间易形成氢键,使得植物纤维之间的相互作用力强,难以在塑料中均匀分散^[3];③成型加工时植物填料易降解烧结,不恰当的加工工艺或生产设备会导致 WPC 制品性能下降^[4]。所以要选择合适的加工工艺及生产设备,以确保制品优良的综合性能。

挤-注-压法生产是指将木粉与塑料均匀混合后加入挤出机熔融挤出,经储料桶保温且计量后,快速注入模腔热压成型。其适合较大平面制品的成型且边角料少,制品的尺寸范围比较宽,适于压制薄壁、面积大和壁厚相差大的制品^[5]。笔者自主设计的挤-注-压法生产设备已成功申请两篇发明专利 CN201610276551.X《一种生产大尺寸木塑复合板材的模压装置》和 CN201610276548.8《一种生产大尺寸木塑复合板材的设备与方法》,且制备了一条完善的生产线,现将其做一介绍。

1.2 设备总体结构设计

挤-注-压法 WPC 生产设备主要由挤出装置、储料装置和模压装置等 3 个模块组成。

(1) 挤出装置:经高速混合器混合后的 WPC 在螺杆温度与剪切力的作用下输送,保证了物料的混炼与塑化。

(2) 储料装置:挤出机中熔融挤出的 WPC 被定量储存,恒定物料的温度,计量物料的体积,从而保证 WPC 高效的连续化生产。

(3) 模压装置:计量后的 WPC 被注射至模腔内,板材承受压力大,密实性好,强度大。脱模装置采用机械顶出,减轻了劳动强度,大大提高了生产效率。

采用此装置可以生产两种形状的 WPC 板材,一种是由均匀分布的型腔及一定厚度的加强筋组成的木塑板材,另一种是半蜂窝型 WPC 板材,既可以节省原材料的使用又可以解决板材翘曲、变形等系

列问题。

2 挤出设备设计

由于植物纤维和热塑性塑料之间的相容性差且界面间结合力较小,当植物纤维的填充量较大时,物料的流动性和加工性能变差,使得混炼和挤出成型的难度增大^[6]。挤出设备的选择需考虑物料的加工性能,如木塑成分的配比、植物纤维的长度和表面处理等,还要考虑挤出机的混炼和成型能力^[7]。目前 WPC 的挤出设备主要有单螺杆挤出机、单向或双向平行双螺杆挤出机、锥形双螺杆挤出机和串联式磨盘挤出机等,这几种挤出设备加工性能的优缺点比较如表 1 所示^[7]。

表 1 不同挤出设备的加工性能对比

设备类型	优点	缺点
单螺杆挤出机	设备成本低,剪切速率小,适于低温挤出	加料困难,混合、塑化能力较差
串联式磨盘挤出机	高扭矩,大功率挤出,压力值高,混合、塑化能力强	加料困难
同向平行双螺杆挤出机	混合、塑化能力好,功率大,工作效率高	物料输送能力差,压力值低,不适用于对剪切敏感的材料
异向平行双螺杆挤出机	物料输送能力好,转速较低,适用于对剪切敏感的材料,压力值高	功率小,工作效率低,混合、塑化能力较差
锥形双螺杆挤出机	适用于对剪切敏感的材料,加料性能良好	工作效率低,混合、塑化能力较差

WPC 的生产一般不使用单螺杆挤出机,因为其输送和塑化物料的能力较差,另外,单螺杆挤出机排气效果较差,不适用于加工水分较高的植物纤维。磨盘挤出机剪切作用较强,在挤出过程中产生大量剪切热,使 WPC 发生降解^[8]。因此,大多数 WPC 的加工选用锥形双螺杆挤出机。对于锥形双螺杆挤出机而言,物料在机器内停留时间较短,易于调控熔体温度,物料降解现象减少,适用于对剪切热敏感的材料^[9]。另外,螺杆加料段部位的直径和表面积都较大,利于高含量蓬松化合物的挤压和输送。木粉较轻,易浮于料斗上层,因此进料口采用强制进料的装置。挤出机的螺杆结构如图 1 所示,螺杆的设计尽量适应较宽加工范围和不同配方,使塑料基体较少时仍能均匀分散;加料区的体积比常规的大,压缩和计量段比常规的短,缩短了纤维在机筒内停留时间,防止纤维断裂^[10]。



图 1 锥形螺杆结构

3 储料装置结构设计

储料装置的结构和工作示意图如图 2 所示,图

中黑色表示油缸内流动的压力油,斜方格代表木塑熔融物料。储料装置由双级油缸、储料桶和出料装置组成。储料桶带有加热保温的装置,内部有锥台面的料桶活塞,料桶活塞与双级油缸的活塞1由支架固定连接,双级油缸的活塞2连接出料杆。储料装置工作时,初始进料时双级油缸的活塞1伸出,活塞2保持不动,料桶活塞与储料桶内底面相贴;随着料桶内熔融物料的增加,推动料桶活塞上移,双级油缸的活塞1回缩,活塞2保持原位;当进料量达到计量值后,触动限位阀,出料控制油缸带动出料推板右移,打开出料口,双级油缸的活塞1伸出,带动料桶活塞快速推出物料,料桶活塞到达底端后,双级油缸的活塞2推动出料杆,将物料完全推进模腔,避免导流桶内有物料残余。

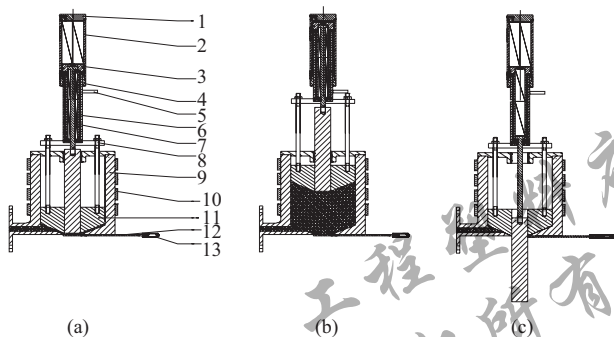


图2 储料装置结构和工作示意图
1—油缸端盖;2—油缸体;3—活塞1;4—导向套1;5—限位阀;
6—套筒;7—活塞2;8—支架;9—储料桶;10—加热套;
11—料桶活塞;12—出料推板;13—出料控制油缸
a—进料初始状态;b—进料结束状态;c—出料状态

图2 储料装置结构和工作示意图

储料桶设计为圆桶,方便熔融物料从底部直接落入模腔内,储料桶外的电加热套可以根据物料的温度调整是否加热,使物料保持恒温状态;料桶内底面和活塞底面都设计成锥状,一方面便于熔体的进料,另一方面在出料时可以快速地将熔体完全挤出,不会留有边角余料。

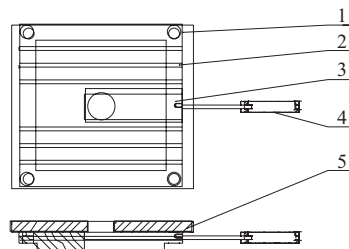
4 模压装置结构设计

模压装置由模压机和模具组成,模具由上模板、下模板、脱模装置组成。模压机顶部开有与导流桶内径同样大小的进料孔,模具上模板和下模板分别固定在模压机的定模板和动模板上,脱模装置固定在模压机动模板上。在工作时模压机施加给模具一定压力,模具在高温条件下反复工作^[11]。

4.1 上模板结构设计

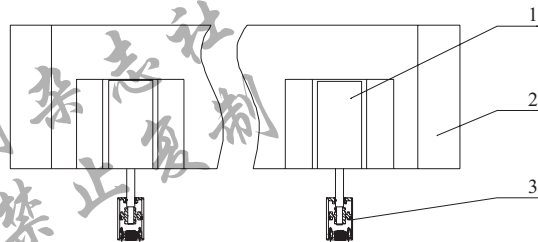
上模板由上模座板、凸模、滑块组成,上模座板

设置与模压机进料口匹配的圆形进料口,凸模和上模座板固定连接,凸模开有方便滑块滑动的滑道,且设有控制进料开关的滑块,其结构如图3所示。当成型的板材尺寸较大时,单个进料口使熔体流程长,易出现边角缺陷,可以根据板材的尺寸设置1~3个进料口,结构如图4所示。



1—凸模;2—油道;3—进料口滑块;4—控制进料油缸;5—上模座板

图3 上模板结构示意图

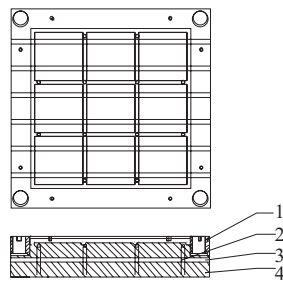


1—滑块;2—上模板;3—控制进料油缸

图4 多个进料口上模板结构示意图

4.2 下模板凹模结构设计

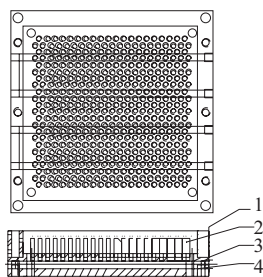
上模板与下模板间由导柱导向连接,下模板与脱模装置连接。凹模由型腔固定板和下凸模组成,下凸模均匀分布加热油道,通过更换下凸模实现加强筋型或者半蜂窝型WPC板材的生产,加强筋型板材的下模板顶杆位置应均匀分布在板材的加强筋处,结构如图5所示。



1—型腔固定板;2—顶杆位置孔;3—油道;4—凹模的下凸模

图5 加强筋型凹模结构示意图

半蜂窝型板材的模具凹模结构如图6所示,凹模的型腔内部均匀安装螺栓来成型蜂窝孔,螺栓的一端有与模具型腔底面螺孔配合的螺纹,螺栓固定在型腔内部,螺栓成型端要有一定的倾角和倒圆角



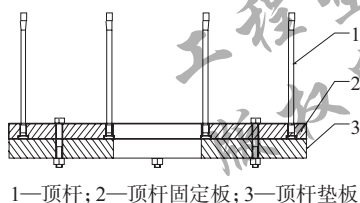
1—型腔固定板;2—螺栓;3—凹模的下凸模;4—油道

图6 半蜂窝型凹模结构示意图

来方便脱模,以免损坏板材的蜂窝结构。

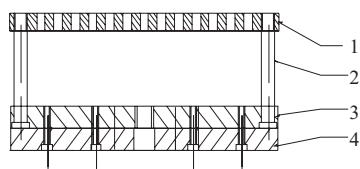
4.3 脱模装置结构设计

脱模装置用于推出成型板材,方便机械手取走板材进行后处理。加强筋型板材的脱模装置采用顶杆顶出,但半蜂窝状板材的脱模不宜采用顶杆推出,所以将半蜂窝模具的脱模装置设置成推板,推板与板材接触面积大,不会破坏蜂窝孔结构。两种脱模装置的结构分别如图7和图8所示,顶板式脱模装置的顶板与顶杆固定连接,顶杆兼作导柱,脱模装置与脱模油缸的柱塞固定连接,即可实现板材自动脱模。



1—顶杆;2—顶杆固定板;3—顶杆垫板

图7 顶杆式脱模装置结构示意图



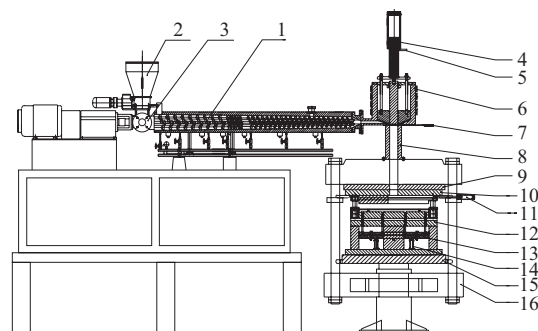
1—顶板;2—顶杆;3—顶杆固定板;4—顶杆垫板

图8 顶板式脱模装置结构示意图

5 整体结构设计

图9所示为挤-注-压法生产WPC板材设备的整体结构。挤出机采用锥形双螺杆挤出机并加设副进料口,储料桶与双级油缸连接,模具上模板设置进料口方便物料直接落入模腔,不需人工将熔体加到模腔内,模具有不同的下模板,可以生产不同形状的WPC板材,利用该设备可以生产高强度、轻质的大尺寸板材。

采用上述设备制备聚丙烯(PP)WPC板材,并探索出最佳的模压成型工艺条件如下:当PP与



1—锥形双螺杆挤出机螺杆;2—主进料口;3—副进料口;
4—双级油缸;5—限位阀;6—储料桶;7—储料桶出料控制装置;
8—导流桶;9—模压机定模板;10—模具上模板;
11—模具进料口控制装置;12—模具下模板;13—脱模装置;
14—脱模油缸;15—模压机动模板;16—模压机

图9 设备整体结构

木粉含量分别为30份和70份时,模具温度 75°C ,模压时间10 min,模压压力10 MPa,制得板材的力学性能最佳,拉伸强度为28 MPa,弯曲强度为61 MPa,弯曲弹性模量为4600 MPa,冲击强度为 3.4 kJ/m^2 。

6 结语

WPC的开发和利用有效解决了我国木材资源短缺的问题,也为废旧塑料和木材边角料的再次利用开辟了新出路,且WPC制品无毒害、抗老化、力学性能良好。为解决原有设备塑化能力不足,无法生产大尺寸WPC板材制品的难题,对挤-注-压法生产WPC板材的设备进行了研究,详细介绍了挤出塑化、储料注射和模压成型三部分的设计方案。采用该设备可以解决传统设备生产的WPC板材弹性大和翘曲变形等问题,可生产出高性能、大尺寸的板材。

参考文献

- [1] Mohanty A K, Misra M, Hinrichsen G. Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites: An overview[J]. Macromolecular Materials and Engineering, 2000(1):276-277.
 - [2] Ashori A. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries[J]. Bioresource Technology, 2008, 99:4661-4667.
 - [3] Sykacek E, Hrabalova M, Frech H, et al. Extrusion of five biopolymers reinforced with increasing wood flour concentration on a production machine, injection moulding and mechanical performance[J]. Composites: Part A, 2009, 40:1272-1282.
 - [4] 黄淑芹, 闫承琳, 李光哲. 浅谈木塑复合材料及其生产工艺[J]. 木材加工机械, 2011(3):38-41.
- Huang Shuqin, Yan Chenglin, Li Guangzhe. The research of

- wood-plastics composites and its process[J]. Wood Processing Machinery, 2011(3):38-41.
- [5] 吴智华,杨其. 高分子材料成型工艺学[M]. 成都:四川大学出版社,2010:286-290.
- Wu Zhihua, Yang Qi. Polymer material forming technology[M]. Chengdu:Sichuan University Press, 2010:286-290.
- [6] 刘瑞庭,江波,许澍华,等. 木塑复合材料的一步法成型技术与装备研究[J]. 塑料,2004,33(1):93-98.
- Liu Ruiting, Jiang Bo, Xu Shuhua, et al. One step processing technology and equipment for wood-plastics composite[J]. Plastics, 2004,33(1):93-98.
- [7] 张金斌,许澍华,江波. 木塑复合材料制品一步法挤出成型技术的研究[J]. 塑料,2004,33(5):1-5.
- Zhang Jinbin, Xu Shuhua, Jiang Bo. One step processing technology and equipment for wood-plastics composite[J]. Plastics, 2004,33(5):1-5.
- [8] Šercer M, Raos P, Rujnić-Sokele M. Processing of wood-thermoplastic composites[J]. International Journal of Material Forming, 2009(2):721-724.
- [9] 刘涛,洪凤宏,武德珍. PVC/木粉复合体系加工方法与性能的关系[J]. 高分子材料科学与工程,2006,22(1):174-177.
- Liu Tao, Hong Fenghong, Wu Dezhen. Relationship between processing methods and properties of PVC / wood flour system[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2006,22(1):174-177.
- [10] 丁建生,唐伟家,吴汾. 塑木复合材料及其制备加工[J]. 现代塑料加工应用,2002,15(1):16-19.
- Ding Jiansheng, Tang Weijia, Wu Fen. Wood-plastic composite material and its preparation process[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2002,15(1):16-19.
- [11] 黄汉雄. 塑料模压成型技术(三)[J]. 橡塑技术与装备,2001,27(5):8-12.
- Huang Hanxiong. Plastic molding technology(3)[J]. Rubber Technology and Equipment, 2001,27(5):8-12.

塞拉尼斯宣布新建的共聚甲醛装置成功启动

全球领先的技术和特种材料公司塞拉尼斯宣布,其合资企业 Ibn Sina 位于沙特阿拉伯的朱拜勒工业城的甲醛生产装置已完成施工,产能将达 50 000 t。

塞拉尼斯确认该装置已完成所有规格共聚甲醛的性能试运行,并实现了全面生产;因此,该装置已正式投入运行。正如之前所公布的,该共聚甲醛装置成功投产后,塞拉尼斯在 Ibn Sina 产生的经济效益将从 25% 上升到 32.5%,进一步

为塞拉尼斯的财务增长作出贡献。

Ibn Sina 是 SABIC 和 CTE(塞拉尼斯和杜克能源的子公司共同拥有)的合资企业。目前,塞拉尼斯和杜克能源各自持有 Ibn Sina 25% 的所有权益,其余 50% 由 SABIC 持有。该共聚甲醛装置将由 Ibn Sina 内部生产的甲醇提供原材料进行生产。共聚甲醛是一种差异化的、高附加值产品,主要用于汽车、电子、机械和建筑制造,以及其他工业领域。

(塞拉尼斯)

(上接第 72 页)

- [8] Zhang S, Miyanaji H, Yang L, et al. An experimental study of ceramic dental porcelain materials using a 3D print(3DP) process[J]. Proceeding of Solid Freeform Fabrication(SFF) Symposium, 2014,32(9):269-282.
- [9] 杨德建,刘仁洪. 大型复杂金属零件 3D 打印技术及研究进展[J]. 兵工自动化,2017,36(1):35-42.
- Yang Dejian, Liu Renhong. Research development of 3D printing for large complex metal parts[J]. Ordnance Industry Automation, 2017,36(1):35-42.
- [10] Berman B. 3-D printing:The new industrial revolution[J].Business Horizons, 2012,55(2):155-162.
- [11] Abe F, Osakada K, Shiomi M. The manufacturing of hard tools from metallic powders by selective laser melting[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2001,111(1):210-213.
- [12] 乔雯钰,徐欢,马超,等. 3D 打印用 ABS 丝材性能研究[J]. 工程塑料应用,2016,36(1):18-23.
- Qiao Wenyu, Xu Huan, Ma Chao, et al. Research on properties of ABS filament used in 3D printing[J]. Engineering Plastics Application, 2016,36(1):18-23.
- [13] 唐通鸣,张政,邓佳文,等. 基于 FDM 的 3D 打印技术研究现状与发展趋势[J]. 化工新材料,2015,26(15):2 000-2 005.
- Tang Tongming, Zhang Zheng, Deng Jiawen, et al. Research status and trend of 3D printing technology based on FDM[J]. New Chemical Materials, 2015,26(15):2 000-2 005.
- [14] Wei Q, Wang Y, Li X, et al. Study the bonding mechanism of binders on hydroxyapatite surface and mechanical properties for 3DP fabrication bone scaffolds[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2016,31(6):190-200.
- [15] 丁松阳. 软件逆向工程技术与应用[M]. 北京:经济管理出版社,2013.
- Ding Songyang. Technology and application of software re-verse engineering[M]. Beijing:Economy & Management Publishing House, 2013.
- [16] 龙圣杰. 基于逆向工程的摩托车逆向设计——以 BY8602 弯梁摩托车开发为例[J]. 机械设计,2012,29(10):108-109.
- Long Shengjie. Motorcycle reverse design based on the reverse engineering, to BY8602 cub type motorcycle development of an example[J]. Journal of Machine Design, 2012,29(10):108-109.