

DOI: 10.19333/j.mfkj.2018010011104

## 玄武岩织物的抗皱整理

余娟娟, 刘淑强, 吴改红, 梁宇岱, 张晓芳, 王鹏, 郭竝宇, 刘明芳

(太原理工大学 轻纺工程学院 山西 晋中 030600)

**摘要:** 为弥补玄武岩织物抗皱性能差的缺点, 采用环保型整理剂水性聚氨酯对玄武岩织物进行处理, 研究硅烷偶联剂 KH550 质量分数、水性聚氨酯浓度以及成膜成膜烘焙温度对玄武岩织物的折皱回复角、拉伸断裂强力的影响, 以及织物微观结构的变化。得出: 利用水性聚氨酯改善玄武岩织物抗皱性能的最佳工艺为, 硅烷偶联剂 KH550 质量分数为 4%、乳液中水性聚氨酯质量浓度为 120 g/L、成膜烘焙温度为 120 °C。结果表明: 水性聚氨酯处理的玄武岩织物抗皱性能显著提高; 水性聚氨酯薄膜成功地包覆玄武岩织物; 玄武岩织物与水性聚氨酯通过硅烷偶联剂 KH550 紧密结合。

**关键词:** 玄武岩织物; 水性聚氨酯; 硅烷偶联剂; 抗皱

中图分类号: TS 156

文献标志码: A

## Study on anti-crease treatment of basalt fabric

YU Juanjuan, LIU Shuqiang, WU Gaihong, LIANG Yudai, ZHANG Xiaofang, WANG Peng,  
GUO Hongyu, LIU Mingfang

(College of Textile Engineering, Taiyuan University of Technology, Jinzhong, Shanxi 030600, China)

**Abstract:** In order to overcome the disadvantage of poor crease-resistant performance of basalt fabric, it was treated with waterborne polyurethane, which is an environmental friendly finishing agent. The effects of the parameters, such as the mass percentage of silane coupling agent KH550, the concentration of water-borne polyurethane and temperature of film-forming baking, on the wrinkle recovery angle, the tensile strength and changes in microstructure of fabrics were studied. The results show that the optimum process to improving the crease-resistant performance of basalt fabric by using water-borne polyurethane is as follows: the mass percentage of silane coupling agent KH550 is 4%, the concentration of water-borne polyurethane in the emulsion is 120 g/L, and the film-forming baking temperature is 120 °C.

**Keywords:** basalt fabric; water-borne polyurethane; silane coupling agent; anti-crease

玄武岩纤维是一种典型的硅酸盐纤维, 主要成分为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  等氧化物, 是我国鼓励发展的高技术纤维之一<sup>[1-3]</sup>,

其特点是耐高温、耐酸碱、隔音、隔热、抗振动, 广泛应用于石油、化工、建筑、航空航天、汽车制造、电子、冶金等领域<sup>[4]</sup>, 但是玄武岩纤维自身的脆性(硬度)较高, 织物的抗皱性能较差, 尤其是在折叠后会有明显的折痕出现, 在折痕处部分纤维可能会折断, 织物的力学性能受到损伤<sup>[5-6]</sup>。

目前国内外对玄武岩织物抗皱研究较少, 宋秋霞等<sup>[7]</sup>采用硅烷偶联剂 KH550 对玄武岩纤维进行表面处理, 发现 KH550 附着在其表面形成了一层薄膜, 可一定程度上阻止单丝表面裂纹的产生, 改善纤维的脆性断裂。苧麻织物与玄武岩织物存在同样缺陷, 抗皱性差且折缝处易磨损, 黄益等<sup>[8]</sup>研究苧麻织物的多羧酸和多元醇混合整理工艺, 使苧麻织物

收稿日期: 2018-01-02

基金项目: 山西省基础研究计划项目(2015021076); 山西省高等学校科技创新项目(2015125); 山西省高校大学生创新创业训练项目(201673, 201758); 山西省社科联重点课题(SSKLZDKT2016055); 山西省教育科学“十三五”规划课题(GH-16014); 2017年度山西省研究生教育创新项目(201785)

第一作者简介: 余娟娟, 硕士生, 主要研究方向为纺织材料与纺织品设计。通信作者: 刘淑强, E-mail: liushuqiang8866@126.com。

获得良好的抗皱性能。水性聚氨酯树脂的化学稳定性好、污染很小,具有良好的成膜性<sup>[9-10]</sup>,采用其对织物进行整理受到广大研究者的青睐<sup>[11-12]</sup>。本文采用水性聚氨酯对玄武岩织物表面进行预处理后,利用偶联剂使水性聚氨酯与玄武岩纤维以化学键的形式紧密结合,以期提高玄武岩织物的抗皱性。

## 1 实验

### 1.1 实验材料

玄武岩织物,平纹组织,经密65根/(10 cm),纬密64根/(10 cm)(山西晋投玄武岩开发有限公司);水性聚氨酯,水性硅油,JFC渗透剂(深圳市吉田化工有限公司);硅烷偶联剂(KH550),氢氧化钠,无水乙醇(山东优索化工科技有限公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 KH550 预处理玄武岩织物

配制一定质量分数的KH550/无水乙醇溶液,将醇解的KH550溶液立即倒入铺有碱处理玄武岩织物的玻璃槽中,反应40 min后将玄武岩织物取出,放入烘箱中60℃下干燥1 h,备用。

#### 1.2.2 水性聚氨酯处理玄武岩织物

将水性聚氨酯乳液与水性硅油、JFC渗透剂和氯化铵按照一定的比例混合,充分搅拌。采用一浸一轧的方式,将经KH550处理过的玄武岩织物浸入配置的乳液中30 s后取出,轧车进行浸轧。将浸轧后的玄武岩织物放入电热鼓风风箱中按照工艺要求设定的温度和时间进行烘干。

### 1.3 测试方法

使用YG(B)541D-II型全自动数字式织物折弹性仪,依据GB/T 3819—1997《纺织品 织物折痕回复性的测定 回复角法》中垂直法测试玄武岩织物的经向折皱回复角;采用YG(B)026D-500型电子织物强力机测试,参照GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第1部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》测试玄武岩织物的力学性能,样条大小为200 mm×25 mm,拉伸速度为20 mm/min;采用TENSOR27型红外光谱仪测定织物表面处理前后化学结构的变化,扫描范围4000~400 cm<sup>-1</sup>,分辨率4 cm<sup>-1</sup>;玄武岩织物经喷金处理后,利用JEM2100F型扫描电子显微镜观察处理前后织物的形貌变化。

## 2 结果与分析

### 2.1 KH550 质量分数对织物性能影响

KH550质量分数对织物折皱回复角、拉伸断裂强力的影响见图1、2。

由图1可知,织物折皱回复角随着KH550质量

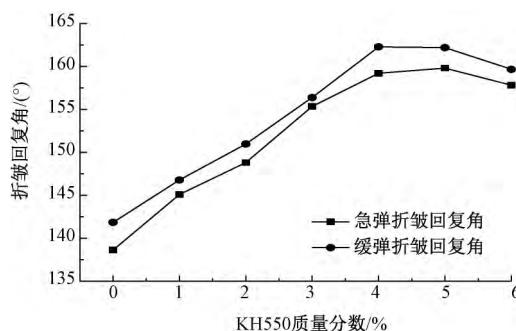


图1 KH550 质量分数对织物折皱回复角的影响

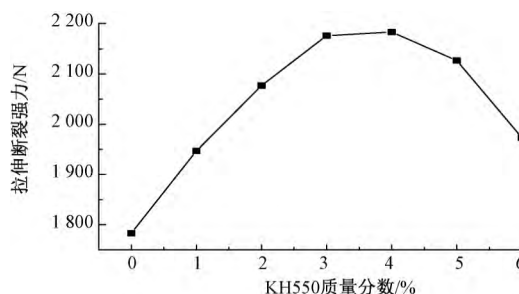


图2 KH550 质量分数对织物拉伸断裂强力的影响

分数的增大而呈现上升的趋势,当质量分数为4%时折皱回复角达到最大值,随后KH550用量继续增加,折皱回复角呈现小幅度下降趋势。通过化学键的结合,聚氨酯在玄武岩纤维表面形成牢固的吸附,织物表面生成一层极薄的弹性保护膜,织物的抗皱性能得到提高。过量KH550会物理吸附在纤维表面,使纤维表面形成润滑的弱界面层,且过厚的硅烷层易使界面发生黏着破坏,降低界面结合能力,阻碍水性聚氨酯与玄武岩织物的结合,故不宜用过高的KH550浓度处理玄武岩织物。

从图2可看出,织物断裂强力随着KH550质量分数增大有上升趋势,直到质量分数为4%时,拉伸断裂强力达到最大值2183.33 N,之后随着KH550用量的继续增大而开始减小,故KH550质量分数为4%时,织物强力最优。硅烷偶联剂KH550与玄武岩纤维发生反应后,水性聚氨酯会紧密结合到玄武岩纤维表面,形成一层致密的保护膜,覆盖玄武岩纤维表面的微裂纹;玄武岩单丝纤维中的长丝束会更加紧密抱合,提高其集束性;而且薄膜增大了纤维之间的摩擦力。提高单丝和纤维的拉伸强力,可提高织物的拉伸强力。

### 2.2 水性聚氨酯质量浓度对织物性能影响

成膜乳液中水性聚氨酯质量浓度对织物的折皱回复角、拉伸断裂强力的影响见图3、4。

通过图3可以看出,玄武岩织物折皱回复角随着乳液中水性聚氨酯质量浓度的增加呈现出上升的趋势,这是由于与玄武岩织物表面官能团结合的聚

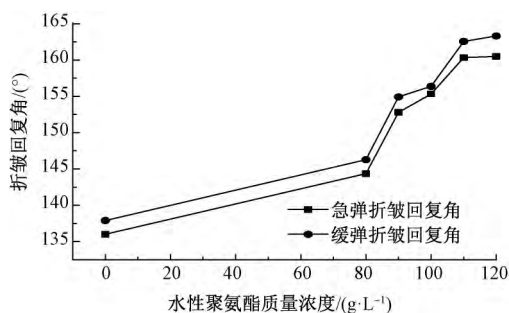


图3 水性聚氨酯质量浓度对折皱回复角的影响

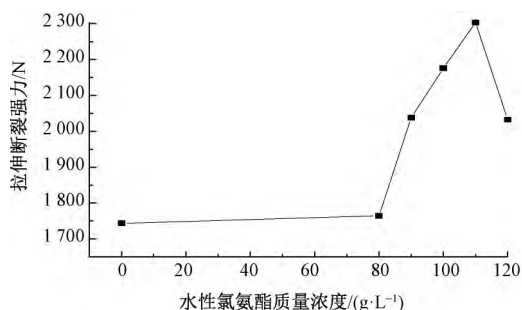


图4 水性聚氨酯质量浓度对拉伸断裂强力的影响

合物粒子随着质量浓度的增加而增加,从而成膜效果逐渐变好,抗皱性能得到提高。

从图4可以看出,玄武岩织物的拉伸断裂强力随着水性聚氨酯质量浓度的增加而呈现上升趋势,并且在质量浓度为110 g/L时达到峰值2 303.33 N,但随后出现下降趋势。这可能是因为聚氨酯含量的增多,使得其在纤维表面形成固化层,导致织物拉伸过程中,纤维未能同时受力,从而导致强力有所降低。

### 2.3 成膜烘焙温度对织物性能的影响

成膜工艺烘焙温度对玄武岩织物折皱回复角、拉伸断裂强力的影响见图5、6。

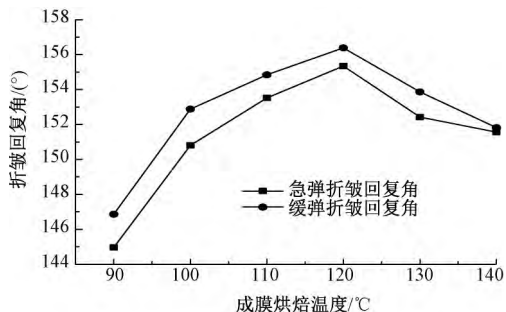


图5 成膜烘焙温度对折皱回复角的影响

由图5可看出,织物的折皱回复角随成膜温度的升高呈现先上升后下降的趋势,在温度为120 °C时达到峰值,急折皱回复角为155.34°,缓折皱回复角为156.38°。由图6可以看出,玄武岩织物的拉伸断裂强力随着温度的升高呈现上升的趋势,并在烘焙成膜温度达到最大值140 °C时达到最大值

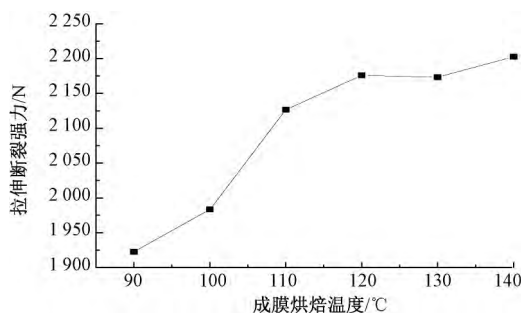


图6 成膜温度对拉伸断裂强力的影响

2 202.67 N,该温度下的玄武岩织物拉伸断裂强力最大。

随着温度升高,水挥发速度加快,整理剂分散体温度浓缩成膜,同时,热能足以克服聚氨酯分子内旋转的位垒,但不足以激发整个大分子运动,膜也呈现高弹态,所以织物折皱回复角,拉伸断裂强力增加;温度高于120 °C后,织物回复角以及拉伸断裂强力下降,与成膜机制有关。成膜烘焙温度较低时,玄武岩织物的抗皱性能较差,这是由于水性聚氨酯乳液的成膜温度在最低成膜温度以下形成薄膜时,由于水性聚氨酯乳液的胶粒不能发生变形并且融合,这种条件下形成的水性聚氨酯涂膜不是透明的,十分易脆并且是不连续的,甚至有可能形成粉末。也就是说,水性聚氨酯成膜的条件是温度必须高于其玻璃化温度的成膜环境,才能形成良好的水性聚氨酯涂层。

### 2.4 处理前后玄武岩纤维的表面形态

将聚氨酯处理前后的玄武岩纤维喷金,利用扫描电子显微镜观察其表面形态,结果见图7。可以看出,未经过任何处理的玄武岩纤维表面光滑;由水性聚氨酯浸润之后的样品,单丝表面附着一层明显的聚氨酯膜。此薄膜的产生能够使部分单丝之间产生抱合,有利于玄武岩纤维本身力学性能的提升,从而最终提高其复合材料的力学性能。

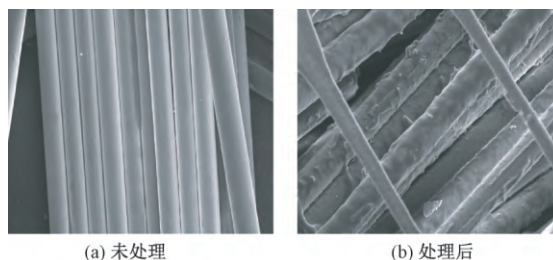


图7 处理前后玄武岩纤维电镜照片(×1 000)

### 2.5 处理前后玄武岩纤维的化学成分变化

水性聚氨酯表面处理对玄武岩纤维表面化学组成的影响如图8所示。

由图8可以看出,玄武岩纤维由大量无机化合

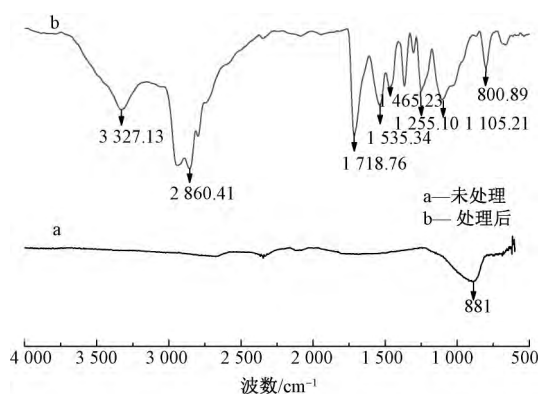


图8 处理前后玄武岩纤维红外谱图

物组成,曲线 a 只有少量吸收红外官能团,在  $881\text{ cm}^{-1}$  处为硅羟基的吸收官能团。曲线 b 中,  $1465.23\text{ cm}^{-1}$  处的吸收峰可能是由芳烃类化合物的  $\text{C}=\text{C}$  骨架伸缩振动产生;在  $3327.13$ 、 $1718.76\text{ cm}^{-1}$  处有很强的  $\text{N}-\text{H}$  和  $\text{C}=\text{O}$  吸收峰,氨基中的  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  的伸缩振动峰在  $1255.10\text{ cm}^{-1}$  处出现; $1535.34\text{ cm}^{-1}$  处为  $\text{N}-\text{H}$  的变形振动峰; $1105.12\text{ cm}^{-1}$  为  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  的伸缩振动峰; $800.89$  和  $2860.41\text{ cm}^{-1}$  处是  $-\text{CH}_3$  中  $\text{C}-\text{H}$  伸缩振动产生的,这几处吸收峰都较强,说明纤维表面存在大量饱和碳。这些新的官能团都是未经处理的玄武岩纤维上不存在的,而聚氨酯分子中含有大量芳香烃的  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ 、 $\text{C}=\text{C}$ 、 $\text{C}-\text{N}$  饱和碳等极性官能团,说明水性聚氨酯成功地吸附到玄武岩纤维的表面。

### 3 结论

①对玄武岩织物进行抗皱整理,利用硅烷偶联剂 KH555 使水性聚氨酯与玄武岩纤维以化学键的形式紧密结合,使得玄武岩织物的抗皱性能得到显著性提高,拉伸断裂强力明显增大,手感柔顺,同时增加了织物的弹性。

②利用水性聚氨酯改良玄武岩织物抗皱性能的

最佳工艺为:硅烷偶联剂 KH550 质量分数 4%、乳液中水性聚氨酯的质量浓度  $120\text{ g/L}$ 、成膜烘焙温度  $120\text{ }^\circ\text{C}$ 。

### 参考文献:

- [1] 齐风杰,李锦文,李传校,等.连续玄武岩纤维研究综述[J].高科技纤维与应用,2006,31(2):1-5.
- [2] CZIGÁNY T. Basalt fiber reinforced hybrid polymer composites[J]. Materials Science Forum, 2005, 473-474: 59-66.
- [3] 姜雪.玄武岩连续纤维专用浸润剂的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
- [4] 杨佳慧.玄武岩纤维的表面处理及其复合材料性能研究[D].上海:东华大学,2015.
- [5] LOPRESTO V, LEONE C, DE IORIO I. Mechanical characterisation of basalt fibre reinforced plastic[J]. Composites Part B (Engineering), 2011, 42(4): 717-723.
- [6] BANDARU A K, SACHAN Y, AHMAD S, et al. On the mechanical response of 2D plain woven and 3D angle-interlock fabrics[J]. Composites Part B (Engineering), 2017, 118: 135-138.
- [7] 宋秋霞,刘华武,钟智丽,等.硅烷偶联剂处理对玄武岩单丝拉伸性能的影响[J].天津工业大学学报,2010,29(1):20-22.
- [8] 黄益,王权威,孟一丁,等.苕麻织物的柠檬酸/多元醇抗皱整理[J].纺织学报,2017,38(5):105-108.
- [9] 周学嘉,胡啸林.水性聚氨酯的研究现状及其应用[J].广州化工,2011,39(22):13.
- [10] 陈荣圻.水性聚氨酯及其应用于纺织助剂[J].印染助剂,2014,21(2):7-8.
- [11] MOIZ Arsheen, VIJAYAN Arun, PADHYE Rajiv, et al. Chemical and water protective surface on cotton fabric by pad-knife-pad coating of WPU-PDM-STMS [J]. Cellulose, 2016, 23(5): 3377-3388.
- [12] 陈丽珠,黄洪,陈焕钦.水性聚氨酯的发展与应用研究进展[J].涂料技术与文摘,2008(5):13-16.