

改性黄麻纤维增强聚氨酯硬泡性能的研究^{*}

王福玲 梅启林 杜明 黄志雄 秦岩

(武汉理工大学材料科学与工程学院 430070)

摘要:采用碱处理工艺对黄麻纤维进行了表面改性,提高了纤维对基体树脂的浸润性,改善了纤维与树脂基体的界面粘结。研制了一种新型的黄麻纤维增强硬质聚氨酯结构泡沫材料。测试结果表明,碱处理后纤维表面出现沟槽和裂纹,拔出的单丝纤维表面包覆有聚氨酯基体,纤维与基体结合紧密。压缩性能实验结果表明,添加改性纤维的复合材料,其压缩强度明显提高,当纤维质量分数为 3.0%时,复合材料的压缩强度达到最大值(8.01 MPa);纤维质量分数为 3.0%、长度为 3 mm 的短切纤维的增强效果较好;随着纤维含量和长度的增加,复合材料的压缩模量亦随之增大。

关键词:黄麻纤维;碱处理;硬质聚氨酯泡沫;压缩强度;压缩模量

近年来,利用植物纤维作为填料逐渐引起人们的重视。黄麻纤维是韧皮纤维的一种,具有较高的比强度、比模量,同时在所有的植物纤维中,麻纤维的断裂强度最高。我国是世界黄麻大国,占世界总产量的 20%,目前黄麻纤维一般不用于衣料中,只用作包装材料或工业用布,所以扩大黄麻的应用领域,特别是在复合材料方面的运用,具有很大的潜在工业应用价值^[1]。

黄麻纤维的主要化学组分是纤维素、半纤维素和木素,其中纤维素是植物纤维原料的主要组分,它是不溶于水的单一聚糖,是由大量葡萄糖基构成的链状高分子化合物,其重复单元每一基环含有三个羟基,这些羟基在分子内或分子间形成氢键,并使植物纤维具有亲水性^[2],一般来说,这些极性的纤维素纤维在本质上很难与 C—H 聚合物相容^[3],但由于羟基能与异氰酸酯基(N=C=O)进行反应形成交联产物,因此黄麻纤维与聚氨酯基体两者复合在理论上是可行的。但是,由于黄麻纤维素中的羟基具有吸湿性,此外,未经表面处理的黄麻纤维在与聚氨酯原料反应过程中有部分羟基未完全反应,因此导致黄麻纤维不易被基体树脂浸润,从而引起基体和黄麻纤维之间不良的界面粘附性,这样就使得黄麻纤维增强硬质聚氨酯泡沫材料在使用过程中容易随存放或使用时间的推移而解除键合^[4]。为了

改善黄麻与聚氨酯之间的界面粘结强度,采用了^[5]对黄麻原麻纤维进行碱处理的技术,制备出一种新型的植物纤维增强聚氨酯结构复合材料。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PAPI,工业品,重庆长风化工厂;聚醚二元醇,羟值 375~400 mgKOH/g,南京塑料厂;黄麻纤维,市售;泡沫稳定剂、三乙醇胺,工业品,开封东大化工(集团)有限公司试剂厂;二丁基锡二月桂酸酯,化学纯,上海化学试剂有限公司;氢氧化钠,分析纯,武汉医药集团化学试剂厂。

1.2 黄麻纤维的表面改性

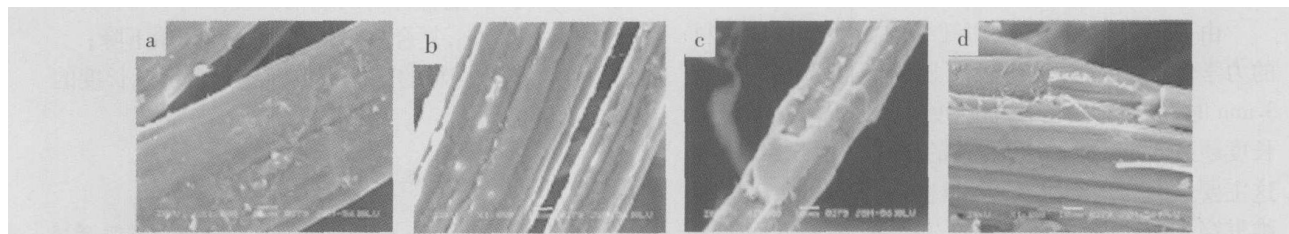
通过氢氧化钠与黄麻纤维素相互反应生成碱纤维素,在纤维表层形成刻蚀的沟槽。处理过程及处理条件:首先对黄麻原麻纤维进行除杂烘干处理;将烘干后的纤维置于 25℃ 下的 NaOH 溶液(70 g/L)中浸泡 8 h,在碱处理过程中纤维应保持张紧,以防纤维收缩;待处理完毕后对纤维进行脱液洗涤、稀酸溶液洗涤、清水洗涤等清洗。最后,烘干、切短、打散。

1.3 复合泡沫材料的制备

将聚醚多元醇和各种助剂按一定质量比(聚醚

* 基金项目:国家自然科学基金(50473013)

多元醇 泡沫稳定剂 三乙醇胺 二丁基锡二月桂酸酯为 80 2 1 1)混合均匀,配成聚醚多元醇溶液,然后,加入打散后的短切纤维,使纤维被充分均匀的浸渍,再加入 PAPI(聚醚多元醇与 PAPI的质量比为 1 1. 2),迅速搅拌 10~15 s后倒入准备好的金属模具中,进行发泡、成型,成型温度为 20~30 ,压力 1~10 MPa,时间为 10~15 min,成型完成后进行脱模。



a—处理前的表面形貌图; b—处理后的表面形貌图; c—未改性增强复合材料单丝拔出黄麻纤维表面形貌图;
d—改性增强复合材料单丝拔出黄麻纤维表面形貌图

图 1 改性前后纤维形貌电镜扫描图 (SEM)

从图 1 中的 (a)可以看出,改性处理前的黄麻纤维表面较为平滑,仅有少量较浅的沟槽;(b)显示出黄麻纤维经碱处理后纤维纵向有明显的沟槽出现,表面凹凸不平,粗糙程度加大,有利于纤维与树脂基体间的力学啮合。对比图 (c)和图 (d)的单丝拔出实验可以看出,未经改性处理的黄麻纤维从基体中拔出后表面粘附的基体树脂较少,而改性黄麻纤维表面则粘附有较多的聚氨酯基体,聚合物基体被覆在纤维的大部分表面和沟槽内,纤维和聚合物之间形成一层紧密牢固的界面过渡层。总之,改性后的黄麻纤维表面有明显的沟槽和裂纹,增加了表面的粗糙度,与聚氨酯基体结合良好,没有明显的界面分离现象。因此通过碱法改性可有效改善黄麻纤维的表面性质,增强了纤维对基体树脂的浸润性,从而提高了与聚氨酯基体的结合能力。

2.2 黄麻纤维含量对复合材料压缩性能的影响

原料中分别添加质量分数为 1.0%~3.5%的改性后的黄麻短切纤维(3~5 mm)制成复合材料,密度范围为 0.326~0.367 g/cm³,比较纤维含量对复合材料压缩性能的影响。测试过程严格按照 GB/T 1448—1983 标准进行,结果如图 2 所示。

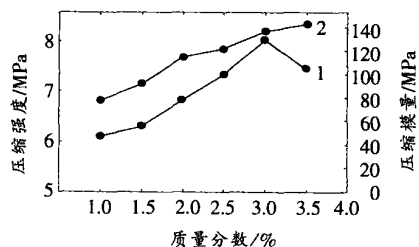
从图 2 可知,改性黄麻纤维加入后,复合材料的

2 结果与讨论

2.1 黄麻纤维的表面与树脂基体界面粘合状态

增强材料和聚合物间的界面相容性是影响复合材料性能的一大因素,缺乏良好的界面粘合性会导致界面张力增加,材料空隙增多,并且易被环境降解。因此黄麻纤维的改性处理对复合材料性能的优劣具有极其重要的意义。黄麻纤维表面改性处理前后的电镜扫描 SEM 如图 1 所示。

压缩性能有了明显的提高,当纤维含量为 3.0%时,复合材料的压缩强度最高,达到 8.01 MPa,压缩模量为 136 MPa。纤维质量分数超过 3.0%时,复合材料的压缩强度开始降低,这主要是因为纤维添加量较高时,基体中纤维的集聚和缠绕较为严重,分散不均匀,同时由于发泡时间很短,搅拌时间不能过长(预混料在倒入模具之前已开始发泡反应),因此导致纤维对基体树脂的浸润程度降低;随着纤维含量的增加,复合材料的压缩模量也随之增加,增长趋势随纤维添加量的增加变得较为平缓。



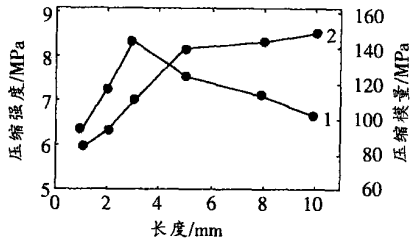
1—改性黄麻纤维的含量对复合材料压缩强度的影响曲线;
2—改性黄麻纤维的含量对复合材料压缩模量的影响曲线

图 2 改性黄麻纤维含量对复合材料压缩性能的影响

2.3 黄麻纤维长度对压缩性能的影响

选择改性纤维质量分数为 3.0%的复合材料

(泡沫材料的密度为 0.36 g/cm^3),考察了纤维长度对材料压缩性能的影响,结果如图 3 所示。



1—改性黄麻纤维的长度对复合材料压缩强度的影响
2—改性黄麻纤维的长度对复合材料压缩模量的影响

图 3 改性黄麻纤维长度对复合材料压缩性能的影响

由 3 图可以看出,短切纤维的长度对复合材料的力学性能的影响是比较明显的。当纤维长度为 3 mm 时,复合材料的压缩强度达到最大值;当纤维长度超过 3 mm 时,复合材料的压缩强度开始下降。这主要是因为当纤维长度超过泡孔尺寸时,部分纤维贯穿入泡孔内,泡体结构产生改变,另一方面是因为纤维长度增加,纤维之间产生缠结聚集现象,被树脂的浸润性也降低而导致的。随着纤维长度增加,泡沫材料的压缩模量也随之增加,但纤维长度在 5~8 mm 之间时,复合材料的压缩模量增长趋于平缓。纤维长度越长,搅拌难度也随之增加,给实际操作造成困难,因此,在实际应用中,应根据需要选择适宜的短切纤维的长度。

3 结论

(1) 采用碱处理工艺对黄麻原麻纤维进行了改性处理,纤维表面改性后较改性前出现了较多沟槽,增加了表面的粗糙度,改善了纤维表面被基体树脂的包覆性,使纤维和聚合物之间形成一层紧密牢固的界面过渡层;

(2) 复合材料的压缩强度随着纤维含量的增加有明显的提高,当纤维质量分数为 3.0%、纤维长度为 3 mm 时,其复合材料的压缩强度最好,纤维质量分数超过 3.0%,复合材料的压缩强度开始下降;

(3) 复合材料的压缩模量随纤维含量及长度的增加而随之增大。

参 考 文 献

- 1 张安定,马胜,丁辛,等. 黄麻纤维增强聚丙烯的力学性能. 玻璃钢/复合材料, 2004, (2): 3~5
- 2 唐建国,胡克鳌. 天然植物纤维的改性树脂基复合材料. 高分子通报, 1998, (2): 56~62
- 3 王俊勃,郑水蓉,赵川,等. 碱处理对苧麻/醋酸纤维素复合材料的影响. 复合材料学报, 2002, 19(6): 130~133
- 4 Nevell T P, Zerounian S H. Cellulose Chemistry and Its Application. New York: Wiley, 1985. 235

收稿日期 2005-11-14 修回日期 2006-03-17

Study of Properties of Rigid Polyurethane Foam Reinforced with Treated Jute Fiber

Wang Fuling Mei Qilin Du Ming Huang zhixiong Qin yan

(School of Material Science and Engineering Wuhan University of Technology, 430070)

Abstract: Alkaline processing was applied for the surface treatment of jute fiber. It will be improved the soaking property and interface combination between the fiber and resin. So a new kind of rigid polyurethane foam reinforced with treated jute fiber was fabricated. After alkaline treatment, the surface of the fiber was discovered grooves and cracks. And the surface of sole fiber which was pulled out from the foam was covered with polyurethane. The results showed that the combination between the fiber and polymer was firm. The experiment results of compressive properties indicated that the compressive strength of samples reinforced with modified fiber was obviously improved. When the weight percent of the fiber content was 3.0%, the composite materials had a desirable compressive strength (8.01 MPa); When the fiber length was 3 mm (weight percent 3.0%), the composite materials had a better reinforcing effect. With the increasing of the fiber length and content, the compressive modulus of the composite materials was also increased.

Keywords: jute fiber; alkaline treatment; rigid polyurethane foam; compressive strength; compressive modulus

作者简介 王福玲 女,1980年出生,在读硕士,现就读于武汉理工大学,主要从事复合材料方面的研究。