

综 述

木质纤维/塑料复合材料的发展现状及应用

张桂兰¹, 王正², 常亮², 高黎²

(1. 内蒙古农业大学林业工程学院, 呼和浩特 010018; 2. 中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 木质纤维/塑料复合材料是以木质纤维材料为基本体,与塑料通过不同的复合途径制成的一种新型复合材料,综合了木质纤维与塑料的性能特点,因而用途广泛。作者介绍了木质纤维/塑料复合材料的复合工艺、界面特性和改性处理以及产品的应用前景。

关键词: 木质纤维/塑料; 复合材料; 工艺; 界面特性; 改性处理

中图分类号: TS653; TQ321 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2007)01-0015-03

Review of Research and Applications of Wood-fibre/plastic Composites

ZHANG Gui-lan^{1,2}, WANG Zheng², CHANG Liang², GAO Li²

(Institute of Forestry Engineering, Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot 010018, Inner Mongolia, China;

Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: As a new material, wood-fiber/plastic composites (WPC) are attracting more and more attention. In this article, the authors summarized the research on compounding technology, interface modification, and characterization of wood fiber and other natural plant fibers with various plastics. Both foreign and domestic research was addressed. The authors concluded by discussing the integrating performance characteristics and extensive potential applications of WPC in the future.

Key words: wood-fiber/plastics; composites; technology; interface characterization; modification

近年来,随着环境保护意识的提高,木质纤维作为一种新的环境友好材料,用来生产复合材料愈加受到关注^[1-2]。木质纤维不仅来源丰富,加工成本低,也是可再生资源,在聚合物复合材料中是优良的增强材料,常用的有木材、麻类植物、椰子壳等,以代替那些昂贵的而又不可再生的合成纤维。木质纤维基复合材料由于其重量轻、强度比高、耐腐蚀等优点,可以替代木材、钢、铝以及混凝土等,在建筑工业中起着重要的作用^[3-4]。

塑料工业中,木质纤维/塑料复合材料发展很快,2002年北美和西欧的需求量达到68.5万t,价值7.75亿美元^[5]。另外,随着木材资源供需矛盾紧张,人们开始对剑麻、黄麻、大麻、亚麻、椰子壳、蕉麻等木质纤维作为增强材料的复合材料研究。

1 木质纤维/塑料复合材料研究现状

1.1 材料的复合途径

根据组元形态、复合比率以及其加工过程,木质纤维/塑料复合材料主要有3种复合工艺:

1) 塑料加工为特征的复合工艺 采用高温捏合-挤出或注塑,适用于原料形态为木质纤维粉末与颗粒状塑料,挤出工艺是研究和开发的重点。一般为保证加工过程良好的传递性,木质纤维材料的比率不宜超过50%。目前,这种工艺国内外应用较多,一般与聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚苯乙烯(PS)和酚醛(PF)复合。

Joseph等^[6]研究了剑麻纤维增强环氧树脂、PF及PS树脂的复合材料,结果表明,剑麻与PF复合,其材料的拉伸性能与弯曲性能较其他2种好,这主要是剑麻纤维与PF有较好的界面结合性能。

Terry等^[7]试制了用木纤维和洋麻纤维混合后,增强聚乙烯和聚苯乙烯复合材料,研究结果表明:复

收稿日期:2006-01-27; 修改稿:2006-12-16

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)(2002AA245141)。

作者简介:张桂兰(1974—),女,内蒙古农业大学林业工程学院讲师,博士。

合材料的力学强度随着密度的增加而增加,吸水率随着密度的增加而降低。通过与木材刨花板、中纤板进行对比,提出这种复合材料应用领域广泛。

Pavithran 等^[8]研究用不同的木质纤维增强不同的聚合物,并分析了不同纤维的几何形态和纤维素含量对复合材料的力学性能影响。研究结果表明:纤维素含量高、微纤丝角小的纤维,生产的复合材料冲击强度高;黄麻纤维与环氧树脂纤维复合,最大拉伸强度达 104.0 MPa,与聚酯纤维复合最大冲击强度达 22.0 kJ/m²;香蕉纤维与聚酯纤维的复合材料,最大抗弯强度为 64.0 MPa。

2) 人造板加工为特征的复合工艺 低温混合-平压或模压成板,适用原料形态为纤维、刨花、木单板与各种粒状、片状的塑料,而且木质纤维的含量一般在 50%~70%。

王正等^[9]以回收的废弃塑料和木刨花,通过普通工艺制成木/塑复合刨花板,其耐水性、韧性等都优于普通刨花板;与挤出法生产的木/塑复合材料相比,具有生产效率高、能耗小、原料制备成本低等特点。

3) 无纺布加工为特征的复合工艺 长短纤维混杂-针刺成坯-模压成型,主要特征是将木质纤维与合成纤维按一定比例混合(开松),然后将混杂纤维通过气流铺装成均匀的坯料,经过针刺制成具有一定强度的卷材,再经过模压成型,加工成各种异形材。

此工艺生产的木/塑纤维复合材料自 20 世纪 90 年代初在发达国家已受到关注,并列为重要研究开发领域,从基础理论到实用技术的研究都取得了较大的进展。专家认为,研究开发木/塑复合材料,是木材工业史上最具革命性的发展,是现代材料工业发展的主要方向。中国林科院木材工业研究所跟踪国际木/塑复合材料的最新研究动向,已经在复合材料主要成分的配比、木纤维形态及制备工艺、纤维改性、专用胶黏剂的研制、木/塑复合材料卷材加工技术及模压技术等方面,取得了阶段性进展和重大突破。

Youngquist 等^[10]对 3 种不同配比的木纤维与合成纤维,以无纺布加工工艺生产复合材料。主要研究木/塑复合形成的过程、结构以及工艺因子和成分分配对其物理力学性能的影响。研究了以 90%铁杉木纤维与 10%聚乙稀纤维(90H/10PE),90%铁杉木纤维与 10%聚丙烯纤维(90H/10PP),80%铁杉木纤维与 10%聚乙稀纤维、10%酚醛树脂纤维(80H/10PE/10PF)复合,结果表明:80H/10PE/10PF 配比生产的复合板材,其物理力学性能均优于其他 2 种。

Mitra 等^[11]用无纺布工艺制造黄麻纤维增强 PF 的复合材料,通过用 CNSL 改性,降低黄麻纤维的吸水性,提高聚合物表面的润湿性,同时利用化学改性,实现了黄麻纤维与 PF 复合界面的良好结合,并提高了复合材料耐水性、拉伸强度和弯曲强度,但复合材料的热稳定性有所下降。另外,对黄麻纤维的预处理,可使复合材料具有一定的阻燃性。

中国林科院木材工业研究所木质纤维复合材料专题组^[12-13],利用红松木纤维和 PP 纤维研制复合材料。结果表明,木/塑复合材料中添加一定比例的 PP 有助于改善材料的模压性能,但复合材料成型板材的物理力学性能下降;对 PP 进行预处理,则可以提高复合材料成型板材的性能,而添加的预处理剂对复合材料的稳定性、滞燃性和模压性无显著影响。

1.2 木质纤维/塑料界面特性及改性处理

尽管木质纤维基复合材料优点众多,但最大的缺点是在室外应用的限制。如木质纤维具有较强的吸水性,原因是木质纤维表面存在有极性基团,而聚合物是非极性基团,二者结合时界面作用较弱,很难形成良好的融合体系,使其对水分吸收的抵制作用很小。为改善木质纤维与聚合物的界面结合,扩大其应用范围,研究者进行了大量的工作,而且已取得了许多成果^[12-15]:1) 木质纤维的改性。如木材表面的等离子体处理,木材表面或木纤维的酯化、醚化、加成聚合等化学接枝改性;2) 塑料原料的改性。如不同表面性质的塑料共混、共熔,形成塑料合金,塑料表面氧化处理等;3) 采用木/塑复合偶联剂。如硅烷类偶联剂、马来酸酐改性聚丙烯、马来酸酐改型聚苯乙烯等;4) 木/塑复合机理的研究。如机械互锁理论、吸附作用理论、界面扩散理论和弱边界层理论。包括木/塑复合形成的过程、结构、工艺因子和成分配比等对界面的影响以及界面相容性。

Kuruvilla Joseph 等^[16]用不同处理液(氢氧化钠,异氰酸酯,高锰酸钾和过氧化氢)分别对剑麻纤维进行化学处理来增强纤维与聚合物的界面结合。结果表明:此方法可不同程度地提高复合材料的拉伸强度。同时利用扫描电镜观察了复合材料的结构,从结合程度可以证明用 CTDIT(甲苯二异氰酸酯衍生物)处理,黄麻纤维的亲水性下降,而且黄麻/低密度聚酯复合材料的拉伸强度提高,复合材料中聚酯对黄麻纤维有较高的粘合性。用少量的过氧化氢作引发剂,在黄麻纤维表面与聚酯进行接枝,复合材料的拉伸性能增强。在黄麻纤维与低密度聚酯的混合体系中加入

低浓度的高锰酸钾可提高复合材料的机械性能。

上述几种处理方法中,过氧化氢对纤维的处理使复合材料的界面结合最强;碱处理可以提高纤维的韧性,中间空隙增大,有利于树脂侵入,提高界面性质,这些都有利于吸收能量,提高冲击强度。而未处理的纤维由果胶粘结成束,纤维在机体中分散性很差,导致其复合体系的冲击强度较差。

Jayamol 等^[3]归纳采用纤维表面等离子体处理的物理方法改性,采用硅烷偶联剂处理、异氰酸酯处理、接枝共聚、纤维浸注、碱溶胀和置换反应等化学改性。研究表明:通过改性,两者的界面结合增强,且不同改性方法对复合材料的性能有不同程度的提高。

2 木质纤维/塑料复合材料的应用前景

木/塑复合材料是一种新型复合材料,目前已成为木材和塑料材料领域研究的热点。对于木质纤维材料,木/塑复合是提高材料附加值的有效途径;而对于塑料材料,木质纤维/塑料复合是降低材料成本、提高热稳定性、开拓塑料应用领域的新手段。

木质纤维/塑料复合材料充分发挥各组分的优点,克服单一材料的缺点,改进材料的物理力学性能和加工性能,降低成本,提高附加值,扩大其应用范围。该材料经特殊加工、增强处理等可以获得普通木质人造板所不具有的性能。例如,重量轻,热稳定性好、尺寸稳定性好、可以制成各种断面形状的模式制品等。因此,在许多领域已部分成为钢材、塑料等主要工程材料的代用品。

目前,各汽车工业已开始大量使用木质纤维/塑料复合材料,生产的产品有:汽车门内衬板、行李箱、顶棚、座椅背板、衣帽架、仪表盘等。木质纤维作为隔热、隔音和阻尼材料,特别是作为聚合材料的填充和增强材料,因具有重量和成本方面的优势,在汽车内饰件制造中的作用愈来愈大,并开始用于汽车外部部件,如挡泥板衬和扰流板等的尝试。在德国,汽车制造商的宗旨是力求汽车的每一部件可再生和可生物降解。

以木质纤维/塑料复合材料为主的汽车内饰件在我国汽车行业的应用已进入起步阶段,2008年奥运会的体育场馆及临时设施的建设,均为木/塑复合材料为主的建材制品的制造商提供了巨大商机。

木质纤维/塑料复合材料是一种性能优异且利于环保的新型材料,随着整个社会对环境保护、能源和

材料节约利用的关注,木质纤维/塑料复合材料是一种有着良好应用前景的新材料。

参考文献:

- [1] Maldas D, Kokta B V. Preformance of hybrid reinforcement in pvc composites; Use of surface-modified mica and wood pulp as reinforcement[J]. Testing and Evaluation, 1993(21): 68-72.
- [2] Sanadi A R, Caulfield D F, Rowell R M. Reinforcing polypropylene with nnatural fibers[J]. Plastic Engineering, 1994(4): 27-28.
- [3] Jayamol George, Sreekala M S, Sabu Thomas. A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites [J]. Polymer Engineering and Science, 2001, 41(9): 1471-1485.
- [4] Chin H L, Porter R S. Composite of polyethylene and kenaf. a natural cellulose fiber[J]. Appl Polym Sci, 1994(54): 1781-1783.
- [5] Dilip Tambyrajah. Products made out of natural fibre composites- Creating systematically a new industry for Sisal, jute, abaca, coir and curaua fibre[R]. The Netherlands, FAO Hard Fibre Group Meeting, 2004.
- [6] Joseph K, Thomas S, Pavithran C. Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fiber reinforced polyethylene composites[J]. Polymer, 1996, 37(5): 139-5149.
- [7] Terry Sellers Jr, George D, Miller Jr, et al. Recycled thermoplastics rreinforced with renewable lignocellulosic materials[J]. Forest Products, 2000, (5): 50-56.
- [8] Pavithran C, Mukherjee P S, Brahmakumar M, et al. Impact properties of natural fibre composites [J]. Material Science Fillers, 1987(6): 882-884.
- [9] 王正, 郭文静, 高黎. 木塑复合刨花板性能、应用及发展趋势[J]. 人造板通讯, 2005(5): 12-15.
- [10] John A Youngquist, Andrzej M K, James H M, et al. Mechanical and physical properties of air-formed wood-fiber/polymer-fiber composite[J]. Forest Prod, 1992, 42(6): 42-48.
- [11] Mitra B C, Basak R K, Sarkar M. Studies on jute-reinforced composites, its limittions, and some solutions, through chemical modification of fibers[J]. Applied Polymer Sciense, 1998(67): 1093-1100.
- [12] 中国林科院木材工业研究所木质纤维复合材料专题组. 聚丙烯纤维对木塑纤维复合材料性能影响的初步研究[J]. 木材工业, 1997, 11(6): 5-7.
- [13] 中国林科院木材工业研究所木质纤维复合材料专题组. 木塑纤维复合材料力学性能平衡性初探[J]. 木材工业, 1998, 12(3): 19-21.
- [14] 王正. 木塑复合材料界面特性及其影响因子的研究[D]. 中国林科院博士论文, 2001.
- [15] Mahlberg R, Paaajanen L, ANurmi, et al. Effect of chemical modification of wood on the mechanical and adhesion properties of wood fiber/polypropylene [J]. Fiber and Polypropylene/ Ceneer Composites, 2001(59): 319-326.
- [16] Kuruvilla Joseph, Sabu Thomas. Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene composites[J]. Polymer, 1996, 37(23): 5139-5149.

(责任编辑 鲍加芬)