

脲醛树脂/废弃剑麻纤维复合材料的制备

韦 春 牟秋红 董 鑫

(桂林工学院材料与化学工程系,桂林 541004)

摘要 将碱处理的废弃剑麻纤维(WSF)分别用偶联剂、乙酸处理后与自制的脲醛树脂(UF)共混,制得 UF/WSF 复合材料,测试了该复合材料的冲击强度、弯曲强度、耐磨性能、电绝缘性、吸水性、热分解温度等。研究表明,WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料的冲击强度、弯曲强度、耐磨性有较大影响,对电绝缘性、吸水性、热分解温度影响较小,其中采用乙酰化处理的复合材料性能最好,其弯曲强度、耐磨性、热分解温度、吸水性及电绝缘性都超过了 UF/木粉复合材料。

关键词 废弃剑麻纤维 脲醛树脂 复合材料

近年来,由于人类对资源和环境的保护日益重视,在纤维增强塑料领域,天然植物纤维作为增强剂凭借其密度小、无毒害、比强度和比模量高、易于表面改性、价格低廉、可再生等优异特性,越来越受到人们的广泛关注^[1~3]。

剑麻是一种多年生的天然硬质纤维作物,其纤维具有质地坚韧、拉伸强度高、耐磨损、耐酸碱、耐海水、抗腐蚀及耐低温等多种优点。以往剑麻纤维主要用于制绳、织造地毯及垫子、编织麻袋、制作工艺品等,这些产品对剑麻纤维的利用水平较低,没有充分利用其潜在价值。目前国内外已有不少关于剑麻纤维增强热固性或热塑性树脂的报道^[4,5]。

剑麻纤维编制麻绳、麻袋后废弃的短纤、乱纤,还有沾上油污的废纤往往被当成废料扔掉或者烧掉,笔者利用废弃剑麻纤维与脲醛树脂共混制成了脲醛树脂/废弃剑麻纤维(UF/WSF)复合材料,研究了不同处理方法对 UF/WSF 复合材料各项性能的影响。

1 实验部分

1.1 主要原材料

WSF: 广西剑麻集团公司;

尿素: 分析纯, 广东汕头新宁化工厂;

甲醛: 分析纯, 广州化学试剂二厂;

NaOH: 化学纯, 广东汕头西陇化工厂;

95% 乙醇: 分析纯, 广州化学试剂二厂;

偶联剂: KH-550, 武汉大学有机硅新材料股份有限公司;

乙酸: 分析纯, 广州化学试剂二厂;

苯二甲酸-酐脲: 自制;

六次甲基四胺: 化学纯, 江苏省无锡化学试剂厂。

1.2 仪器设备

冲击试验机: XJJ-5 型, 承德试验机有限责任公司;

电子万能试验机: AG-201 型, 日本岛津公司;

磨损试验机: MM200 型, 上海仪器厂;

扫描电镜: ASM 型, 日本岛津制作所;

热分析仪: DSC204 phoenix 型, 德国 NETZSCH 公司;

偏光显微镜: Nikon-Optihot-Pol 型, 日本 Nikon 公司;

高阻计: ZC-36 型, 上海仪器六厂。

1.3 WSF 的表面处理

(1) 碱处理: 将 WSF 置于一定温度下用 2% 的 NaOH 溶液处理不同时间, 水洗至中性, 80℃ 烘干。

(2) 偶联剂处理: 用乙酸调节 95% 乙醇溶液的 pH 值至 4.5~5.5, 边搅拌边向其中加入 2% 的偶联剂 KH-550, 水解 5 min 后, 将碱处理的 WSF 浸入偶联剂溶液约 4 min, 取出后 80℃ 烘干。

(3) 乙酰化处理: 将碱处理的 WSF 置于 80℃ 50% 的乙酸水溶液中处理 1 h, 水洗至中性, 80℃ 烘干。

1.4 UF 的合成

在烧杯内用六次甲基四胺调节甲醛溶液的 pH 值大于 8, 然后将溶液转移至三口瓶内, 加尿素搅拌 5 min, 70℃ 恒温水浴, 冷凝回流。30 min 后加入固化剂苯二甲酸-酐脲, 反应 15~20 min 后得无色透明 UF 溶液, 取出备用。

1.5 UF/WSF 复合材料的制备

首先将合成的 UF 与硬脂酸锌、填料、处理过的

WSF 依次放入容器, 捏合 30 min, 60℃烘干、粉碎, 制成压塑粉。将压塑粉模压成型, 模压工艺条件为加料温度 135℃, 成型温度 140℃, 成型压力 5.5 MPa, 固化时间 2 min。

1.6 性能测试

冲击强度按 GB/T 1043 - 1993 测试; 弯曲强度按 GB/T 1040 - 1992 测试; 磨损体积(*V*) 按 GB/T 3960 - 1983 测试; 体积电阻率按 GB/T 1410 - 1989 测试; 吸水率按 GB/T 1034 - 1998 测试; 热分解温度用热分析仪测试, 测试条件为 N₂ 气氛, 升温速率 20℃/min; 冲击试样的断口形貌用扫描电镜观察。

2 结果与讨论

2.1 WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料力学性能的影响

固定 WSF 加入量为 28%, 改变 WSF 的处理方法, 测试了 UF/WSF 复合材料的冲击强度、弯曲强度和磨损体积, 并与加入 28% 木粉的 UF/木粉复合材料进行了比较, 结果见表 1。

表 1 WSF 的处理方法对 WSF/UF 复合材料力学性能的影响

材料	处理方法	冲击强度 / kJ · m ⁻²	弯曲强度 / MPa	磨损体积 / 10 ⁻² cm ³
UF/WSF	偶联剂处理	4.79	92.26	1.06
	乙酰化处理	6.22	100.22	0.49
	碱处理	5.80	94.15	1.55
UF/木粉		6.85	99.60	0.63

从表 1 可以看出, WSF 的处理方法对复合材料的力学性能有较大影响, 其中乙酰化处理时材料的冲击强度、弯曲强度最高, 分别为 6.22 kJ/m² 和 100.22 MPa, 尤其冲击强度是偶联剂处理时的 1.3 倍, 而磨损体积则是碱处理时的 1/3。弯曲强度和耐磨性均优于 UF/木粉体系, 这主要是因为乙酰化处理在 WSF 分子链上引入了新官能团, 降低了 WSF 与基体的表面张力, 从而提高了纤维与基体的粘合作用。而 UF/木粉的冲击强度高则主要是由于木粉的颗粒小, 在树脂中分散均匀, 两相间的相容性好所致。

2.2 WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料热分解温度的影响

图 1 示出不同 WSF 处理方法对 UF/WSF 复合材料热分解温度的影响。由图 1 可以看出, WSF 采用偶联剂处理、乙酰化处理、碱处理、碱处理后加入 CaCO₃ 及碱处理后加入木粉所对应复合材料的热分解温度分别为 303.1、302.9、302.5、302.7℃ 和 301.3℃。这表明 WSF 的处理方法对复合材料的热

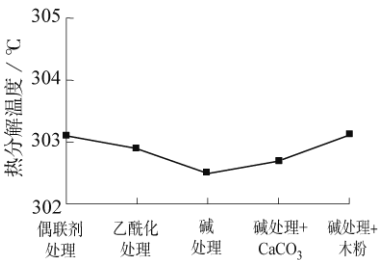


图 1 WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料热分解温度的影响

分解温度影响不大, 与添加了 CaCO₃ 及木粉的 UF/WSF 体系的热分解温度差别也不明显。

2.3 WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料电绝缘性的影响

图 2 为 WSF 的处理方法与复合材料体积电阻率的关系。从图 2 可看出, 偶联剂处理、乙酰化处理、碱处理所对应复合材料的体积电阻率分别为 1.24×10^{12} 、 1.35×10^{12} 、 $3.83 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$, 这说明体积电阻率与 WSF 的处理方法关系不大。与 UF/木粉复合材料的体积电阻率 $0.47 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 相比高出了一个数量级, 表明在电绝缘性能方面 UF/WSF 复合材料要优于 UF/木粉复合材料。

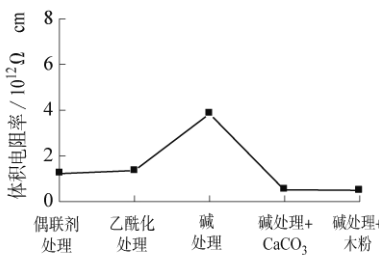


图 2 WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料体积电阻率的影响

2.4 WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料吸水性的影响

为了了解 WSF 的处理方法对复合材料吸水性的影响, 对 UF/WSF 复合材料进行了吸水性测试, 并与 UF/木粉复合材料的吸水性进行了对比, 结果见图 3。由图 3 可以看出, 偶联剂处理、乙酰化处理和碱处理所对应复合材料的吸水率分别为 1.75%、1.24%、2.28%, 可见乙酰化处理时复合材料的耐水

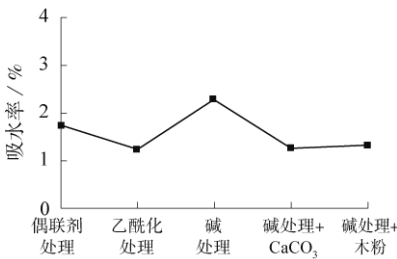
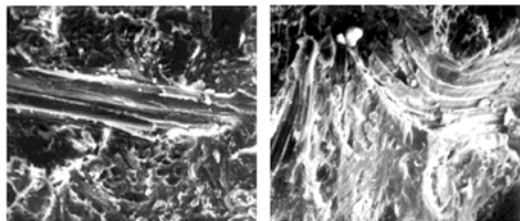


图 3 WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料吸水率的影响

性最好。与 UF/木粉复合材料的吸水率 1.33% 相比, UF/WSF 复合材料的耐水性略有提高, 这也表明在耐水性方面 UF/WSF 复合材料与 UF/木粉复合材料基本相同。

2.5 断面形貌观察

图 4a 和图 4b 分别为乙酰化处理的 UF/WSF 和 UF/木粉复合材料断面扫描电镜照片。

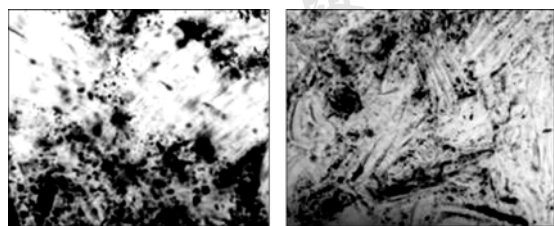


(a) (b)
a—乙酰化处理的 UF/WSF; b—UF/木粉

图 4 复合材料断面形貌

从图 4a 和图 4b 可以看出, 乙酰化处理的 UF/WSF 和 UF/木粉复合材料的冲击断面中都有许多小微坑, 表明 WSF 和木粉与 UF 的界面结合均较好, 断裂面积增大, 断裂阻力大, 因而二者的冲击强度较大。这说明经乙酰化处理的 WSF 对复合材料有较显著的增强作用。

图 5a 和图 5b 分别为乙酰化处理的 UF/WSF 和



(a) (b)
a—乙酰化处理的 UF/WSF; b—UF/木粉

图 5 复合材料的偏光显微镜照片

UF/木粉复合材料的偏光显微镜照片。从图 5a 可以看出, 在 UF/WSF 复合材料中有大量的纤维分布在基体树脂中, 可以起到纤维的增强作用。

3 结论

(1) WSF 的处理方法对 UF/WSF 复合材料的冲击强度、弯曲强度、耐磨性有较大影响, 对热分解温度、电绝缘性、吸水性影响较小。其中乙酰化处理时复合材料的冲击强度、弯曲强度、耐磨性最好, 分别为 6.22 kJ/m^2 、 100.22 MPa 和 0.0049 cm^3 。

(2) 乙酰化处理时 UF/WSF 复合材料的弯曲强度、耐磨性、热分解温度、耐水性及电绝缘性都超过了 UF/木粉复合材料, 这主要是由于乙酰化处理在 WSF 分子链上引入了新官能团, 降低了 WSF 与基体间的表面张力, 从而提高了纤维与基体的粘合作用所致。

(3) 复合材料断面形貌分析发现经乙酰化处理的 UF/WSF 复合材料断裂时有较明显的微坑, 说明 WSF 对复合材料有较显著的增强作用。

参考文献

- 1 Joseph K, Thomas S, Pavithran C. Tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene composites. *J Appl Polym Sci*, 1993, 47: 1731
- 2 Joseph K, Thomas S. Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene composites. *Polymer*, 1996, 37(23): 5139
- 3 Paul A, Joseph K, Thomas S. Effect of surface treatments on the electrical properties of low-density polyethylene composites reinforced with short sisal fibers. *J Composites Science and Technology*, 1997, 57(1): 67
- 4 Albano C, Ichazo M, Gonzalez J, et al. Effects of filler treatments on the mechanical and morphological behavior of PP/wood flour and PP/sisal fiber. *J Material Research Innovation*, 2001, 4(5 ~6): 284
- 5 杨桂成, 曾汉民, 章明秋, 等. 剑麻纤维/不饱和聚酯环境材料. *工程塑料应用*, 2001, 29(1): 6

PREPARATION OF UREA-FORMALDEHYDE RESIN/WASTE SISAL FIBER COMPOSITE

Wei Chun, Mou Qihong, Dong Xin

(Department of Material and Chemical engineering, Guilin Institute of Technology, Guilin 541004, China)

ABSTRACT The alkali-treated waste sisal fiber (WSF) was treated by coupling agent and acetic acid separately, and then it was blended with selfmade urea-formaldehyde resin(UF) to prepare UF/WSF composite. And the impact strength, flexural strength, wear resistance, electric insulativity, water absorption property and thermal decomposition temperature of the composite were tested. The results showed that the treated method had great effect on the impact strength, flexural strength and wear resistance of UF/WSF composite, and had little effect on electric insulativity, water absorption property and thermal decomposition temperature. When WSF was treated by acetylation, the composite had best properties, at the same time the flexural strength, wear resistance, thermal decomposition temperature, water absorption and electric insulativity were superior to those of UF/wood powder composite.

KEYWORDS waste sisal fiber, urea-formaldehyde resin, composite