

木塑复合材料的成型加工及影响因素

李自强¹ 王传名¹ 孙 恒² 管从胜¹

(1. 山东大学化学与化工学院, 济南 250061; 2. 山东省思威化学品安全评价中心, 济南 250014)

摘要 以废旧塑料和木粉为原料,采用4份的硅烷偶联剂对木粉进行预处理,通过单螺杆挤出机造粒,模压成型方法制备木塑复合材料(WPC)。研究了模压成型工艺参数对WPC抗弯强度的影响,分析了WPC的表面形貌。结果表明,塑料与木粉质量比为1:1时,成型工艺因素对WPC抗弯强度影响程度的排序为:成型温度>成型时间>成型压力;在170℃、5 MPa条件下热压60 min,所得WPC的抗弯强度为31.16 MPa。

关键词 木塑复合材料 力学性能 工艺参数

木塑复合材料(WPC)是一种由木材或者纤维素为主要基础材料与塑料制成的复合材料,有着很大的发展潜力,具有广阔的市场前景^[1]。WPC将塑料与木材的优点结合为一体,具有使用寿命长、美观、可回收再生利用、生产成本低、防虫、防腐、抗滑、可喷涂、比纯塑料产品的硬度高、可与木材一样进行加工、粘接和固定等特点,因此WPC广泛应用于门窗、地板、墙壁的建筑材料、舰船材料、栅栏材料、家具材料、汽车材料等领域。随着WPC制备工艺和设备的完善,其将会在更多的领域得到广泛的应用。

木纤维与热塑性塑料的复合成型还存在许多问题,其中最重要的是界面相容性问题。木纤维表面含有大量的醇羟基,具有强极性和亲水性,而常用的聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯和聚苯乙烯的极性较小,二者的界面极性相差很大,很难直接实现界面的融合^[2-5]。

目前WPC生产中常用的方法有:挤出成型、模压成型和注射成型^[6-9]。以WPC模压成型为例,影响复合材料性能的工艺参数主要包括成型温度、成型时间和成型压力。随着成型工艺和生产设备的完善,木纤维及热塑性塑料的界面相容性问题将得到极大的改善^[10-11]。

笔者以热塑性废旧塑料和木粉为主要原料,采用硅烷偶联剂对木纤维进行表面改性,然后利用单螺杆挤出机造粒,最后利用模压成型的方法制备WPC,研究模压成型工艺条件对WPC抗弯强度的影响,确定了WPC模压成型的最佳工艺参数。

1 实验部分

1.1 主要原料

废旧塑料:主要成分为聚丙烯(PP)和聚乙烯(PE),粒度3~5 mm,市售;

木粉:实木锯末,济南市建筑木材加工厂;

硅烷偶联剂:KH-550,市售;

碳酸钙:分析纯,天津市广成化学试剂有限公司;

硬脂酸:化学纯,天津市广成化学试剂有限公司。

1.2 主要设备、仪器

数字显示拉压力实验机:LYS-50000型,济南精仪测试技术公司;

液压箱式电热炉:温度范围0~300℃、压力范围0~30 MPa,自制;

单螺杆挤出机:SJP45-SJP200型,沈阳塑料机械研究所;

金相显微镜:XJZ-6A型,南京江南永新光学有限公司。

1.3 试样制备

(1) 木粉预处理

将木粉粉碎、过筛,取粒径范围为180~380 μm的木粉,采用硅烷偶联剂KH-550进行预处理,干燥后备用。

(2) 挤出造粒

将预处理的木粉、废旧塑料、碳酸钙及硬脂酸等助剂按照配比加入单螺杆挤出机进行造粒,得到WPC预混料,挤出温度为150~160℃。为了使混料均匀,反复挤出2~3次。

(3) 模压成型

将预混粒料加入到模具中,设定炉温,控制加热速度为7℃/min,加热至设定温度后,加压至设定压力并保持一段时间,在恒压条件下随炉温自然冷却至室温,开模、裁切得到WPC试样。为了便于脱模,在模具内壁加一层聚四氟乙烯薄膜。

1.4 性能测试

抗弯强度按 GB/T 1936.1-1991 测试;

采用金相显微镜观察 WPC 试样的表面形貌并拍照。

2 结果与讨论

2.1 正交实验设计及结果分析

通过正交实验确定模压成型工艺参数, 在进行实验设计时固定以下条件: ①木粉与废旧塑料质量比为1:1; ②用 KH-550 对木粉进行预处理, KH-550 的用量为 4 份; ③添加质量分数为 5% 的碳酸钙和 30% 的硬脂酸对木粉进行包覆处理。其中, 硬脂酸的作用为对碳酸钙进行表面活化改性、提高与木粉的相容性, 同时作为润滑剂来改善熔体的流动性和 WPC 的表面质量。

确定模压成型温度、时间和压力 3 个工艺因素的取值范围, 制定因素水平表, 如表 1 所示。并选择正交表 $L_9(3^4)$ 安排实验方案, 因衡量 WPC 力学性能的指标以抗弯强度最具代表性, 故以此为考察指标进行实验, 结果如表 2 所示。

水平	因 素		
	成型温度 / $^{\circ}\text{C}$	成型时间 /min	成型压力 /MPa
1	150	30	5
2	170	45	7.5
3	190	60	10

表 2 正交实验方案及结果分析				
实验编号	成型温度 / $^{\circ}\text{C}$	成型时间 /min	成型压力 /MPa	抗弯强度 /MPa
I	1	1	1	24.98
II	1	2	2	25.23
III	1	3	3	25.56
IV	2	1	2	26.74
V	2	2	3	29.25
VI	2	3	1	31.16
VII	3	1	3	27.20
VIII	3	2	1	27.69
IX	3	3	2	30.34
K1	25.26	26.31	27.94	
K2	29.05	27.39	27.44	
K3	28.41	29.02	27.34	
R	3.79	2.71	0.60	

注: K_1 、 K_2 、 K_3 为计算得到的各个因素水平和的平均值, R 值为极差, 其大小反应因素的影响程度, 极差越大, 该因素对结果的影响越大, 反之亦然。

由表 2 可以看出, 对 WPC 抗弯强度影响程度最大的因素为成型温度, 成型压力的影响程度最小。由 K 值的大小得到 WPC 的最佳成型工艺参数为: 成型温度 170°C 、成型时间 60 min、成型压力 5 MPa。此时, WPC 的抗弯强度为 31.16 MPa。

为了验证正交实验结果及更好的分析各个因素对实验结果的影响, 将表 1 中各个因素分别进行了单独分析, 以确定工艺参数的变化对 WPC 抗弯强度的影响。

2.2 成型温度对 WPC 抗弯强度的影响

在成型压力为 5 MPa、成型时间为 60 min 的条件下, 研究成型温度对 WPC 抗弯强度的影响, 结果如图 1 所示。

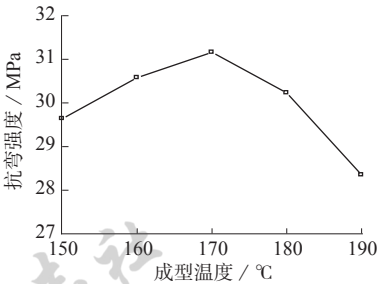


图 1 成型温度对 WPC 抗弯强度的影响

由图 1 可以看出, 成型温度低于 170°C 时, WPC 的抗弯强度随着成型温度的升高而增大, 这是因为塑料的流动性随温度升高而增强, 从而使其对木纤维表面的浸润和铺展更好, 有利于两组分的混合均匀; 成型温度高于 170°C 时, WPC 的抗弯强度随着温度的升高而减小, 这是因为当温度高于 170°C 时, 木纤维可能发生部分炭化导致其对 WPC 增强作用减弱的缘故; 在 170°C 时, WPC 的抗弯强度出现最大值, 这是因为此温度下塑料的流动性最佳而木纤维炭化相对较少, 木纤维的增强作用明显, 因此复合材料的抗弯强度达到最大值。

2.3 成型时间对 WPC 抗弯强度的影响

对于 WPC, 木纤维和塑料两相界面的形成过程, 实质上就是塑料在木纤维表面的浸润和铺展过程, 所以浸润时间是一个重要的因素。一方面, 随着成型时间的延长, 塑料在木纤维表面的流动性和铺展效果越好, 越有利于提高 WPC 的抗弯强度; 另一方面, 塑料在木纤维表面分布均匀情况也会影响 WPC 的抗弯强度。在成型温度为 170°C 、成型压力为 5 MPa 的条件下, 研究成型时间对 WPC 抗弯强度的影响, 结果如图 2 所示。

由图 2 可以看出, 成型时间小于 60 min 时, WPC 的抗弯强度随成型时间延长而增大, 说明塑料在木纤维表面的浸润和铺展起主导作用; 成型时间为 60 ~70 min, 抗弯强度基本不变, 说明此时开始出现塑料分布不均匀现象, 并与塑料的浸润和铺展性能的提高相互抵消; 成型时间大于 70 min 时, 抗弯

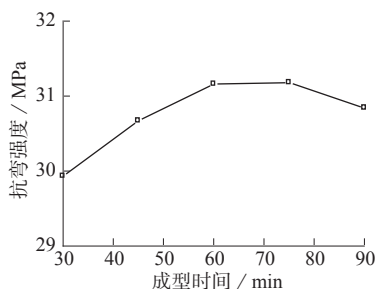


图2 成型时间对 WPC 抗弯强度的影响

强度随时间延长而有所减小,说明塑料分布不均匀现象占主导作用。

2.4 成型压力对 WPC 抗弯强度的影响

在成型温度为 170℃、成型时间为 60 min 的条件下,研究成型压力对 WPC 抗弯强度的影响,结果如图 3 所示。由图 3 可以看出,成型压力对 WPC 抗弯强度的影响没有明显规律,且 WPC 的抗弯强度随成型压力的变化基本稳定在 31 MPa 左右,这说明成型压力对 WPC 抗弯强度的影响程度较小,这与正交实验的分析结果是一致的。

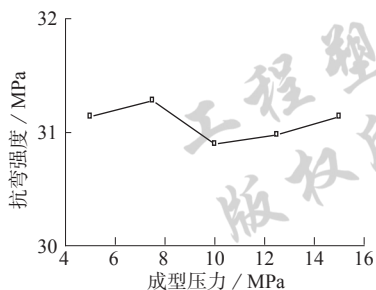


图3 成型压力对 WPC 抗弯强度的影响

2.5 WPC 的表面形貌

通过金相显微镜对 WPC 试样的表面形貌进行观察,结果如图 4 所示。由图 4 可以看出,塑料和木粉分布均匀,相互之间结合牢固,相分离现象较不突出,材料孔隙率低。

4 结论

(1) 模压成型工艺对 WPC 抗弯强度的影响程度从高到低依次为:成型温度 > 成型时间 > 成型压力。

(2) 在 150 ~190℃条件下, WPC 抗弯强度随温度升高先增大,在 170℃达到最大值后又减小;成型时间在 30 ~70 min 范围内, WPC 抗弯强度随成型时



图4 WPC 的表面形貌照片

a— ×100; b— ×400

间的增加而增大,在 70 min 之后又缓慢减小;成型压力对于 WPC 力学性能的影响程度较低。

(3) 采用 4 份的 KH-550 对木粉进行处理,添加质量分数为 5% 的碳酸钙和 30% 的硬脂酸,当木粉与废旧塑料质量比为 1:1 时,在成型温度 170℃、成型压力 5 MPa、压型时间 60 min 的条件下, WPC 具有最佳的抗弯强度,为 31.6 MPa。

参考文献

- [1] 蔡绍祥,喻云水.木塑复合材料的应用及其发展前景[J].西部林业科学,2005,34(2):113-117.
- [2] 陈国昌,李超勤,刘莉,等.相容剂对聚丙烯/木粉复合材料的影响[J].塑料,2005,34(2):67-69.
- [3] 姜洪丽,李斌.界面相容剂对 PE-HD/木粉复合材料力学性能的影响[J].高分子材料科学与工程,2005,21(2):204-207.
- [4] 殷小春,任鸿烈.对改善木塑复合材料表面相容性因素的探讨[J].塑料,2002,31(4):25-28.
- [5] 滕国敏,张勇,万超瑛,等.木塑复合材料的界面改性方法[J].化工新型材料,2005,33(5):7-9.
- [6] 季建仁.木塑复合材料加工工艺初探[J].塑料制造,2006(7):55-57.
- [7] 许民,王清文,宋永明,等.混炼工艺参数对木/塑复合材料性能的影响[J].木材工业,2006,20(3):7-9.
- [8] Matuana L M, Woodhams R T, Balatinecz J J, et al. Influence of interfacial on the properties of PVC/cellulosic fiber composites[J]. Polymer Composites, 1998, 19(4): 446-455.
- [9] iao Bing, Huang Yuhui, Cong Guangmin. Influence of modified wood fiber on the mechanical properties of wood fiber-reinforced polyethylene[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1997, 66: 1561-1568.
- [10] 肖亚航,傅敏士.木粉/ABS 复合材料的热压成型工艺研究[J].塑料工业,2004,32(12):58-60.
- [11] 李思远,杨伟,杨鸣波.木塑复合材料挤出成型工艺及性能的研究[J].塑料工业,2003,31(11):22-24.

MOLDING PROCESS AND INFLUENCING FACTORS OF WOOD-PLASTIC COMPOSITE

Li Ziqiang¹, Wang Chuanming¹, Sun Heng², Guan Congsheng¹

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China;

2. Shandong Province Siwei Evaluation Center of Safety for Chemicals, Jinan 250014, China)

ABSTRACT The recycling plastic and wood powder were adopted as raw materials and wood powder was pretreated by silane

coupling agent whose content was 4 phr, then the wood-plastic composite(WPC) was prepared by the method of extrusion pelletization and compression molding. The effect of compression molding process parameters on the buckling strength of WPC was studied and the surface morphology of WPC was analyzed. The results indicated that the order of the influence degree of molding process parameters on buckling strength of WPC was as follows: molding temperature > molding time > pressing forces when the quality proportion of plastic and wood powder was 1 : 1. The buckling strength of WPC reached 31.16 MPa while heat pressing 60 minutes at the condition of 170 °C and 5 MPa.

KEYWORDS wood-plastic composite, mechanical property, process parameter



第二届 JEC 国际复合材料 亚洲展金秋在新加坡开幕

继 2008 年首届 JEC 亚洲复合材料展会的巨大成功(300 多家复合材料产业的领头企业在展会上展出了他们的创新和前沿技术)之后,第二届 JEC 亚洲复合材料展将于 2009 年 10 月 14 日-16 日在新加坡达城国际展览中心举行。第二届 JEC 国际复合材料亚洲展的主题是“生产流程的自动化”。2009 年第二届 JEC 亚洲复合材料展由拥有强大网络的国际复合材料组织 JEC 举办,JEC 的强大网络保证了来自整个亚太地区的行业领先公司的参加,包括一些 2009 年新加入的企业,如澳大利亚、马来西亚、新西兰和越南等国家企业的参与。本次展会反映了复合材料产业在中东地区、亚太地区、澳大利亚和新西兰地区的巨大增长潜力。第二届 JEC 亚洲复合材料展为复合材料领域在当前经济危机形势下的振兴提供了新方案和新观念。

第二届亚洲复合材料展的两大特点是亚洲量身定做的技术内容和进入终端市场。公众的直接投资和有利法规推动了主要市场的增长。今年 JEC 亚洲复合材料展览会的焦点是与来自建筑、基建、航空、汽车、海洋、可再生能源(特别关注风能)领域的终端用户进行交流与会晤。天然纤维和生物复合材料将为住宅、汽车、交通运输和生活消费品提供新的绿色解决方案。今年展会的焦点将集中在例如澳大利亚、中国大陆、中国台湾、印度、印度尼西亚、新西兰、马来西亚、韩国、新加坡和日本的复合材料企业所取得的成就上。

第二届 JEC 亚洲复合材料展将有来自复合材料产业价值链的各个环节的领袖公司参展,其中包括原材料生产商(玻璃、玄武岩、碳纤维、热塑和热固性树脂、天然纤维等),半成品和部件加工商[复合物、预浸处理、核心材料、纺织品、手工加工、片状模塑料(SMC)、玻璃纤维毡增强热塑性复合材料(GMT)、团状模塑料(BMC)、注射、树脂传递膜技术(RTM)、反应注射成型技术(RIM)、拉挤成型、夹叠粘合成型、离心、绕线等],设备和软件制造商,经销商,研究中心和研究所。亚德环境科技有限公司、澳大利亚复合材料有限公司、Autonational BV、Balseurop Ecuato Espanola SL、Dassault、德意大利塑料机械有限公司、中国恒石纤维基业有限公司、中国华美复合新材料有限公司、Fleissner GmbH、Jushi、Lynden Air Cargo、MCLUBE Asia PVT Ltd、Nida Core、P le de Plasturgie de l'Est 等主要企业均已确认参加。

第二届 JEC 亚洲复合材料展已经确认了六个国家级展

馆和一个地区展馆,包括澳大利亚(2009 年新加入)、中国大陆、中国台湾、印度、日本、韩国和法国。

2009 年第二届 JEC 亚洲复合材料展也有来自研究所和科学界的支持,例如汉阳大学(韩国)、新加坡国立大学、新加坡科技研究局、新加坡建设局、新加坡路运局、斯坦福大学(美国)、新加坡旅游局和新加坡经济发展局等。(代)

聚氨酯(PUR)正在成为国内的屋面保温主导材料

建筑业用 PUR 硬泡体保温材料是 PUR 工业的一个重要分支,其特点是一材多用,同时具备保温、防水等功能。该类产品自 20 世纪 60 年代在欧洲建筑业应用以来已有 40 年历史,一些国家还通过立法把 PUR 作为建筑业指定的保温防水用材。近年来,随着我国建筑节能市场的迅速发展,PUR 硬泡保温材料在建筑保温防水领域得到了广泛的应用,已成为主导市场的保温节能产品之一。

作为建筑保温防水一体化材料,PUR 硬泡保温材料打破了传统建材功能单一——防水的不保温,保温的不防水,防水层一旦出现渗漏保温层随即失去保温功能的通病。与其它单功能保温或防水材料相比,PUR 硬泡保温材料具有明显的优势:①PUR 硬泡保温材料具有一材多用的功能,同时具备保温、防水、隔音、吸振等诸多功能。②保温性能卓越,是目前国内所有建材中导热系数最低(≤ 0.024)、热阻值最高的保温材料,导热系数仅为发泡聚苯乙烯(EPS)板的一半。③PUR 硬泡保温材料连续致密的表皮和近于 100% 的高强度互联壁闭孔具有理想的不透水性。采用喷涂法施工达到防水保温层连续无缝隙,形成无缝屋盖和整体外墙保温壳体,防水抗渗性能优异。④超强的自粘性能(无需任何中间粘结材料),与屋面及外墙粘结牢固,抗风揭和抗负风压性能良好;整体喷涂施工,完全消除“热节”和“冷桥”;柔性渐变技术可有效阻止防水层开裂;机械化作业、自动配料、质量均一、施工快、周期短。⑤化学性质稳定,使用寿命长,对周围环境不构成污染;离明火自熄,且燃烧时只炭化不滴淌,炭化层尺寸和外形基本不变,能有效隔断空气的进入,阻止火势的蔓延,防火安全性能好。

作为目前唯一的保温防水一体化新型建材,PUR 硬泡保温材料在国内建筑业的应用尚处于初始阶段。可喜的是,为加快建筑保温材料的革新,促进 PUR 硬泡保温材料在建筑节能领域的推广应用,建设部专门成立了“聚氨酯建筑节能应用推广工作组”,以推进 PUR 硬泡保温材料在国内建筑节能行业的应用。(中塑网)