

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.02.030

木塑复合材料制备及其在建筑中应用进展

罗辉

(中钢石家庄工程设计研究院有限公司, 石家庄 050021)

摘要: 综述了木塑复合材料的生产工艺, 分析了影响木塑复合材料力学性能和耐久性的因素, 阐述了木塑复合材料在建筑工程中的应用, 展望了未来木塑复合材料的研究方向。指出今后木塑复合材料的研究应主要集中在耐久性机理的进一步探索以及提高木塑复合材料耐久性的改性和结构设计方法。

关键词: 木塑复合材料; 建筑工程; 性能; 耐久性; 改性; 进展

中图分类号: TQ327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)02-0133-04

Progress of Preparation of Wood Plastic Composite and Its Application in Construction Engineering

Luo Hui

(Sinosteel Shijiazhuang Engineering Design and Research Institute Co.Ltd, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract : The production process of wood plastic composites was described. The influence factors of mechanical properties and durability of wood plastic composite materials were analyzed. The application of wood plastic composites in building engineering was expounded. The future research directions of wood plastic composites was expected. It was pointed out that the study of wood plastic composites should be further explored mainly in durability mechanism and modification method and structure design of durability of wood plastic composites.

Keywords : wood plastic composite ; construction engineering ; property ; durability ; modification ; progress

木塑复合材料(WPC)是指含有木屑或木质颗粒等木质组分形成的聚合物复合材料^[1-2]。例如人们常见的木材、胶合板、纤维或粒子聚合物结合形成的材料均为WPC。它有非常广泛的应用,木质元素可以和热固性或热塑性聚合物结合,所以WPC也被称为木质聚合物复合材料。木质材料可以在一些户外装饰的结构性和非结构性框架中得到良好的应用^[3-4]。然而,建筑和汽车领域却是WPC应用最广泛的地方^[5-6]。WPC既可以应用在户外装饰也可以应用在室内,其中普遍应用的是在建筑材料中,如花园和别墅院墙等产品,家居用品,建筑模板等。人们之所以广泛使用WPC的主要原因在于,该材料可以极大降低生产成本,循环使用的同时对人类的生存环境造成较低的影响。在国外,建筑物使用WPC作为外墙或内墙装饰变得尤为普遍^[7-9],最重要的原因在于使用WPC替代传统纯净木材,既可以提高房屋的耐久性,也能够使房屋易于维修和保养,在艺术审美价值上,WPC也比传统木材表现出更多可设计性和美感,提升了房屋使用价值^[10-11]。与固体塑料相比,材料中掺杂木素的成分可以大大减少生产成本,在WPC中使用的木头大部分来自于传统木材加工过程中产生的木屑,或回收一些废旧木头产品,与塑料产品相比,这种WPC的替代物价格更便宜,因此也受到了广大消费者的欢迎。目前,WPC在建筑物原材料市场中已经占据了较大的市场份额。尽管为了维持经济的

持续增长,人们对那些由化石能源生产的塑料产品仍然具有较大的依赖性。然而,考虑到工业生产的成本,消费者的承受能力以及环保方面的需求,实际生产生活中对WPC的需求一直在不断增加。笔者主要介绍了WPC的材料特性、生产工艺,影响其力学性能和耐久性的因素,重点剖析了其在建筑工程模板中的应用。

1 WPC制备工艺

WPC的主要制备过程包括挤压、注射制膜、压缩成型以及热成型等。新型WPC的制备工艺增加了通过层状制膜和激光烧结等工艺,以增加WPC的耐久性。

挤压是制备WPC材料非常重要的过程,该过程中将聚合物加热,同时把聚合物、木质元素以及添加剂等物质通过挤压过程混合起来。整个挤压过程包括四个基本步骤,即单螺杆挤压、同向双螺杆挤压、反向旋转双螺杆挤压等。应用较为成熟的挤压工艺主要是单螺杆挤压和同向双螺杆挤压。

1.1 单螺杆挤压

在制备WPC挤压过程中,单螺杆纤维复合挤压是最简单的挤压过程^[12-14]。其中最典型的单螺杆挤压过程中,复合材料的长度和直径比为34:1,经历两个过程,即加热和测量的过程,以及一个通风部分用来驱除挤压过程中的挥发

联系人: 罗辉,高级工程师,主要从事建筑材料及结构设计研究

收稿日期: 2016-12-02

物。单螺杆挤压得到的材料为充满纤维和聚合物颗粒的预制备材料。当然也需要一个干燥设备用以干燥此种预制备材料。原材料的进料方法通常为通过重力进料。加热和混合机理是保温桶加热和螺杆剪切过程。使用单螺杆挤压的优势在于该方法已经在生产实践中得到了普遍的证明,从生产成本的角度考虑,该方法也是最为节约和节能的方法。其劣势在于复合型材的产出率不高,还需要加热系统,聚合物和纤维同时加热导致更容易产生分解过程。

1.2 同向双螺杆挤压

同向双螺杆挤压过程主要应用在硬质聚氯乙烯(PVC)等聚合物中^[15-16]。同向双螺杆挤压有并行和锥形螺杆两种构型。挤压过程中纤维/粉状物具有相同的尺寸,通常是250~400 μm。材料的制备过程包括高浓度粉末聚合物和添加剂的烘干过程。材料的进料方法通常使用的是填塞喂料机。加热和混合的机理是保温桶加热和螺杆剪切过程。螺杆混合是通过螺旋飞行挖空和齿轮搅拌机。挥发物是通过真空排气来实现。这种同向双螺杆挤压过程的优势在于挤压速度较慢,废料产出较低,同样也是一种被证实了的成熟技术。缺点在于需要干燥系统,同向双螺杆挤压过程必须需要一个设备在填料过程中限制进料尺寸。

1.3 注射制膜

注射制膜工艺常常被用来生产具有复杂几何结构的WPC^[17]。比如建筑材料中护栏用的柱帽是采用WPC注射制膜方法制备的。目前关于WPC注射制膜过程的主要研究限制于挤压过程。但是,研究的主要目的更倾向于材料成分和属性的研究。

1.4 压缩成型以及热成型

压缩成型和热成型的WPC已被研究多年,一直广泛用于制造汽车复合材料部分^[18]。制备WPC板的连续压缩成型技术以及WPC板的玻璃纤维增强技术已被证明是较为成熟的技术,值得一提的是德国可以生产宽1.3 m,13 mm厚的连续WPC板。

2 WPC力学性能的影响因素

在木塑复合材料的制备过程中,使用聚合物的主要原因在于使用过程中需要高温融化,高压挤压等条件,木材填料的降解温度通常为220℃,这种温度无法降解聚合物^[19],因此,在工业生产中聚合物作为胶黏剂被广泛应用在木塑复合材料制备中。在科研领域,大量关于WPC的研究关注于聚乙烯(PE),聚丙烯,PVC,聚苯乙烯以及聚甲基丙烯酸甲酯等常见塑料。这些聚合物的力学性能可以通过添加木质纤维得到很大提升,但在很多工程领域的实际应用中,添加木质纤维后聚合物复合材料并不能满足工程应用对于材料力学性能的要求。因此,定向提升材料力学性能的方法也是

WPC研究领域未来需要拓展的主要方面。据报道,尼龙66作为一种WPC的基模形成的复合材料可以应用在汽车引擎的底座中。与单纯尼龙66相比,这项研究所展示的结果较大提升了WPC的储能模量、热稳定性,降低了其玻璃化转变温度。举例来说,工程塑料与通用塑料也可以与木塑混合,加工后形成共混聚合物。Lei Yue等^[20]研究报道了通过两步挤压方法使得聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)或PE等与木质原料混合形成共聚物的方法。由于温度在第二个添加步骤中仅仅是用来加热PET,所以,木质原料在该过程中并没有热分解,在很多的报道中,木质原料被用来提升PET、高密度聚乙烯等共混聚合物的力学性能,其储能模量和热稳定性也得到了很大提升。

3 WPC耐久性的影响因素

关于WPC的耐久性研究主要有两个方面,分别是结构的耐久性以及美学耐久性^[20-23]。关于WPC耐久性以及材料性能的特点如表1所示。

表1 WPC耐久性分类及其性能影响因素

耐久性分类	材料性能的影响因素
结构	力学性能(长度、厚度、热稳定性、光滑程度)、物理性能(膨胀、收缩、弯曲)、生物降解性能
美学	是否风化褪色、抵抗生物腐蚀

结构耐久性对使用WPC的建筑物结构的安全性来说是十分重要的。但是美学耐久性同样重要,对消费者来说材料的美学耐久性是其关于使用WPC作为建筑物装饰的主要考虑因素。材料的模具、颜色等都在一定程度上影响着WPC的美学耐久性。A. Ashori等^[24]研究了化学防腐剂对WPC的影响。结果表明,经过化学防腐剂处理以后的WPC可以更好抵抗腐蚀。A. Shirp等^[25]研究了真菌等对WPC物理和力学性能的影响。他们的研究结果指出WPC可以通过控制木材和塑料的掺和比得到更好的抵御真菌腐蚀的材料。J. S. Fabiyi等^[26]研究了制备WPC的木材种类对材料抗风化性能的影响,在众多木材种类中,杨树和松树在材料颜色方面表现出最佳的耐久性。与纯木材相比,制造WPC的主要目的在于其高耐久性、低维护保养的特点。

4 WPC的应用和用途

在全世界范围内,WPC已经得到了广泛应用,其使用量在逐年成几何式增长。在欧洲,WPC占据了所用复合材料产品11%的用量,表2列出了应用WPC制备的常见产品、产品的特点及其典型制备过程。在建筑物的外部装饰以及汽车零部件领域,WPC更是占据绝大部分的市场份额。在其它工业生产和人类社会生活中,WPC也得到了良好应用,比如建筑物围墙、家居、消费品等方面。

5 WPC在建筑工程中的应用

随着我国国民经济的增长,建筑行业应用现浇钢筋混凝土

表2 WPC 产品分类及相关工业制备过程

产品举例	产品分类	工业制备过程
装饰木板和瓷砖、建筑围墙、窗框	建筑装饰	挤压、注射制膜
花园家居、围栏	建筑外部装饰	挤压、注射制膜
汽车零部件、汽车引擎底座	汽车	挤压、注射制膜、薄片成型
家居以及家居部件	房屋以及内饰	挤压、注射制膜

土已成为基本过程。应用现浇钢筋混凝土就必须使用建筑模板,传统建筑模板使用纯木材和钢材类模板,造价高昂,使用不方便,造成建筑物工程造价增加,经济效益降低。随着 WPC 技术的发展,越来越多的建筑工程采用 WPC 这一新型材料形式作为浇筑钢筋混凝土的建筑模板,极大地提升了模板的使用率,降低制造费用,所以 WPC 作为建筑模板在建筑工程中得到了最为广泛的使用。

5.1 应用 WPC 作为建筑模板的意义

我国建筑模板中使用 WPC 模板是在响应国家可持续发展国策的背景下,做出的顺应时势的选择,有着诸多优点。比如,其一,可有效缓解我国木材短缺的现状。其二,降低建筑模板的造价成本, WPC 可以使用木屑、木材加工中的下脚料等剩余物作为制作原料。其三,性能好、耐久性强, WPC 具有和传统木材类似的抗压、抗冲击等力学性能。其四,在制膜成型方面,由于 WPC 和热塑性材料相当,具有容易加工的特点,为实际应用中的建筑模板制膜成型提供了便捷。其五,结构耐久性强,传统木材或钢板模板无法达到 WPC 的结构耐久性。其六,通过助剂添加,具有可以改变的密度、强度、阻燃性。其七,耐腐蚀,耐风化,不易吸湿变形,具有较好的保温效果。其八,可回收,重复性利用,对环境保护具有一定的贡献,是一种环境友好型的新型建筑模板。

5.2 改进建筑模板用 WPC 性能的方法

尽管使用 WPC 作为建筑模板有着上述诸多优点,但是仍然不够完美,需要不断补充和完善实际应用过程中材料的性能。其中包括提高木塑复合建筑模板的刚性、韧性,降低 WPC 建筑模板的密度,优化建筑模板的结构等。提高 WPC 建筑物模板刚性和韧性的方法分别是添加无机刚性粒子、增加建筑模板厚度和使用增韧剂和偶联剂等助剂。有研究表明,木质原料与 PE 为 1 : 1 的配比,并添加 10% 的纳米 SiO₂,与原来没有添加 SiO₂ 的材料相比,其弯曲强度提高了 80%^[27]。纳米 SiO₂ 作为一种改性无机刚性粒子可以大大改善 WPC 的综合性能。在 WPC 建筑模板制备过程中,使用增韧剂可以大大提高聚合物基体的韧性,偶联剂的使用可以增强木塑填料与聚合物之间界面的相容性。通过发泡和形成空芯结构可以降低 WPC 建筑模板的密度,避免由于模板掉落所导致的模板损坏,降低使用成本^[28]。发泡方法中比较普遍使用的原理是化学发泡和物理发泡,化学发泡是通过发

生化学反应使聚合物发泡,物理发泡是通过改变材料的物理状态使之产生大量气体,从而发泡。在优化 WPC 建筑模板结构方面,壳层结构相较于其它结构表现出更优良的综合性能,所以建议使用壳层结构改变 WPC 建筑模板的结构^[29-32]。

6 结语

WPC 通常应用在建筑环境中,包括建筑物的内部装饰和外部装饰, WPC 的制备技术包括挤压、注射制膜、压缩成型等工艺。提高 WPC 耐久性的主要原理与材料制备过程中的木质材料的种类、添加聚合物的种类、木材和塑料的掺和比相关。对 WPC 来讲,结构耐久性和美学耐久性同样重要。在建筑工程中, WPC 主要应用在浇筑混凝土的建筑模板中,有着诸多的优点,是一种环境友好型建筑模板材料。对 WPC 为原材料制备的建筑模板刚性、韧性、密度以及结构优化可以通过不断提升加工技术和制备工艺、探索新型改性方法及结构设计方法而得到良好的解决。在国家大力提倡节约使用木材的形式下, WPC 将会越来越多地应用在建筑工程领域中。

参考文献

- [1] Gordon J E. The new science of strong materials (or why you don't fall through the floor)[M]. Princeton University Press, 1988.
- [2] Bogoeva G G, et al. Polymer Composites, 2007, 28(1):98-107.
- [3] Ibrahim M, et al. Applied Mechanics and Materials, 2014, 607:65-69.
- [4] Bismarck A, et al. Environmental Development, 2006(8):445-463.
- [5] Bolin C, et al. Journal of Cleaner Production, 2011, 19:620-629.
- [6] Burnard M D, et al. Wood Science and Technology, 2015, 49:969-986.
- [7] Clemons C M. Forest Products Journal, 2002, 52(6):10-18.
- [8] Chaochanchaikul K, et al. Bioresource, 2011, 6(3):3 115-3 131.
- [9] Segerholm B K, et al. Bioresources, 2012, 7(1):1 283-1 293.
- [10] Mariano M, et al. Journal of Polymer Science B: Polymer Physics, 2014, 52(12):791-806.
- [11] Fabiyi J S, et al. Composites part A: Applied Science and Manufacturing, 2011, 42(5):501-510.
- [12] Gephardt A. Understanding additive manufacturing[M]. Cincinnati: Hanser Publications, 2012.
- [13] Ibrahim M, et al. Applied Mechanics and Materials, 2014, 607:65-69.
- [14] Wendel B, et al. Macromolecular Materials and Engineering, 2008, 293(10):799-809.
- [15] Kuo Panyang, et al. Materials & Design, 2009, 30(9):3 489-3 496.
- [16] Hosseinaei O, et al. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2012, 43(4):686-694.
- [17] Bledzki A K, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2005, 97(3):1 090-1 096.
- [18] Holbery J, et al. JOM, 2006, 58(11):80-86.

- [19] Mbarek T B, et al. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2013, 32(21):1 646–1 655.
- [20] Lei Yue, et al. Bioresource Technology, 2010, 101(10):3 665–3 671.
- [21] Adhikary K B, et al. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2011, 24(2):155–171.
- [22] Simonsen J, et al. Holzforschung, 2005, 58(2):205–208.
- [23] Mariano M, et al. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 2014, 52(12):791–806.
- [24] Ashori A, et al. Composites Part B: Engineering, 2013, 47:308–313.
- [25] Schirp A, et al. Wood and Fiber Science, 2005, 37(4):643–652.
- [26] Fabiyi J S, et al. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2010, 41(10):1 434–1 440.
- [27] 雷晶旭. 纳米粒子增强 PE 木塑复合材料及其增容剂的合成 [D]. 杭州: 杭州师范大学, 2012.
- Lei Jingxu. Nanoparticles enhance PE wood plastic composite and synthesis of compatibilizer[D]. Hangzhou: Hangzhou Normal University, 2012.
- [28] Xu Xiao, et al. ACS Applied Materials & Interfaces, 2013, 5(8):2 999–3 009.
- [29] Segerholm B K, et al. Bioresources, 2012, 7(1):1 283–1 293.
- [30] Mariano M, et al. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 2014, 52(12):791–806.
- [31] Lee K Y, et al. Composites Science and Technology, 2014, 105:15–27.
- [32] Xie Zhe, et al. Futur Energy, Environ Mater. 2014, 88:229–235.

新西兰拟禁止生产销售含塑料微珠个护产品

新西兰环境部长尼克·史密斯不久前宣布,新西兰政府计划禁止生产和销售含有塑料微珠的个人护理产品。

史密斯在一份声明中说,塑料微珠无法生物降解,容易被水生生物当作食物,从而对鱼类和贝壳类生物造成长期损害。他表示,个人护理产品中的塑料微珠可以用杏仁或坚果壳替代,没必要继续使用。

塑料微珠指直径小于 5 mm 的塑料颗粒,一般成分是聚乙烯。在个人护理产品中,塑料微珠能够改善产品外观或用作去角质、去死皮的磨料。塑料微珠像塑料袋一样,很难降解或从环境中人工分离出来。史密斯说,现在全球每年使用的塑料微珠超过 1 万 t,新西兰政府的相关提议是国际社会减少海洋中塑料微珠努力的一部分。他表示,目前美国、英国、加拿大、欧盟和澳大利亚等国家和地区组织都已经禁止或在逐步减少塑料微珠在个人护理产品中的使用。

(工程塑料网)

塑料制品出口金额降幅再扩大 出口压力倍增

中国塑料工业在经过长期奋斗和面向全球的开发,已形成门类较齐全的工业体系,成为与钢材、水泥、木材并驾齐驱的基础材料产业,保持了较快发展速度,但 2016 年全球经济低迷,国际市场需求不振,造成我国塑料制品出口压力较大。据前瞻数据库数据显示,截至 2016 年 11 月,我国塑料制品出口累计 319.78 亿美元,出口金额同比减少 6.1%,2016 年 11 月当月出口 32.78 亿美元。近年来,我国塑料制品出口屡屡受挫,各个国家对于进口产品严格把关,纷纷提高了本国的国际标准。而国内质量标准把控难与国际标准接轨,多数产品难通过国外环保指令测试被悉数退回,损失严重。造成与日本、欧盟等国家和地区直接贸易减少。对于我国塑料制品企业来说,尽快加强产品原料质量控制,推进产品技术、工艺的改良和创新已迫在眉睫。

未来,塑料制品行业可以通过创新思维、创新产品过程设计和关键技术创新实现产业创新发展,以低能源、资源消耗,低环境负担方式提高产出质量和增加效率,实现产业升

级,实现塑料制品产业的可持续发展,为塑料制品的外贸出口奠定良好的基础。

(中塑在线)

稳稳扎扎做产品,提升石墨烯产业核心竞争力

石墨烯近年来在我国的发展非常迅速,石墨烯产业是一块大蛋糕,但是能分到多少仍是未知数,这需要科研人员和相关企业关注引领未来的核心技术。石墨烯行业最近的发展也有一些烦恼,开发不出市场认可的产品,处于危机的边缘。另外,市场有搞石墨烯产业的“大跃进”运动的趋势。

据前瞻《中国石墨烯行业深度市场调研与投资分析报告》显示,目前我国石墨烯生产企业已经从 2015 年的 300 多家增长到 2016 年的 400 多家,2016 年我国石墨烯相关产品的销售额已经达到 30 亿元左右,发展十分迅速。

伴随着通讯、交通、能源新技术的发展,石墨烯正以其广阔璀璨的应用前景,引领着社会生产新变革。近年来,中国政府及党和国家领导人高度重视石墨烯产业化发展,已经将石墨烯生产与技术应用纳入我国“十三五”规划和国家创新驱动战略发展纲要内容中。在过去的 2016 年是石墨烯产业元年,一批具有标志性意义的石墨烯应用科技成果涌现,呈现出创新成果加速转化、商业化应用蓬勃兴起新格局。

不过,业内人士指出,石墨烯产业发展要扎扎实实,要做高尖端的“杀手锏”应用,不能满足于不顾未来只做产品,比如现在市场上流行石墨烯内衣和腰带,更不能一拥而上,轰轰烈烈搞石墨烯产业的“大跃进”运动。石墨烯行业在发展存在着夸大宣传、虚假宣传等问题,也阻碍了行业的发展。

提升石墨烯产业的核心竞争力,首先要通过标准来营造良好的产业发展环境;其次要促进典型应用,同时还要提高产业集中度,促进产业深度融合,同时不断提高我国知识产权专利的建设。

随着近几年国家出台众多有关促进新材料和石墨烯发展的政策文件,以及石墨烯科研技术的不断进步,很多产业化应用已经开始崭露头角。“十三五”期间我国大健康产业将突破十万亿市场规模,石墨烯产业目前仍处于早期阶段,有关企业须实干且坚持不懈。

(中塑在线)