

# Study on the Properties of Wood Fiber/PVC Composites Reinforced by Carbon Fiber

Mingming Mu<sup>1</sup>, Guangming Yuan<sup>1,2\*</sup>, Linfu Liang<sup>1</sup>, Linpeng Tan<sup>1</sup>, Shiyao Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Materials Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha Hunan

<sup>2</sup>Hunan Collaborative Innovation Center for Effective Utilizing of Wood & Bamboo Resource, Changsha Hunan  
Email: mu1ming1ming5@163.com, ygm1237@163.com

Received: Oct. 24<sup>th</sup>, 2018; accepted: Nov. 7<sup>th</sup>, 2018; published: Nov. 14<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

A small amount of chopped carbon fiber (SCF) with excellent mechanical properties and surface treatment with strong oxidant was introduced into the wood powder (WF)-polyvinyl chloride (PVC) composite system, and the high-performance SCF-WF/PVC composite was prepared by compression molding. The mechanical properties of the composites obtained showed that the mechanical properties of the composites were the best when the mass ratio of SCF to WF was 15:85. At this time, the tensile strength, bending strength and impact strength of the composite materials which were not added were increased by 34.60%, 28.03% and 21.82%, respectively. SEM showed that the surface roughness of SCF increased after surface treatment, while FT-IR indicated that the surface of SCF was oxidized by concentrated nitric acid to oxygen-containing groups (C=O and C-O). Therefore, the interface with PVC resin matrix is improved; TGA shows that the impact of the thermal properties of SCF content on composites is significant.

## Keywords

Chopped Carbon Fiber, Surface Modification, Composites, Mechanical Properties, Material Characterization

# 碳纤维增强木质纤维/聚氯乙烯复合材料的性能研究

牟明明<sup>1</sup>, 袁光明<sup>1,2\*</sup>, 梁林富<sup>1</sup>, 谭林朋<sup>1</sup>, 陈世尧<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中南林业科技大学材料科学与工程学院, 湖南 长沙

<sup>2</sup>“木竹资源高效利用”湖南省高校2011协同创新中心, 湖南 长沙  
Email: mu1ming1ming5@163.com, ygm1237@163.com

收稿日期: 2018年10月24日; 录用日期: 2018年11月7日; 发布日期: 2018年11月14日

\*通讯作者。

## 摘要

在木粉(WF)-聚氯乙烯(PVC)复合体系中引入少量力学性能优良、经强氧化剂表面处理的短切碳纤维(SCF),模压成型以期制备高性能SCF-WF/PVC复合材料。检测所获复合材料力学性能结果表明:SCF与WF质量比为15:85时,复合材料力学性能最优;此时相对未添加的复合材料,其拉伸强度、弯曲强度及冲击强度分别提高了34.60%、28.03%及21.82%。对复合材料进行结构表征,SEM结果表明SCF经表面处理后,表面粗糙度增大,而FT-IR表明SCF表面被浓硝酸氧化成含氧基团(C=O与C-O),因而其与PVC树脂基体的界面结合得到提高;TGA分析表明:SCF含量对复合材料的热性能影响明显。

## 关键词

短切碳纤维, 表面改性, 复合材料, 力学性能, 材料表征

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

木塑复合材料(WPC)是以木质纤维等植物纤维为基体,与一种或多种热塑性塑料复合而成,应用广泛[1][2][3][4];它可减少木材资源的依赖,也可减轻塑料污染[5]。但WPC力学性能普遍偏低,限制了其应用空间;如提高WPC的力学性能,则能极大地拓展其应用领域[6][7]。

高性能纤维能极大地提高WPC的力学性能。Jarukumjorn等[8]将玻璃纤维添加到剑麻纤维/聚丙烯体系中,复合材料的拉伸、弯曲、抗冲击、耐热及耐水性能均得到提高;关苏军等[9]发现添加一定质量分数的玄武岩纤维时,复合材料的力学强度显著提高;Jamal等[10]研究表明,添加经NaOH溶液处理后的芳纶纤维(Kevlar),WPC的性能得到了极大提高;Shim等[11]发现红麻纤维、亚麻纤维对WPC能增强力学性能。

短切碳纤维(SCF)是一种力学性能优异的材料,可与其它基体材料复合制备高强度、高模量、耐酸碱腐蚀、且具较好耐疲劳性能的材料,在航空航天材料及高温设备等领域应用非常广泛[12][13][14]。目前用SCF增强WPC力学性能的研究较少;又因SCF表面的活性官能团较少,反应活性差,导致SCF与PVC基体界面粘结性较差,为优化复合材料界面,需先对SCF进行表面处理;方法主要有空气氧化法、液相氧化法、等离子体氧化法和电化学氧化法等[15]。本文采用经浓硝酸液相氧化法表面处理SCF用以增强WPC,探究其与WPC力学性能及微观结构的关系。

## 2. 实验材料及方法

### 2.1. 材料与试剂

SCF:长度3 mm,直径7~9  $\mu\text{m}$ ,沈阳中恒复合材料有限公司;杨木纤维粉体(WF):粒径250  $\mu\text{m}$ ,浙江临安银厚木粉厂;聚氯乙烯(PVC):聚合度为107~118,新疆天业集团有限公司; $\gamma$ -氨丙基三乙氧基硅烷(KH-550):纯度 $\geq 98\%$ ,广州忆璋盛化工有限公司;邻苯二甲酸二辛酯(DOP),工业级,冠县天洋橡胶助剂有限公司;石蜡,工业级,武汉永弘盛化工有限公司。

## 2.2. 试验设备

高速搅拌机：HS-50 型；双辊开炼机：XK160 型；粉碎机：PC-30 型；热压机：Y33-50 型；超声波清洗器：KM-800VDE-2；力学性能测试仪：HY-0230 型；采用美国 Q50 TGA analyzer (TA instruments, USA)分析复合材料的热力学性能。红外光谱仪，型号：IRAffini-ty-1，波数范围：500~4000  $\text{cm}^{-1}$ ，日本 SHIMADU 产。扫描电镜仪，型号：Quanta450，美国 FEI 公司产。

## 2.3. 复合材料制备

### 2.3.1. 短切碳纤维改性

基于前期研究，本试验选用浓硝酸表面改性 SCF，即将 SCF 置入浓度为 70%的浓硝酸溶液中，在 80℃ 下恒温水浴锅中加热 1 h，在超声波清洗机中用蒸馏水超声清洗 SCF 至中性，再将 SCF 在 100℃ 下干燥 6 h 后备用。同时用蒸馏水对未进行表面处理的 SCF 超声清洗并干燥。对上述硝酸液体重复使用；当不再使用时，废液中加入适量纯碱-硝石灰；生成中性的硝酸盐溶液后存于废液桶中[16]。

### 2.3.2. 木粉改性

用 8 wt%浓度的 NaOH 溶液预处理杨木纤维 36 h，去除其表面杂质、灰分等，再用蒸馏水洗涤至中性，在 100℃ 下干燥 12 h 后，再与偶联剂 KH-550 混合均匀干燥备用。

### 2.3.3. 复合材料的制备

将 SCF、WF、PVC、塑化剂 DOP、润滑剂石蜡(Wax)、稳定剂(Stabilizer)等投放至高速搅拌机中混合均匀，混合温度 80℃，混合时间 10 min，其中各组分比例见表 1，表 2。

**Table 1.** The ingredients for the composites

**表 1.** 复合材料的成分

Sample	SCF	WF	PVC	DOP	Wax	Stabilizer
s-0	0	100	140	40	2	10
s-5	5	95	140	40	2	10
s-10	10	90	140	40	2	10
s-15	15	85	140	40	2	10
s-20	20	80	140	40	2	10
s-25	25	75	140	40	2	10

**Table 2.** The ingredients for the composites

**表 2.** 复合材料的成分

Sample	Unprocessed SCF	WF	PVC	DOP	wax	Stabilizer
a-15	15	85	140	40	2	10

将混合均匀的物料加入双辊开炼机，160℃ 下混炼 20 min 至熔融状态。待其冷却后，用塑料粉碎机粉碎成无规则颗粒放入模具，将模具置于热压机中进行预热、热压成型。热压温度 170℃，热压压力 10 MPa，热压时间 20 min。复合材料热压成型后通冷却水进行冷却降温。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 力学性能分析

将 SCF 与 WF 的质量比作为变量制备复合材料，研究 SCF 质量分数对复合材料力学性能的影响。拉

伸强度参照 ASTM D638-03 进行测试, 拉伸速度为  $5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ; 试件为标准哑铃型试件, 长度 165 mm, 两端宽度 19 mm, 中间测试部分宽度为 13 mm, 标距为 50 mm, 弧半径为 76 mm, 每组 6 个重复样。弯曲强度参照 ASTM D790-03 标准进行测试, 试件长度 80 mm, 宽度 13 mm, 支点跨距为 64 mm, 加压速度为  $2 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ , 每组 8 个重复样。冲击强度参照 GB/T 1043.1-2008 标准在组合冲击试验机上进行测试, 试件长度 80 mm, 宽度 10 mm, 跨距为 60 mm, 冲击速度为  $2.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 锤摆能量为 2 J, 每组 10 个重复样。

### 3.1.1. 拉伸强度

由图 1 知, 未添加 SCF 时, 复合材料的拉伸强度为 28.9 MPa, 随着 SCF 含量的增加, 拉伸强度依次增大, 当 SCF 与 WF 质量比为 15:85 (s-15) 时, 拉伸强度达到最大值 38.9 MPa, 比未添加的提高了 34.60%; 当 SCF 含量继续增大, 拉伸强度反而开始下降。原因可能是: SCF 具有高弹性、高模量, 在复合材料拉伸断裂过程中, SCF 是应力的主要承载组分; 随着 SCF 含量增大, 复合材料抵抗变形的能力增大, 其拉伸性能从而增强; 当 SCF 含量超过一定量时, SCF 在高速搅拌与熔融混炼过程中容易发生团聚, 分散性较差, 部分团聚在一起的 SCF 不能被树脂充分渗透, 形成应力集中点, 当受到外力作用时容易断裂, 造成其拉伸强度下降。

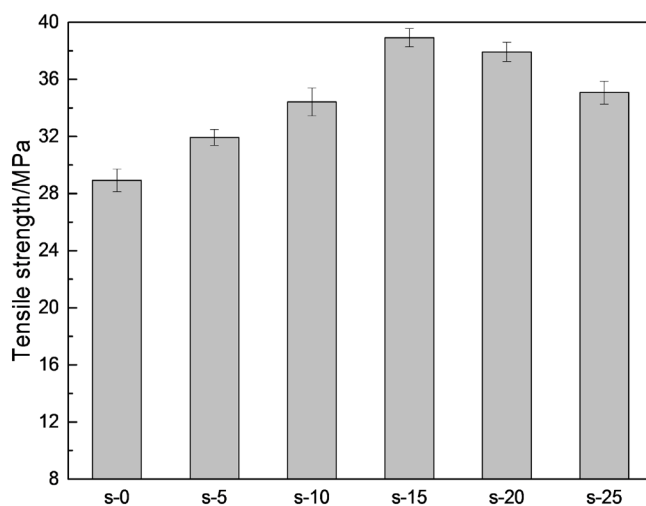


Figure.1. The tensile strength of the composites

图 1. 复合材料的拉伸强度

### 3.1.2. 弯曲强度

由图 2 知, 弯曲强度的变化趋势与拉伸强度的变化趋势大体相似, 都是先增大后减小。未添加 SCF 时, 弯曲强度为 47.8 MPa, SCF 与 WF 质量比为 15:85 (s-15) 时, 弯曲强度达到最大值 61.2 MPa, 提高了 28.03%, 随后弯曲强度开始逐渐下降。原因可能是: SCF 含量较少时会在复合材料中分散较均匀, 能被树脂充分浸透从而形成致密的界面, 当受到外力作用时, 通过界面把载荷有效地传递给高强度高模量的 SCF; 当 SCF 含量超过一定量时, 树脂不能充分浸透 SCF, 团聚成絮状的 SCF 和 PVC 树脂所形成的界面结合不紧密, 当受到外力作用时, 应力传递滞后, 更容易把 SCF 从 PVC 树脂中拔出, 从而使得复合材料的弯曲强度下降。

### 3.1.3. 冲击强度

冲击强度是表征材料韧性的一个指标, 冲击强度越大表明材料韧性越好; 由图 3 知, 当 SCF 与 WF

质量比为 15:85 (s-15)时, 冲击强度达到最大值 10.16 kJ/m<sup>2</sup>, 比未添加的提高了 21.82%; 随着 SCF 含量增大, 冲击强度逐渐降低, SCF 与 WF 质量比为 25:75 (s-25)时, 下降至 7.71 kJ/m<sup>2</sup>。这可能是少量的 SCF 能与树脂形成良好的界面, 界面的结合能在一定程度上抑制裂纹的进一步扩展, 从而使得复合材料的抗冲击性能提高; 抗冲击性能下降的原因也是因为过量的 SCF 发生团聚, 阻碍了致密界面的形成。

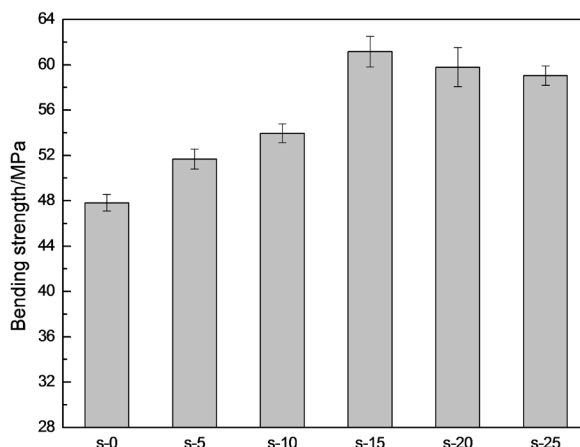


Figure 2. The bending strength of the composites  
图 2. 复合材料的弯曲强度

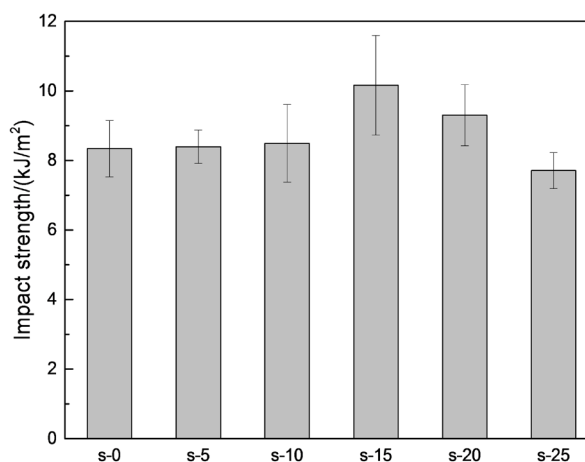


Figure 3. The impact strength of the composites  
图 3. 复合材料的冲击强度

### 3.1.4. 碳纤维表面处理对复合材料的影响

表 3 显示在加入 SCF 后, 复合材料的各项力学性能都得到了一定程度的提高; 但加入等量的 SCF 时, 经表面处理的 SCF 对复合材料的各项力学性能比未处理的效果好, 分别提高了 9%、23.3%、7.2%。

Table 3. Mechanical properties of additive treated and untreated SCF composites

表 3. 添加处理和未处理 SCF 复合材料力学性能

Sample	tensile strength	bending strength	impact strength
s-0	29.1	47.9	8.3
s-15	38.7	61.5	10.3
a-15	35.4	58.3	9.6

## 3.2. 碳纤维及复合材料的微观结构

### 3.2.1. 碳纤维的 SEM

由图 4 可知未改性的 SCF 表面十分光滑, 没有凹坑与沟槽, 粗糙度较小; 经浓硝酸表面改性处理后, 因表面刻蚀严重而凹凸不平, 出现了较多刻痕, 表面粗糙度增大。一方面, SCF 比表面积变大, 增大了与树脂基体的接触面积; 另一方面, SCF 表面粗糙度增大使其与其他成分的相对移动变得更加困难; 通过形成紧密的界面结合, 增强了复合材料的力学强度。

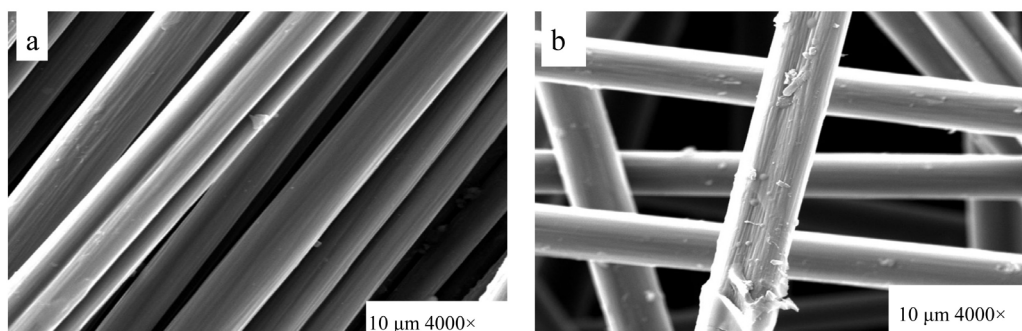


Figure 4. The microscopic appearance of carbon fiber before and after modification, (a) unprocessed SCF, (b) treated SCF  
图 4. 碳纤维改性前后的 SEM, (a) 未处理 SCF, (b) 处理后 SCF

### 3.2.2. 复合材料的微观结构

由图 5(b)、(c)可知, 当 SCF 含量较少时, SCF 彼此独立分布在复合材料中, 力学性能提高不明显, 这可能是由于起载荷传递作用的 SCF 的含量少未能起主导作用、SCF 吸收冲击能量的能力较小、且与其他组分的相互作用力较小; 图 5(d)表明 SCF 与基体形成了良好的界面结合, SCF 表面粗糙, 分布均匀, 被树脂均匀包裹; 图 5(e)-(f)可知随着 SCF 含量的再次增加, 复合材料的树脂明显不足以完全包裹 SCF, SCF 裸露、分布不均。图 5 表明在 SCF 与树脂结合良好的情况下, SCF 能够有效增强复合材料承受外力的能力, 在宏观上表现为其拉伸强度、弯曲强度和弯曲模量等力学性能的大幅度提高; 若加入过多的 SCF, 虽对提高复合材料的力学性能有一定的作用, 但过量的 SCF 只是机械地填充在复合材料中, 并容易出现缺陷, 增强效果有限。

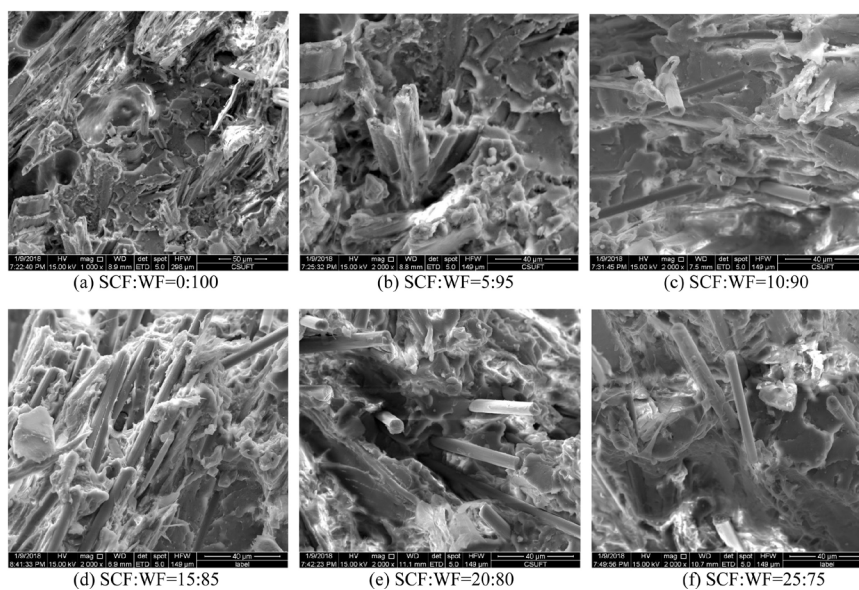
## 3.3. 红外光谱分析

碳纤维表面改性前后的红外谱图见图 6, 处理后在波数  $2860\text{ cm}^{-1}$  (C-H)和  $1650\text{ cm}^{-1}$  (C=O)两处的峰显现明显, 说明 SCF 经浓硝酸改性处理后, 表面部分反应活性差的官能团被氧化成含氧基团 C=O。由于碳纤维与基体界面结合的含氧官能团增多, 所以碳纤维与木塑材料的结合更加牢固, 使得碳纤维增强效果得到明显增强。

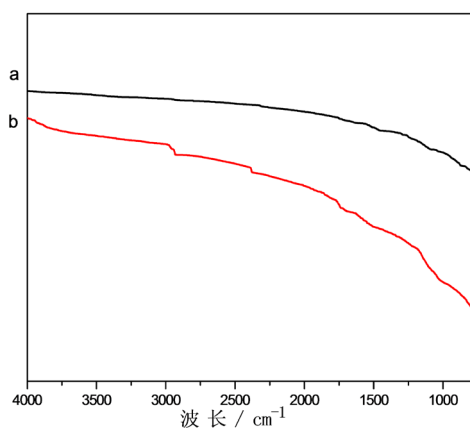
图 7 中波数  $3431\text{ cm}^{-1}$  处附近的吸收峰对应来自于 WF 表面的游离羟基(-OH)的伸缩振动峰与弯曲振动峰。随着 SCF 含量的增大, WF 所占比例减小, 因此游离羟基数量减少, 相对应的羟基吸收峰强度降低, 波数  $1650\text{ cm}^{-1}$ 、 $1035\text{ cm}^{-1}$  分别对应羰基(C=O)与碳氧单键(C-O)的吸收峰, 随着 SCF 含量增大, 两吸收峰依次增大。

## 3.4. 复合材料的耐热性能

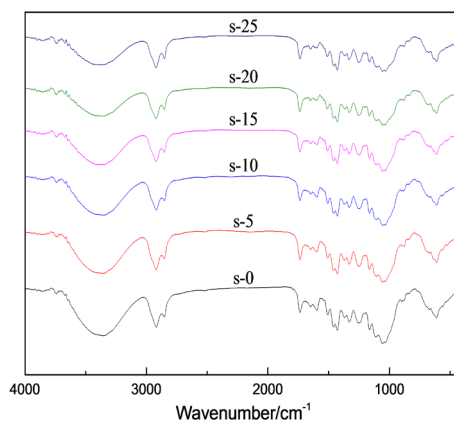
由图 8 可知, WF 的热分解过程中只有一个失重阶段, 是因 WF 干燥时其游离水被去除且表面羟基发生了脱水, 因此 WF 的热解过程中不存在游离水的失重, WF 的失重阶段发生在  $200.0^{\circ}\text{C}\sim 400.0^{\circ}\text{C}$ , 最终的残留率为 25%, 在  $361.0^{\circ}\text{C}$  时 WF 的热分解速率达到最大值  $10.48\%\cdot\text{min}^{-1}$ , 此时 WF 的残留率为 65.36%。



**Figure 5.** The microstructural morphology of the composites  
**图 5.** 复合材料的 SEM



**Figure 6.** The FTIR spectrum of SCF, (a) unprocessed SCF, (b) treated SCF  
**图 6.** 短切碳纤维的红外光谱, (a) 未改性 SCF, (b) 改性 SCF



**Figure 7.** The FTIR spectrum of the composites  
**图 7.** 复合材料的红外光谱

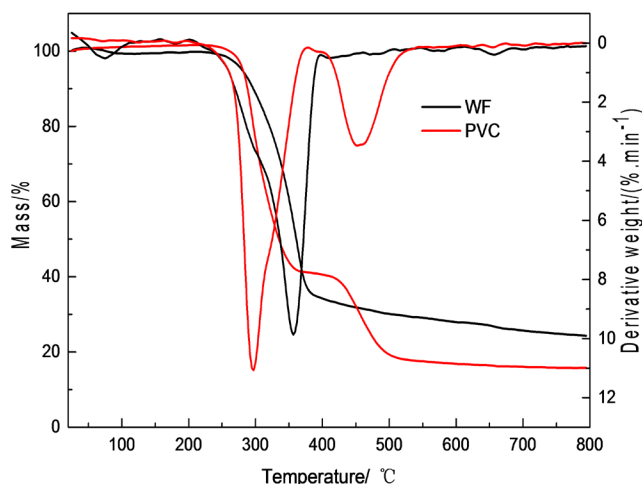


Figure 8. TG and DTG curves of WF and PVC [17]  
 图 8. 木纤维(WF)与聚氯乙烯(PVC)的 TG 和 DTG 曲线[17]

PVC 的热分解发生在两个温度区间, 第一个热分解阶段发生在 220°C~370°C, 在这一阶段中 PVC 分子链炭骨架发生断裂, 产生副产物 HCl, 此阶段 294.5°C 时分解速率达到最大值 11.01%·min<sup>-1</sup>, 此时 PVC 的残留率为 82.69%; 第二个热分解阶段发生在 400°C~550°C, 此热降解过程中 PVC 分子链彼此之间产生交联, 同时发生了同分异构化的现象, 并伴随着少量的具有催化作用的 HCl 气体生成。在 PVC 分解的第二个过程中, 457°C 时 PVC 的分解速率达到最大值 3.55%·min<sup>-1</sup>, 此时 PVC 的残留率为 30% [17]。

由图 9 可知, 复合材料的热降解规律大体为两个主要质量损失区域。在 200°C~350°C 时, 复合材料热降解比较剧烈, 295°C 时分解速率达到最大值 0.81%·min<sup>-1</sup>, 此时复合材料残留率为 61%, 质量损失 39%; 在 350°C~550°C 发生第二阶段的热降解, 热降解的速率相对缓慢, 这一阶段实质是复合材料中的 PVC 在发生热降解, 第一阶段的热降解过程中产生的部分残留物质对第二阶段的热降解具有促进作用, 所以复合材料在第二阶段的热降解速率要大于纯 PVC 的降解, 温度为 447.8°C 时复合材料在第二阶段的热降解速率达到最大值 0.35%·min<sup>-1</sup>, 此时复合材料质量残留率为 25.76%。SCF 具有很高的耐烧蚀温度, 其含量高, 复合材料的最终残留率越大(表 4)。

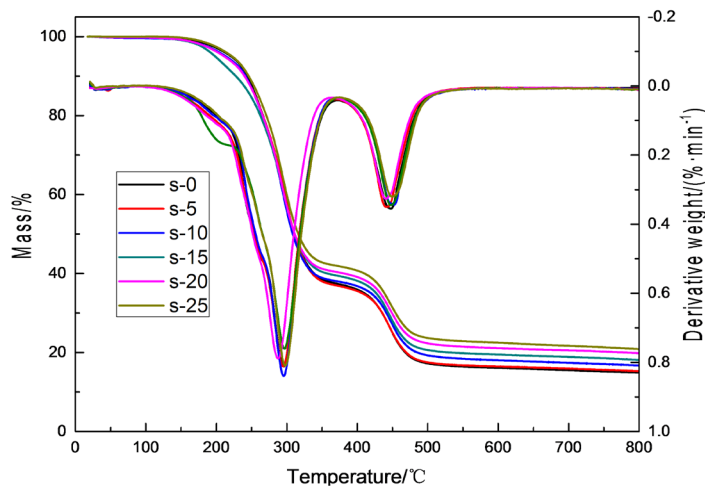


Figure 9. TG and DTG curves of the composites  
 图 9. 复合材料的 TG 和 DTG 曲线



**Table 4.** The TG and DTG result of pyrolysis process of PVC and composites in two stages  
**表 4.** 聚氯乙烯及复合材料热解过程中两个阶段的 TG 和 DTG 结果

Stage	Sample	Range of temperature/°C	$T_{\max}/^{\circ}\text{C}$	Mass/%	Derivative mass/(%·min <sup>-1</sup> )
First stage	PVC	220.0~370.0	294.5	82.69	11.01
	composites	200.0~350.0	295.0	61.23	0.81
Second stag	PVC	400.0~550.0	457.0	30.00	3.55
	composites	350.0~550.0	447.8	25.76	0.35

## 4. 结论

1) SCF 经浓硝酸改性后, 表面出现沟槽, 粗糙度变大, 有利于增大 SCF 与 PVC 树脂的相互作用力, 从而增大复合材料的力学强度。

2) SCF 表面的部分官能团被浓硝酸氧化成含氧基团(C=O 与 C-O), SCF 的表面极性及表面粗糙度增大, 提高了复合材料界面相容性。

3) SCF 与 WF 质量比为 15:85, 复合材料拉伸强度、弯曲强度和冲击强度达到最大值, 分别为 38.9 MPa、61.2 MPa 和 10.16 kJ/m<sup>2</sup>。

4) SCF 对 WF/PVC 复合材料热力学性能影响: 随着 SCF 含量的增加, 复合材料降解温度得到提高。

## 基金项目

国家林业公益性行业科研专项经费项目(201504503); 国家自然科学基金(31770606); 湖南省科技重大专项(2017NK1010)。

## 参考文献

- [1] 张求慧, 张晶, 刘婧. 我国发泡木塑复合材料的研究现状及趋势[J]. 材料导报, 2014, 28(3): 85-88.
- [2] 朱碧华, 何春霞, 石峰, 等. 三种壳类植物纤维/聚氯乙烯复合材料性能比较[J]. 复合材料学报, 2017, 34(2): 291-297.
- [3] 曾广胜, 许超, 刘跃军, 等. 废纸浆增强 HDPE 复合材料的力学性能[J]. 高分子材料科学与工程, 2011, 27(12): 64-67.
- [4] 李坤, 裴志亮, 宫骏, 等. 碳纤维表面 SiO<sub>2</sub> 涂层的制备及其在镁基复合材料中的应用[J]. 金属学报, 2007, 43(12): 1282-1286.
- [5] 侯人鸾, 何春霞, 薛娇, 等. 麦秸秆粉/PP 木塑复合材料紫外线加速老化性能[J]. 复合材料学报, 2013, 30(5): 86-93.
- [6] 杨龙, 左迎峰, 顾继友, 等. 不同增容剂对木粉/聚乳酸复合材料性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2014, 30(8): 91-95.
- [7] Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., *et al.* (2013) High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, **342**, 850-853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- [8] Jarukumjorn, K. and Suppakarn, N. (2009) Effect of Glass Fiber Hybridization on Properties of Sisal Fiber-Polypropylene Composites. *Composites Part B: Engineering*, **40**, 623-627. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2009.04.007>
- [9] 关苏军, 万春风, 汪丽娜, 等. 玄武岩纤维增强木塑复合材料的力学性能[J]. 复合材料学报, 2011, 28(5): 162-167.
- [10] Jamal, M., Mehdi, T., John, C.H., *et al.* (2007) Tensile Properties of Wood Flour/Kenaf Fiber Polypropylene Hybrid Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, **105**, 3054-3059. <https://doi.org/10.1002/app.26363>
- [11] Shim, J.W., Park, S.J. and Ryu, S.K. (2001) Effect of Modification with HNO<sub>3</sub> and NaOH on Metal Adsorption by Pitch-Based Activated Carbon Fibers. *Carbon*, **39**, 1635-1642. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(00\)00290-6](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(00)00290-6)
- [12] Deak, T. and Czigany, T. (2009) Chemical Composition and Mechanical Properties of Basalt and Glass Fibers: A Comparison. *Textile Research Journal*, **79**, 645-651. <https://doi.org/10.1177/0040517508095597>

- 
- [13] 陶岩, 王辉, 邱明伟. 水环境下等离子体处理聚乙烯木塑复合材料表面性质的演变[J]. 材料工程, 2012(10): 94-98.
- [14] Li, W.N., Cai, H.N. and Zheng, J. (2013) Characterization of Strength of Carbon Fiber Reinforced Polymer Composite Based on Micromechanics. *Acta Materiae Compositae Sinica*, **30**, 244-251.
- [15] 霍雁, 张存林. 碳纤维复合材料内部缺陷深度的定量红外检测[J]. 物理学报, 2012, 61(12): 144-204.
- [16] 杨平军, 袁剑民, 何莉萍. 碳纤维表面改性及其对碳纤维/树脂界面影响的研究进展[J]. 材料导报 A: 综述篇, 2017, 31(4): 131-136.
- [17] 谭林朋, 袁光明, 罗卫华, 等. 表面改性纳米 SiO<sub>2</sub> 增强木质纤维/聚氯乙烯复合材料性能[J]. 复合材料学报, 2017, 35(4): 501-507.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7613, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [ms@hanspub.org](mailto:ms@hanspub.org)