

# 苧麻纤维增强聚丙烯复合材料的性能研究

## Study on the Property of Ramie Roving Reinforced Polypropylene Composite

洪 钧, 毕松梅<sup>(1)</sup>, 朱钦钦Hong Jun, Bi Songmei<sup>(1)</sup>, Zhu Qinqin

- 安徽工程大学安徽省纺织面料重点实验室, 安徽 芜湖 241000

- Anhui Key Lab of Textile Materials, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China

●摘 要: 用偶联剂对苧麻纤维进行改性处理, 研究了偶联剂处理浓度及苧麻用量对聚丙烯/苧麻增强复合材料力学性能的影响。结果表明: 随着苧麻纤维用量的增加, 复合材料的拉伸强度和弯曲强度都随之提高, 其中经偶联剂处理复合材料的力学性能提高幅度较大; 偶联剂处理浓度为1%时, 材料的拉伸强度最高。SEM观察发现: 未经处理的苧麻纤维表面较光滑, 而经偶联剂处理的苧麻纤维表面较粗糙, 并黏附了聚丙烯基体, 说明偶联剂的添加改善了复合体系的界面相容性, 界面结合力提高。

●Abstract: The ramie fiber was modified with coupling agent, and the effects of coupling concentration and ramie fiber content on the mechanical properties of PP/ramie fiber was researched. The results show that: the tensile strength and bending strength of the composite improve with the increase of ramie fiber content, especially the mechanical properties of the composite treated with coupling agent improve greatly; the surface of ramie fiber modified with coupling agent is rougher than that of unmodified ramie fiber, and the PP matrix attached to it. It means with the adding of coupling agent, the interfacial compatibility of composite are improved, and the interface bonding force is increased.

●关键词: 苧麻纤维; 聚丙烯; 偶联剂; 复合材料

●中图分类号: TQ325.14

●文献标识码: A

●Key words: Ramie roving; PP; Coupling agent; Composites

天然纤维增强热塑性复合材料属于环境友好型材料。因其具有价格低廉、部分可生物降解、回收方便等特点,近年来受到越来越多的关注<sup>[1]</sup>。碳纤维和玻璃纤维虽然具有很高的力学性能,但与植物纤维相比,其价格昂贵且不具备生物降解能力<sup>[2]</sup>。特别是在全球倡导低碳环保的背景下,研究低能耗、能回收、可生物降解的天然纤维增强复合材料势在必行。

植物纤维具有绿色环保、可再生、能自然降解等特点,特别是苧麻纤维价廉质轻,纤维长度长,力学性能好,其比强度接近玻璃纤维。中国是苧麻的主要产地,产量占世界的90%以上,原材料丰富,因此使用苧麻纤维作为复合材料增强体,在某些应用领域替代玻璃纤维成为一个重要的课题。苧麻粗纱属于纺纱工艺中的半成品,其特点为具有弱捻,单纤维在粗纱中具有高度取向性和纵向伸直度,适合制备单向苧麻纤维增强复合材料。本实验通过

模压工艺制备聚丙烯(PP)/苧麻纤维复合材料,将PP粒子熔融热压成片状薄板,采用铝箔纸作为脱模材料,在适当的工艺条件下将其与苧麻粗纱依次叠加放入自制模具中热压成型,所得制件克服了其他成型工艺中存在大量气泡及有缺损等缺点。由于苧麻纤维属于纤维素纤维,其分子中含有大量的羟基,使得苧麻纤维表现出较强的亲水性和极性,与非极性的PP相容性差。为了改善苧麻纤维与PP树脂间的相容性,本实验采用硅烷偶联剂KH550对苧麻纤维进行改性处理,研究了偶联剂浓度及苧麻纤维用量对PP/苧麻纤维复合材料力学性能的影响,并通过SEM研究了复合材料断面形貌。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原料

苧麻粗纱,纱线支数1.4公支(Nm),铜陵市华方

麻纺织责任有限公司;

PP薄片,宁波正邦尼龙有限公司提供PP粒子,经200℃、5 MPa下热压成型;

硅烷偶联剂KH550,上海耀华化工厂。

## 1.2 实验设备

平板硫化机, XLB-D, 湖州宏久橡胶机械厂;

压制模具, 自制

鼓风干燥箱, 上海三发科学仪器有限公司;

电子万能试验机, CSS-88000, 长春试验机研究所;

扫描电子显微镜, S-4800, 日本日立公司。

## 1.3 原材料处理及复合材料制备

苎麻的偶联剂改性: 硅烷偶联剂KH550按0.5%、1%、1.5%与蒸馏水配制溶液, 用磁力搅拌器搅拌15 min, 使其完全水解。取干燥苎麻纤维放入上述溶液中, 浸泡30 min后取出挤干, 放入鼓风干燥箱中, 在80℃下烘干8 h, 并将PP薄片放入烘箱内烘烤3 h备用。

复合材料制备: 在不影响纤维纵向伸直度的前提下, 将苎麻粗纱均匀松解, 使其呈单纤维状态, 并与PP薄片依次叠加放入模具中, 用平板硫化机在165℃、8 MPa下保压10 min, 常温冷却, 分别制备5%、10%、15%、20%、25%纤维用量的复合材料, 并固定纤维用量20%, 制备偶联剂改性处理浓度为0.5%、1%、1.5%的复合材料。

## 1.4 性能测试

拉伸性能按GB/T 1447—2005测试, 拉伸速度10 mm/min;

弯曲强度按GB/T 1449—2005测试, 采用三点弯曲法, 试样规格180 mm×20 mm×3 mm, 实验跨距51 mm, 试验速度10 mm/min;

用SEM观察复合材料拉伸断裂后的界面结合情况。

# 2 结果与讨论

## 2.1 偶联剂浓度对复合材料拉伸性能的影响

复合材料的界面结合情况是影响其力学性能的重要因素之一。一个强韧结合的界面可以将增

强材料和基体材料结合成一个整体, 有效地传递应力, 共同承担外界的载荷<sup>[3]</sup>, 使复合材料具有最佳的力学性能。

图1为偶联剂浓度对复合材料拉伸强度的影响。从图1可以看出, 苎麻纤维经偶联剂处理后, 复合材料的拉伸强度明显提高。这是因为偶联剂发生水解反应后与苎麻表面的羟基形成氢键, 再通过加热干燥发生脱水反应形成部分共价键, 使得苎麻纤维表面被偶联剂覆盖<sup>[4]</sup>。纤维表面的羟基减少, 极性下降, 使其与非极性的PP树脂相容性提高。

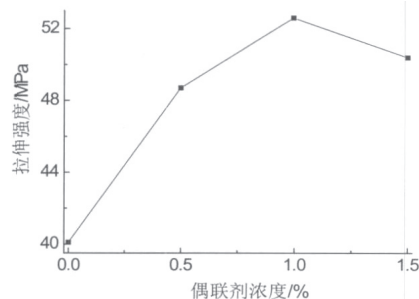
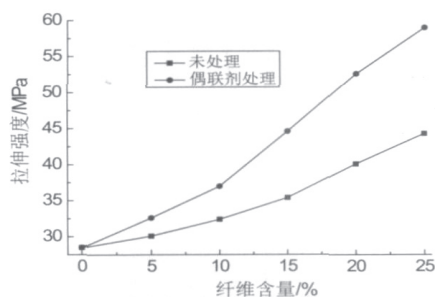


图1 偶联剂用量对复合材料拉伸性能的影响  
Fig.1 Effect of coupling agent content on tensile strength of composite

偶联剂浓度对复合材料的界面结合具有很大影响。浓度过低时, 只有部分苎麻纤维被偶联剂处理, 增强材料与基体材料界面结合不完全, 结合力差; 随着偶联剂浓度的进一步提高, 其润湿偶联作用增强, 复合材料的拉伸性能提高。在偶联剂浓度为1%时, 苎麻纤维完全被润湿偶联, 复合材料拉伸强度达到最大。继续提高偶联剂浓度, 苎麻纤维表面形成多层分子膜<sup>[5]</sup>, 对苎麻纤维与PP树脂的界面结合产生负作用, 使复合材料拉伸强度降低。

## 2.2 纤维含量对复合材料力学性能的影响

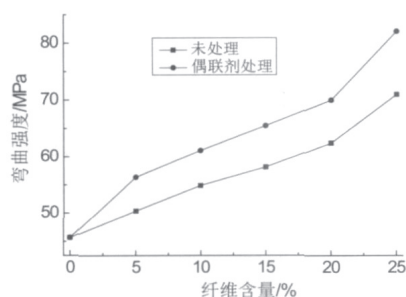
图2为偶联剂改性处理前后的纤维含量对复合材料拉伸性能的影响。由于复合体系中纤维采用单向排列分布, 随着纤维含量的增加, 纤维承载基体传递应力的能力提高, 材料的纵向拉伸强度明显增强。从图2可以看出, 复合材料的拉伸强度随着纤维含量的增加而提高, 未经处理复合材料拉伸强度的增加幅度较小。这是因为苎麻纤维与PP的界面结合不理想, 虽然纤维含量提高了, 但界面结合力差导致纤维的拉伸性能没有被有效地利用。在纤维含量为25%时, 经偶联剂处理的复合材料与未处理的相比拉伸强度提高了33%, 与纯PP相比拉伸强度提高了一倍多。



▲ 图2 纤维含量对复合材料拉伸性能的影响

Fig.2 Effect of ramie fiber content on tensile strength of composite

图3为偶联剂处理前后的纤维含量对复合材料弯曲强度的影响。从图3可以看出,随着纤维含量的增加,复合材料的弯曲强度也随之提高。未经处理的复合材料沿着纤维长度方向的层间界面会发生部分脱黏现象,严重影响了复合材料的力学性能;而经偶联剂处理的材料只是在试样中央受力处发生破坏。同一纤维含量下,偶联剂改性处理的复合材料比未处理的弯曲性能始终要高。因此偶联剂的添加改善了复合体系的界面结合,避免了复合材料因结构破坏而导致力学性能下降,使苧麻纤维的力学强度在复合体系中得到充分利用。在纤维含量为25%时,与未处理的相比,偶联剂处理使材料的弯曲强度提高了15.6%,与纯PP相比提高了近80%。

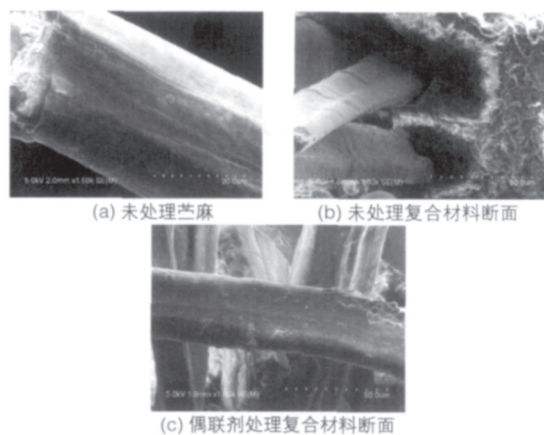


▲ 图3 纤维含量对复合材料弯曲性能的影响

Fig.3 Effect of ramie fiber content on bending strength of composite

### 2.3 复合材料拉伸断面的SEM分析

图4为苧麻纤维经偶联剂处理前后复合材料拉伸断面的SEM照片。从图4(a)可以看出,纤维表面较光滑且未黏附基体材料,复合材料经拉伸断裂后,纤维大多从基体中拔出,并在基体材料中留有孔洞(图4(b)),说明纤维与基体材料没有形成有效的界面结合;而图4(c)的纤维表面较粗糙,并附着了PP树脂,表明偶联剂改性处理改善了苧麻纤维与PP树脂的界面相容性,界面结合力提高。



▲ 图4 偶联剂处理前后苧麻纤维及复合材料拉伸断面的SEM照片  
Fig.4 SEM images of tensile fracture of ramie fiber and composite before and after modification with coupling agent

## 3 结论

(1)采用苧麻粗纱作为增强材料可以提高苧麻纤维在复合体系中的纵向伸直度和分散均匀度,材料成型性好。

(2)偶联剂处理苧麻纤维改善了复合材料界面相容性,拉伸强度随偶联剂用量的增加而提高,在处理浓度约1%时,材料的力学性能最佳,但超过这一值时材料界面会形成多层分子膜,对复合材料界面产生负作用,拉伸强度下降。

(3)随着纤维含量的增加,复合材料的拉伸强度和弯曲强度都随之提高,其中经偶联剂处理的复合材料力学性能提高幅度较大。

(4)未经偶联剂处理的复合材料拉伸断裂后,纤维大多从基体中拔出,且基体中留有孔洞;而处理后的纤维表面较粗糙,并附着了PP树脂,表明偶联剂改性处理改善了两者的界面相容性,界面结合力提高。

#### 参考文献:

- [1] Songmei Bi, Jun Hong, Changliu Chu. Effect of processing conditions on properties of ramie roving reinforced polypropylene composite[J]. Advanced Materials Research, 2011, 332-334: 1 659-1 665.
- [2] 曹勇,吴义强,合田公一. 麻纤维增强复合材料的研究进展[J]. 材料研究学报, 2008, 22(1): 10-17.
- [3] 林志勇,曾汉民. 热塑性碳纤维复合材料界面研究[J]. 高分子通报, 2004(5): 56-61.
- [4] 杜仕国. 硅烷偶联剂的性能与应用[J]. 河北化工, 1994(4): 35-39.
- [5] 刘相果,彭晓东,刘江,等. 偶联剂对短玻纤增强PA66微观结构及性能影响研究[J]. 工程塑料应用, 2003, 31(7): 1-4.