

研究简报

# 表面改性剂对植物纤维/聚丙烯复合材料力学性能的影响

黄 丽 白绘宇 姜志国 张金生  
(北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100029)

**摘 要:** 采用不同的表面改性剂(苯甲酸、硬脂酸、有机硅烷)对植物纤维/聚丙烯复合体系进行了处理,研究了表面改性剂对体系力学性能的影响规律,探讨了复合材料界面粘接机理,分析了力学性能的变化规律。研究结果表明,苯甲酸的加入可以使复合材料的拉伸强度有较大提高,但冲击强度下降;经硬脂酸处理的复合材料,其冲击强度有明显提高;经有机硅烷处理的复合材料,拉伸强度及冲击强度均有所提高。

**关键词:** 植物纤维;聚丙烯;表面改性剂;复合材料;界面粘接

**中图分类号:** TQ 353.4; TQ 325.1

以天然植物纤维与热塑性树脂混合制备的复合材料具有质量轻,加工性能好的特点,在许多领域有着广泛的应用前景。植物纤维价廉易得,具有较大的强度、刚度和耐热性。作为天然材料,植物纤维还可被生物降解,植物纤维/热塑性树脂复合材料也因此具备一定的环境相容性,是一条减轻目前“白色污染”的可行途径。因此,对植物纤维/聚丙烯复合材料的研究有着很重要的理论意义和实用价值。由于植物纤维分子结构中含有大量的羟基,极性较强,与非极性的聚丙烯混合时相互作用力很小,界面结合力差,会影响复合材料的力学性能。故必须使用表面改性剂对材料进行改性,以提高两种材料的界面结合力。国内常用的表面改性剂为马来酸酐接枝聚丙烯和有机硅烷<sup>[1]</sup>,而对于价廉易加工的苯甲酸及硬脂酸作为表面改性剂的,目前尚未见报导。本文选择苯甲酸、硬脂酸和有机硅烷为表面改性剂来改善植物纤维和聚丙烯的粘接性,并探讨了不同表面改性剂对复合材料性能的影响。

## 1 试验部分

### 1.1 原材料

植物纤维,过 30 目筛(孔径 0.6 mm),自制;聚

丙烯,90428 型,北京燕山石油化工公司;苯甲酸,分析纯,天津特种试剂开发中心;硬脂酸,分析纯,北京益利化学公司;有机硅烷,A 151,美国 Vidland 公司;NaOH,分析纯,北京化学试剂公司。

### 1.2 试验仪器

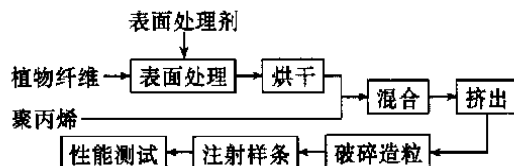
塑料注射机,M-20-55-1 型,英国;高速混合机,GH-100 Y 型,北京市塑料机械厂;简支梁冲击试验机,XCJ-4 型,承德市材料试验机厂;材料拉伸试验机,Instron-1185 型,英国。

### 1.3 植物纤维的制备

将秸秆粉放入 7.5 % 的 NaOH 溶液中浸泡 48 h 后,分离出纤维并冲洗,再经漂白后水洗至中性,最后用烘箱烘干制得植物纤维。

### 1.4 复合材料的制备

按以下工艺流程制备植物纤维/聚丙烯复合材料。



### 1.5 性能测试

用 Instron-1185 型材料试验机按 GB1040—79 测定复合材料的拉伸强度;用 XCJ-4 型冲击试验机按 GB1043—79 测定复合材料的冲击强度。测试温度为 25℃,湿度为 50 %。

收稿日期: 2000-03-14

基金项目: 国务院三建委重大科研项目(98-05-02)

第一作者: 女,1958 年生,副教授,工学硕士

## 2 结果与讨论

要使植物纤维/聚丙烯复合材料具备良好的力学性能,首先要解决好两者之间相容性的问题。由于植物纤维有较强的极性,使其与非极性聚丙烯的界面润湿性、界面粘性极差,因而未经表面处理的植物纤维与聚丙烯复合材料的机械强度很低,无使用价值。所以,选择不同的表面改性剂对植物纤维进行表面改性,增加其与聚丙烯的相容性,是使复合材料的力学性能得以显著改善的重要措施。为此,选择了苯甲酸、硬脂酸及有机硅烷(A151)3种表面改性剂对植物纤维进行表面改性,并对改性效果进行了比较与探讨(植物纤维在聚丙烯中的含量均为30%(质量分数))。

### 2.1 苯甲酸含量对复合材料力学性能的影响

从图1中可知,复合材料的拉伸强度随苯甲酸含量的增加而增大,而冲击强度随苯甲酸的含量增大而减小。这主要是因为加入苯甲酸之后,羧酸根( $-\text{COOH}$ )有助于减少纤维的羟基( $-\text{OH}$ )数目,使羟基发生酯化反应,减低了纤维的极性与吸湿性,从而提高了植物纤维与聚丙烯的相容性,促使两者的界面有更好的接触,当材料受拉伸时纤维增强作用会加强,有助于提高复合材料的拉伸强度。同时,由于苯甲酸中带有苯环,苯环主要与聚丙烯无定性区域相结合,由于其体积位阻效应会阻碍无定性区域内分子的运动,这样就会使得复合材料的韧性有所减弱,表现为复合材料的冲击强度有所下降。另外,由于苯环的引入,将会有助于提高复合材料的热稳定性<sup>[2]</sup>。

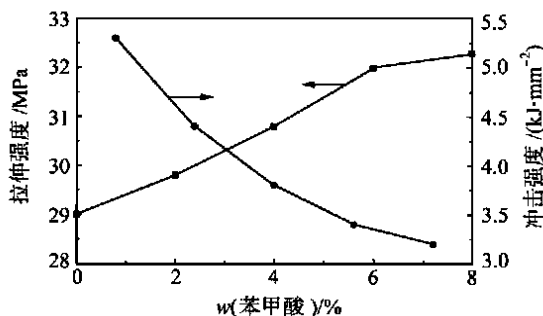


图1 苯甲酸含量对复合材料拉伸性能和冲击性能的影响

Fig. 1 Effect of benzoate content on tensile and impact strength of composites

### 2.2 硬脂酸含量对复合材料力学性能的影响

图2分别表示了在复合材料中加入了硬脂酸之

后,其拉伸性能和冲击性能的变化。从图2中可知,复合材料的拉伸性能随硬脂酸含量的增加变化不大,而冲击性能则随硬脂酸含量的增加而增大。这表明,硬脂酸的羧基与植物纤维中的羟基发生酯化反应后,使纤维与聚丙烯具有了良好的相容性,有利于植物纤维在聚丙烯中的分散。另外,与苯甲酸不同的是,硬脂酸具有较长的碳链结构,这种长链结构一方面可以跟聚丙烯有较好的相容性,另一方面也可以伸入到聚丙烯相中,与聚丙烯的分子链相互缠绕。其结果是:前者提高了植物纤维对聚丙烯的增强效果;而后者则减弱了聚丙烯分子间的相互作用力,这样,就有利于吸收外界的冲击能,减少应力集中现象。两者综合作用的结果,表现为硬脂酸的加入对复合材料拉伸强度的影响不大,而冲击强度则有明显的提高。

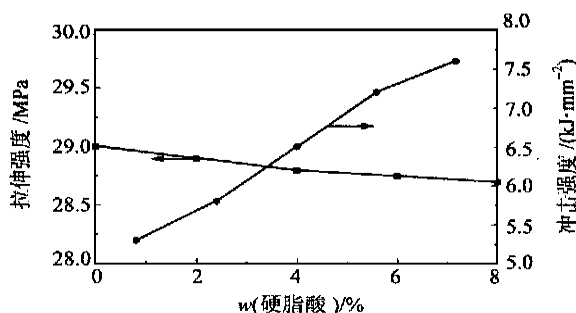


图2 硬脂酸含量对复合材料拉伸性能和冲击性能的影响

Fig. 2 Effect of stearic acid content on tensile strength and impact strength of composites

### 2.3 有机硅烷含量对复合材料力学性能的影响

由图3可知,随着有机硅烷用量的增加,复合材料的拉伸强度会明显增加,当有机硅烷含量达1.5%时,拉伸强度达最大值。以上结果说明,硅烷偶联剂水溶液的渗透性极强,可渗透植物纤维颗粒的所有间隙,从而进一步浸润植物纤维颗粒的全部表面,使得偶联剂与植物纤维表面保持良好的接触;而有机硅烷中的烷氧基团水解后形成硅醇,这样,硅醇就可以跟植物纤维中的羟基作用,使纤维的吸水性减少,降低了纤维的极性<sup>[3]</sup>。另外,有机硅烷中的乙烯基可以跟聚丙烯树脂作用形成连接点,并与聚合物发生偶联形成网络,减小了纤维的膨胀,这样,就可以有效地提高植物纤维与聚丙烯之间的粘结强度,从而使复合材料的强度提高。当硅烷偶联剂含量较多时(>1.5%),多余的偶联剂会在纤维的表面形成多层结构,此时偶联效果较差,当材料受拉

伸时纤维容易从聚丙烯基体中抽出,因而抗拉强度会有所下降。

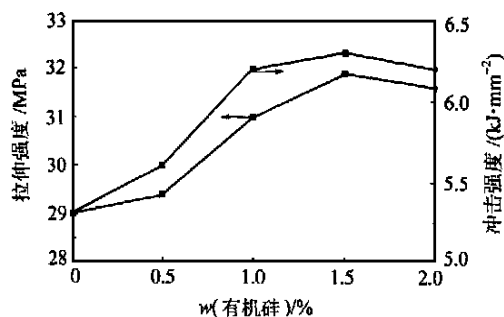


图 3 有机硅烷含量对复合材料拉伸性能和冲击性能的影响

Fig. 3 Effect of organosilane content on tensile strength and impact strength of composites

由图 3 可见,随着有机硅烷的增加,复合材料的冲击强度呈缓慢上升趋势。当有机硅烷的用量为 1.5 % 时,其冲击强度达最大值;之后,随着有机硅烷用量的增加,冲击强度值的变化很小,并略有下降。这说明,当有机硅烷的用量为 1.5 % 时,聚丙烯树脂与植物纤维具有较好的相容性,因而体系的冲击强

度值最大。

### 3 结 论

苯甲酸、硬脂酸和有机硅烷都可以作为植物纤维/聚丙烯体系有效的表面改性剂。加入苯甲酸的复合材料体系,其抗拉强度有较大提高;加入硬脂酸的复合材料体系,其冲击强度有明显改善;而加入有机硅烷的复合材料体系,其抗拉强度及抗冲强度均有一定改进,且硅烷用量为 1.5 % (质量分数) 时,综合效果最佳。

### 参 考 文 献

- [1] 陈玉放, 揣成智, 谢来苏. 植物纤维/热塑性复合材料的开发及有关问题. 现代塑料加工应用, 1998, 10(2): 50 ~ 53
- [2] Amash A, Zugenmaier P. Morphology and properties of isotropic and oriented samples of cellulose fibre-polypropylene composites. Polymer, 2000, 41(4): 1589 ~ 1596
- [3] 徐定宇. 聚合物的加工与形态学. 北京: 中国石化出版社, 1992. 172 ~ 214

## Effect of surface modifiers on mechanical properties of plant cellulose/ polypropylene composites

HUANG Li BAI Hui-yu JIANG Zhi-guo ZHANG Jin-sheng

(College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** Different surface modifiers (benzoate, stearine acid and organosilane) were used to treat plant cellulose/polypropylene composite systems. Effects of surface treatment agents on mechanical properties (tensile strength and impact strength) were studied. Interfacial bonding mechanisms of the composites were explored. The law of change reasons of mechanical properties were analyzed. Results showed that the tensile strength of the composite systems increased perfectly, but the impact strength decreased due to the addition of benzoate; and the impact strength of the composites treated by stearine acid was improved obviously; while both the tensile strength and impact strength of composites treated by organosilane increased.

**Key words:** plant cellulose; polypropylene; surface modifiers; composites; interfacial bonding