

针刺工艺对苧麻非织造物增强复合材料性能的影响

易章元¹, 龙碧璇², 邢彦蓉³, 严桂香¹, 柳正宾¹, 王春红²

(1.湖南华升洞庭麻业有限公司, 湖南 岳阳 414000; 2.天津工业大学 纺织学院, 天津 300387)

(3.天津工业大学 国际教育学院, 天津 300387)

摘要: 采用非织造-模压工艺,以苧麻纤维针刺非织造物为增强材料,不饱和聚酯树脂(UP)为基体材料,制备复合材料板材。研究了针刺工艺中不同针刺遍数(针刺1、2、3、4次)对苧麻非织造物厚度、面密度及拉伸强度性能的影响,及其对苧麻非织造物增强UP复合材料弯曲性能的影响。结果表明:随着针刺遍数的增加,苧麻非织造织物的厚度和面密度逐渐降低。当针刺遍数为2次时,苧麻非织造物增强UP复合材料弯曲性能最优。苧麻非织造物断裂强度与苧麻非织造物增强UP复合材料弯曲的横向拟合关系式为 $y = -24\ 889.47 + 104.84x - 1.08x^2$, $R^2 = 0.94$ 。纵向拟合 $y = -501.95 + 36.03x - 0.54x^2$, $R^2 = 0.80$,模型拟合效果好。

关键词: 苧麻; 非织造物; 复合材料; 不饱和聚酯树脂; 模压成型

中图分类号: TS176.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2019)02-0053-03

Effect of needling process on properties of ramie nonwoven fabric reinforced UP composites

YI Zhangyuan¹, LONG Bixuan², XING Yanrong³, YAN Guixiang¹, LIU Zhengbin¹, WANG Chunhong²

(1.Hunan Huasheng Dongting Flax Industry Co., Ltd., Yueyang 414000, China)

(2.School of Textile, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

(3.Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387)

Abstract: The nonwoven molding process is used to prepare composite with ramie needle punched nonwoven fabric as the reinforcing material and unsaturated polyester resin (UP) as the base material. Effect of different needling times (needling 1, 2, 3 and 4) on the thickness, weight and tensile strength of ramie nonwoven fabric and the flexural properties of the composites are studied. The results show that the flexural properties of ramie nonwoven fabric reinforced UP composites attain a peak while the needling times is 2. The transverse tensile fitting relationship between the breaking strength of ramie nonwoven fabric and the blending strength of ramie nonwoven fabric reinforced UP composite is $y = -24\ 889.47 + 104.84x - 1.08x^2$, $R^2 = 0.94$. The longitudinal tensile fitting relationship is $y = -501.95 + 36.03x - 0.54x^2$, $R^2 = 0.80$. The model fitting effect is well.

Key words: ramie; nonwoven fabric; composite material; unsaturated polyester resin; molding

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2019.02.016

我国有丰富的苧麻资源,苧麻具有优异的力学性能,拉伸强度为400~938 MPa,拉伸模量为61.4~128 GPa^[1]。近年来,针对苧麻纤维增强聚合物基体复合材料的研究越来越多,主要是将苧麻纤维作为玻璃等材料的替代品和聚合物填充物等,在汽车工业及建筑业有广泛的应用^[2-4]。

由于针刺法制备的非织造物具有独特的三维纤维结构,且有较好的机械性能和通透性^[5],因此本文研究了针刺工艺中不同针刺遍数对苧麻非织造物厚度、面密度及拉伸强度性能的影响,及其对苧麻非织造物增强不饱和聚酯(UP)复合材料弯曲性能的影响。

1 试验部分

1.1 主要原材料

苧麻纤维,细度约为36.11 μm,长度约为95 mm,

断裂强度约为488 MPa,湖南华升洞庭麻业有限公司产。不饱和聚酯196 s,促进剂(二甲基苯胺-苯乙烯液),固化剂(过氧化苯甲酰二丁酯糊),脱模剂PMR。

1.2 设备和仪器

XFH型和毛机(青岛市胶南针织机械厂);Y/TD71-45A型液压机(天津市天锻压力机厂);TSCWJ-360型特种纤维梳理成网机,天津工业大学机电学院纺机系与青岛诚利佳机械有限公司联合研制;FA2004型电子天平(上海上平仪器有限公司);3369型万能强力机(美国英斯特朗公司);YTD71-45A型塑料制品液压机;Y802A型八篮恒温烘箱(中华人民共和国常州纺织仪器厂)。

1.3 试样制备

1.3.1 苧麻针刺非织造物的制备

由于梳理和成网加工条件的限制,纤维长度不宜过长,因而先将苧麻纤维剪短。由于苧麻纤维长度多分布在6~9 cm区间,因此按照9 cm长度剪短,使短纤率不致过高,剪短后纤维长度约为6~7 cm。

收稿日期: 2018-01-05

作者简介: 易章元(1968—),男,主要从事纺织机械设备管理与纺织产品研发。

通信作者: 王春红。E-mail:18802231369@163.com。

为使原料混合均匀并开松,对喂入的纤维进行梳理成网,采用定重式喂入,每次喂入的纤维质量为28.5 g。为了研究针刺工艺中针刺遍数对复合材料性能的影响,本文制备了4种不同工艺的苧麻针刺毡。制备工艺分别为:针刺1次、2次、3次、4次。

1.3.2 苧麻非织造物增强UP复合材料的制备

(1)准备增强材料。按照所需大小和形状裁剪非织造物,并放入105℃烘箱中烘干1 h备用,去除其中水分,防止复合材料在成型过程中失去水分,造成复合材料内部出现空隙,产生应力缺陷。

(2)准备模具。修刮钢化玻璃板表面,使其干净和平整,于其上均匀涂抹一层脱模剂PMR。

(3)准备基体材料。将不饱和聚酯树脂溶液按比例配置:固化剂质量分数为1.3%,促进剂质量分数为1%。

(4)手糊工艺。将非织造布和树脂交替铺层,并用玻璃棒将树脂均匀铺开,排除气泡,使非织造布浸透树脂。

(5)固化工艺。在手糊后的材料四周放上厚3 mm的垫片以控制复合材料板材的厚度,然后压上一块钢化玻璃板,确保所制备的复合材料表面光滑平整。

(6)加压条件。在40℃条件下加压,所加压力为2~3 MPa,加压时间2 h。

(7)脱膜及修整。

1.4 性能测试和表征

1.4.1 非织造织物厚度测试

依据FZ/T 60004—1991《非织造布厚度的测定》测定。压脚面积为2 460 mm²,砝码质量为150 g。

1.4.2 密度测试

依据FZ/T 60003—1991《非织造布单位面积质量的测定》测定。用式(1)计算试样的单位面积质量PA(g/m²):

$$PA = \frac{m \times 10^4}{A} \quad (1)$$

式中:m——试样质量,g;

A——试样面积,cm²

1.4.3 苧麻非织造物拉伸性能测试

依据GB/T 24218.3—2010《纺织品 非织造布试验方法 第3部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》测试拉伸性能。拉伸速度为100 mm/min,夹持距离为200 mm,试样尺寸为250 mm×50 mm。

1.4.4 苧麻非织造物增强UP复合材料弯曲性能测试

依据GB/T 1449—2005《纤维增强塑料弯曲性能试验方法》进行测试。加载速度2 mm/min,支点跨距48 mm。复合材料试样裁切成60 mm×12.5 mm×3 mm大小,裁切后的试样要分别测试样品中间处的宽度及厚度。

2 结果与讨论

2.1 针刺遍数对苧麻非织造物厚度的影响

针刺遍数对苧麻非织造物厚度的影响见图1。

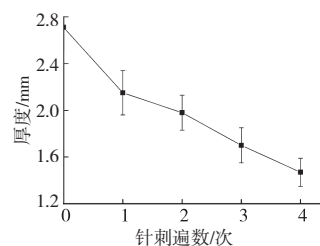


图1 针刺遍数对苧麻非织造物厚度的影响

如图1所示,当纤网质量一定时,随着针刺遍数的增加,非织造织物厚度呈下降趋势。当针刺遍数为4次时,非织造织物的厚度达到1.47 mm。原因可能是随针刺遍数的增加,针刺密度增大且纤网逐渐紧密,而纤网表层的纤维也随着针刺的运动进入内层,从而使纤维与纤维之间的摩擦纠缠力增强;又由于应力回弹的缘故,纤维恢复到初始状态的可能性降低,故纤维重新被锁定于不同的位置,这样纤网又被进一步压实,所以厚度呈降低趋势。如图1所示,随着针刺遍数的增加,厚度减小的程度越来越小。这是因为纤维毡的紧密度逐渐增加,达到一定程度后趋于稳定,其厚度也趋于稳定。由于针刺密度进一步增加,损伤了纤网中的表层纤维,并且这些受损纤维基本都保留在纤维毡的表层,而受损纤维短于原纤维,故其回弹性增强,纤维与纤维之间的束缚减弱^[5]。

2.2 针刺遍数对苧麻非织造物面密度的影响

针刺遍数对苧麻非织造物面密度的影响见图2。

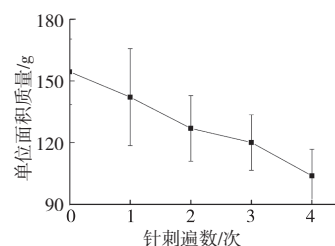


图2 针刺遍数对苧麻非织造物面密度的影响

由图2可知,随着针刺遍数增加,苧麻非织造物面

密度逐渐减小。当针刺遍数为4次时,单位面积质量达到最小值103.85 g。这可能是由于刺针上的倒钩带着纤维网表层的纤维定向进入内层,纤维与纤维之间互相锁合,并且针刺的阻力以及输入与输出的速比造成了意外牵伸,使纤网面密度下降。

2.3 针刺遍数对苧麻非织造物拉伸性能的影响

针刺遍数对苧麻非织造物拉伸性能的影响见图3。

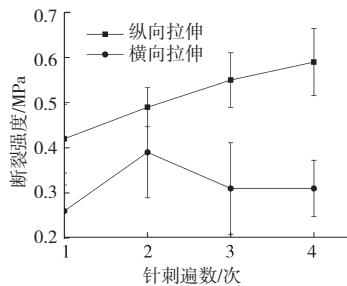


图3 针刺遍数对苧麻非织造物拉伸性能的影响

由图3可知,苧麻非织造织物的纵向拉伸断裂强度随着针刺遍数的增加而上升。当针刺遍数为4次时,断裂强度为0.59 MPa。而横向拉伸时,断裂强度呈先上升后下降的趋势。当针刺遍数为2次时,断裂强力最大为0.39 MPa。

在一定范围内,纤维网定量相同,当针刺遍数增加时,织物单位面积内所受的针刺作用也增加,刺针的倒刺带着纤网表层纤维重新定向进入纤网内层的数量增多,故加强了纤网中垂直和水平两方向上纤维之间的缠结力,纵横向强力比得到改善,大大提高了非织造物的紧密度。在纵向拉伸过程中,由于纤维之间的抱合力增加,所以纤维之间的滑脱减少,从而非织造布的纵向断裂强度增加。

当非织造物横向拉伸时,紧密程度不会随针刺遍数的继续增加而增加,且纤网中的纤维由于受到束缚作用不再产生滑移,从而造成刺针损伤纤维的数量增加,非织造物的断裂强度减小。因而,随着针刺遍数的增加,非织造物的横向断裂强度呈先增加后减小的趋势。

2.4 苧麻非织造物/不饱和聚酯复合材料的弯曲性能测试

苧麻非织造物/不饱和聚酯复合材料的弯曲性能测试见图4。可知,随着针刺遍数的增加,复合材料板的纵向和横向弯曲强度均呈先增加后减小的趋势。当针刺遍数为2次时,弯曲强度分别达到最大值,纵向为89.92 MPa,横向为66.06 MPa。复合材料的力学性能由纤维的强度、树脂的强度及纤维与树脂截面结合情况等因素构成,纤维在复合材料中起增强作用。当针

刺遍数为2次时,不饱和聚酯树脂中纤维的分散较好,树脂与纤维的接触面积较大,且对聚合物内部分子链段运动的阻碍能力较大,故纤维被树脂包裹浸润得较好,苧麻纤维与UP之间的相互作用力增强,且纤维与纤维之间应力传递增强^[6],故复合材料弯曲性能较好。当针刺遍数再次增加,非织造织物的密度增大,使苧麻纤维在UP中的分散程度变差,苧麻纤维不能被树脂完全浸润包裹,导致其相互作用力减弱和界面相容性变差,复合材料内部和局部应力集中,从而影响复合材料的性能,使苧麻非织造增强UP复合材料的弯曲性能下降。

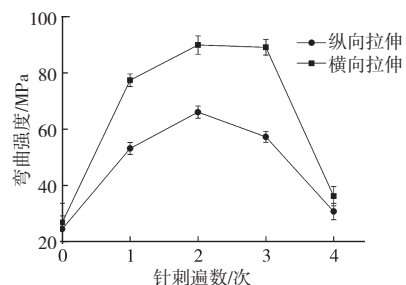


图4 苧麻非织造物/不饱和聚酯复合材料的弯曲性能测试

2.5 苧麻非织造物断裂强度与复合材料弯曲强度的关系

苧麻非织造物断裂强度与复合材料弯曲强度的关系见图5。

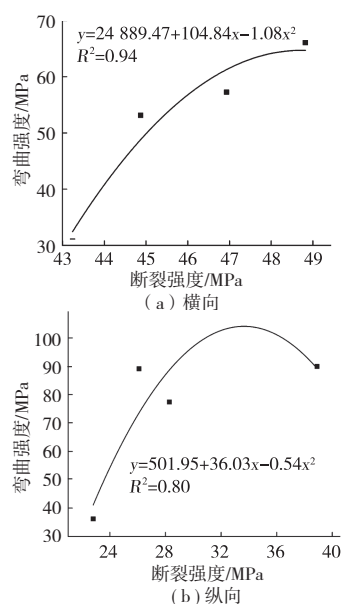


图5 苧麻非织造物断裂强度与复合材料弯曲强度的关系

图5(a)是苧麻非织造物断裂强度与复合材料横向弯曲强度的拟合关系,复合材料弯曲强度为 y ,苧麻非织造物断裂强度为 x ,拟合关系式为 $y = -24889.47 +$

☞(下转第60页)

4 结 语

应用丝网印刷原理,本文采用输送皮带作为载体,设计上料机构、印刷机构、烘干箱、输送带传送机构、收料机构,完成了织带套色印刷机的结构设计。通过电气联合控制,实现了设备的上料、印刷、烘干、收料工作,实现了所设计的功能,设备有以下特点:

(1)采用输送皮带作为载体进行织带印刷,解决了传统印刷中织带传送容易变形、难以定位的难题。

(2)选用铁氟龙带作为输送皮带,其材料耐高温且不易变形,保证了输送皮带的准确传送。

(3)输送皮带的传送机构设计了张力恒定装置,确保皮带受力均衡、定位准确,保持了印刷质量的稳定。

(4)放料和收料机构均设计了双放料轴和双收料轴,提高了设备的工作效率。

(5)套色印刷采用视觉跟踪系统检测所印图案的位置,伺服电动机驱动网框精密跟踪移动,提高了套色的精准度。

(6)设备设计为模块式结构,根据印刷色数可以组合成单色或多色印刷机,以满足不同用户的需求^[16]。



参考文献:

- [1] 闫安,王金乐.网印质量的关键——丝网印版[J].丝网印刷,2008(5):17-20.
[2] 张怀智,曹宏安,黄鹏波,等.炮弹标志自动印刷系统研究与开发

[J].包装工程,2011(3):26-42.

- [3] 林钟兴,连学东.全自动卷带式多色网版印刷机[J].丝网印刷,2004(8):28-29.
[4] 李家烽,甘文昌.汽车焊接生产线气动控制系统安装集成化探讨[J].企业科技与发展,2011(11):11-13.
[5] 王晓霖.丝网印刷机全气控气动系统设计研究[J].科学与财富,2015(7):549.
[6] 葛耀峥,陶国良.PLC控制的多功能气动系统教学实验台设计[J].液压气动与密封,2001(4):17-18.
[7] 李玲.基于以太网的PLC-PC架构凹印机监控管理系统开发[D].西安:西安理工大学,2008.
[8] 王延政.罗非鱼切片机的初步研究与设计——切割动作的运动分析和设计[D].上海:上海海洋大学,2014.
[9] 陈光恩.工业用连续式、干法行星磨机的参数及结构设计研究[D].南京:东南大学,2011.
[10] 熊国云,熊荣敏.“三合一”送料机的设计分析[J].广东科技,2015(24):21-23.
[11] 邱小夏.轿车电动座椅调节机构设计[J].机械研究与应用,2015(5):104-106.
[12] 仇卫建,赵远.锚杆钻车锚护臂调平机构的设计[J].煤矿机械,2015(6):198-199.
[13] 林钟兴.炮弹标识印刷自动线的设计[J].丝网印刷,2016(3):15-21.
[14] 马人天.基于疲劳破坏试验的气缸寿命分析[D].成都:电子科技大学,2013.
[15] 陈建平,李志伟,邓三鹏,等.基于气压传动的焊条包装线的研发[J].液压与气动,2013(2):45-47.
[16] 翟一红.印刷机墨辊-轴承的多源故障信息的特征提取研究[D].西安:西安理工大学,2015.

(上接第55页)

$104.84x-1.08x^2$,模型拟合得相关系数 R^2 为 0.94。图 5(b)是苧麻非织造物断裂强度与复合材料纵向弯曲强度的拟合关系,复合材料弯曲强度为 y ,苧麻非织造物断裂强度为 x ,拟合关系式为 $y=-501.95+36.03x-0.54x^2$,模型拟合得相关系数 R^2 为 0.80,表明该模型拟合效果好。在苧麻非织造拉伸过程中,此模型在一定程度上能够预估所制备苧麻非织造织物增强 UP 复合材料的弯曲强度。

3 结 语

(1)当针刺遍数为 2 次时,苧麻非织造织物增强 UP 复合材料的弯曲强度达到最大值,纵向拉伸和横向拉伸的弯曲强度分别为 89.92 MPa 和 66.06 MPa。

(2)苧麻非织造织物的断裂强度与苧麻非织造织物增强 UP 复合材料的横向弯曲强度的拟合关系式为

$y=-24\ 889.47+104.84x-1.08x^2, R^2=0.94$ 。纵向拟合 $y=-501.95+36.03x-0.54x^2, R^2=0.80$,模型拟合效果较好。



参考文献:

- [1] 刘燕峰,包建文,李艳亮,等.固化温度对苧麻纤维增强复合材料性能的影响[J].航空材料学报,2012,32(2):49-53.
[2] 张荫楠,王春红,马崇启.苧麻纤维/玻璃纤维混杂增强聚丙烯树脂基复合材料的制备与力学性能分析[J].玻璃钢/复合材料,2012(S1):63-67.
[3] 刘燕峰,包建文,李艳亮,等.固化温度对苧麻纤维增强复合材料性能的影响[J].航空材料学报,2012,32(2):49-53.
[4] 王春红,张青菊,任子龙,等.GF增强PP/苧麻纤维复合材料的制备及其性能研究[J].工程塑料应用,2015,43(7):1-5.
[5] 刘丽芳.针刺工艺参数对非织造织物性能的影响[J].纺织导报,2003(5):132-136.
[6] 李津,王春红,贺文婷,等.洋麻纤维的表面改性及其在聚丙烯基复合材料中的应用[J].工程塑料应用,2014,42(2):6-10.