

文章编号: 1673-3851 (2011) 05-0690-04

纤维表面处理对芳纶/水泥砂浆复合材料力学性能的影响

胡海涛, 李 妮, 熊 杰

(浙江理工大学先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018)

摘 要: 为了改善纤维与水泥基材的界面黏结,利用低温等离子技术对芳纶纤维作表面处理,通过场发射扫描电镜(FE-SEM)观察处理前后芳纶纤维表面形貌的变化;采用二步法制备短切芳纶纤维增强水泥砂浆试样,利用万能试验机测试低温等离子处理前后试样的弯曲强度的变化。结果表明:低温等离子处理能够有效地改善芳纶纤维的表面形貌;当处理功率为 100 W 时,芳纶/水泥砂浆复合材料试样的弯曲强度从 8.3 MPa 提高到了 10.5 MPa,提高了 26.4%;当处理时间为 20 min 时,试样的弯曲强度从 8.3 MPa 增加到 9.7 MPa;继续提高处理功率和延长处理时间,试样的弯曲强度反而下降。

关键词: 芳纶/水泥砂浆复合材料; 芳纶纤维; 低温等离子; 弯曲强度

中图分类号: TU506 **文献标识码:** A

0 引 言

芳纶纤维因其高强、质轻、耐腐蚀、抗冲击性能好等优点,兼有无机材料的力学性能和有机材料的加工性能,成为一种较好的水泥砂浆增强材料。但芳纶纤维是一种由高度取向结晶微区组成的材料,没有无定形区,分子链中庞大苯环的位阻作用使酰胺基团较难与其他原子或基团发生作用,具有化学惰性,同时芳纶纤维表面光滑,导致与水泥基材界面结合力弱,因此需要对其表面进行改性处理^[1-2]。低温等离子技术^[2-3]是一种有效的表面处理方法之一,其独特之处在于等离子体表面处理的作用深度仅涉及距材料表面几个到数十个纳米范围内,改性的区域和程度具有可控性。笔者在《短切芳纶纤维增强水泥砂浆准静态下力学性能研究》一文中研究了外加剂(羧甲基纤维素钠、硅微粉)以及不同的纤维掺量对芳纶纤维增强水泥砂浆的准静态下力学性能的影响^[4]。本文将研究芳纶纤维经低温等离子处理前后纤维的力学性能和表面形貌的变化,及其掺入后对芳纶/水泥砂浆复合材料准静态力学性能的影响。

1 实验部分

1.1 实验材料

P·C325 复合硅酸盐水泥(杭州海狮水泥有限公司);ISO 标准砂(厦门艾思欧标准砂有限公司);芳纶(Kevlar® 964C 纤维);硅微粉(1250 目,浙江中新新材料发展有限公司);N 型高效减水剂(60 目,北京新中岩建材科技有限公司);羧甲基纤维素钠(300~800 mPa·s,国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 试样制备

1.2.1 低温等离子体处理

对芳纶纤维的表面改性采用 HD-1A 型冷等离子体设备,电容式耦合辉光放电产生低温等离子体。该装置反应室为硬质高温玻璃圆筒,直径 230 mm,高度 250 mm,RF 射频电源频率 13.56 MHz,功率 0~500 W 连续可调,基底真空度小于 5 Pa,气压连续可调。本文选用功率 50、75、100、125、150 W;处理时间 5、10、15、20、25 min。

1.2.2 试样制备

本文采用二步法来制备短切芳纶纤维增强水泥砂浆试样,具体制备方法参照文献[4]采用的方法。

1.3 性能测试

1.3.1 形貌表征

利用德国 ULTRA 55 场发射扫描电镜(FE-SEM)观察表征芳纶纤维低温等离子处理前后纤维的表面形貌。

1.3.2 芳纶纤维力学性能表征

参照 GB/T15231—2008 测试纤维的力学性能,每组 5 根,一共 3 组。

1.3.3 芳纶/水泥砂浆复合材料试样弯曲强度表征^[5]

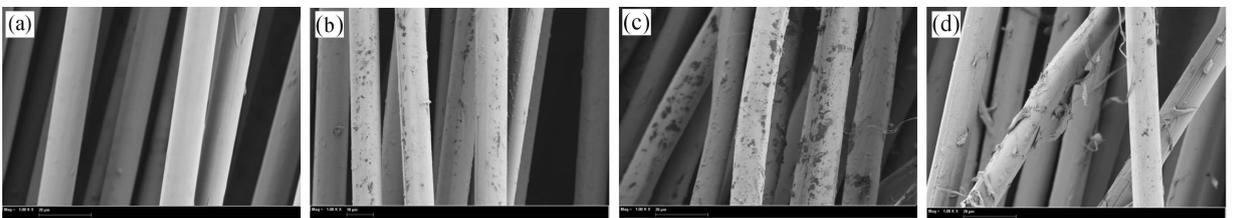
参照 GB/T15231—2008 在准静态下测试试样的弯曲强度。试样尺寸 250 mm×50 mm×10 mm,每组 5 块。

试样制备成 260 mm×260 mm×10 mm 的板材,在温度(20±3)℃,相对湿度 60%以上的养护室养护 28 d后取出,从该板材的中间部位切取测试试件,将其在通风良好的常温室内放置 48 h,使之处于气干状态,然后在 RGM-200A 型微机控制电子万能试验机上进行四点弯曲测试。

2 结果与讨论

2.1 处理功率对芳纶纤维及其复合材料力学性能的影响

图 1 是芳纶纤维经不同功率低温等离子体处理后的 FE-SEM 照片。从图 1 可以看出,未经低温等离子处理的芳纶纤维表面光滑^[6-7],而经低温等离子处理后,纤维表面受到不同程度的刻蚀,出现明显的条纹和沟槽,随着处理功率的升高,纤维表面被刻蚀的程度增加,纤维表面的条纹和沟槽增多;而功率达到 150 W 的时候,纤维的表面产生严重剥离和脱落。

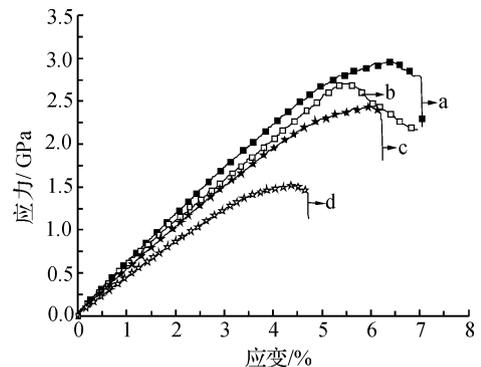


(a)未处理, (b)50 W, (c)100 W, (d)150 W

图 1 不同功率低温等离子处理的芳纶纤维表面 FE-SEM 形貌

图 2 是经不同功率处理后的芳纶纤维拉伸的应力-应变曲线。从图 2 可以看出,随着处理功率的增加,纤维的拉伸强度逐渐降低。当处理功率达到 100 W 时,纤维的拉伸强度下降了 20%;继续升高处理功率,纤维的拉伸强度急剧下降,当处理功率为 150 W 的时候,纤维的拉伸强度降低了近 50%。这主要是因为低温等离子处理对纤维的表面进行了不同程度的刻蚀,受到不同程度的破坏,导致了纤维的拉伸强度下降,这与图 1 电镜照片中观察到的纤维的形貌刻蚀情况相吻合。

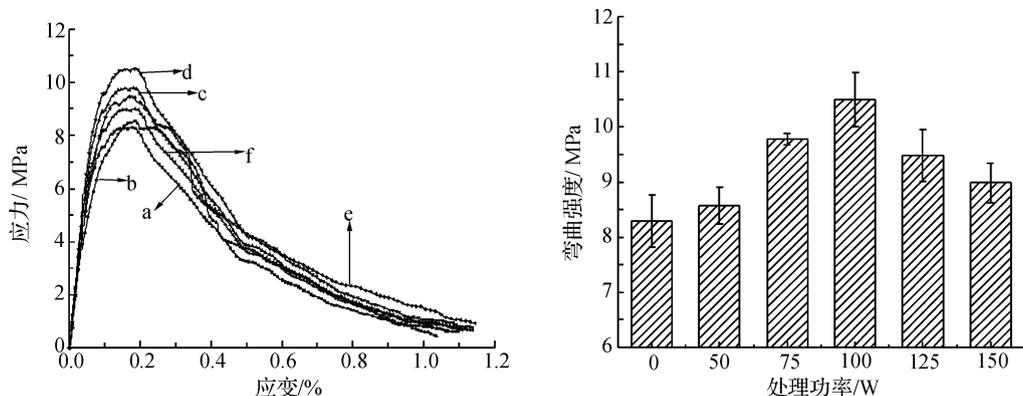
图 3 是经不同功率处理的纤维的加入对水泥砂浆试样的弯曲性能的影响(其中纤维长度 5~8 mm,体积分数 5%,处理时间 10 min)。图 3 可以看出,掺加低温等离子处理过的芳纶纤维可以提高试样的弯曲强度。当处理功率为 100 W 时,试样的弯曲强度从 8.3 MPa 提高到了 10.5 MPa,提高了 26.4%;然而当处理功率为 150 W 时,弯曲强度反而下降到 8.9 MPa。弯曲强度提高是因为在纤维进行低温等离子处理时,同时进行着纤维表面的刻蚀与表面活性氧化基团的形成,这两种因素都会优化纤维与水泥基材的界面结合^[8]。一方面,纤维表面粗糙度增加,增大了纤维与水泥基体的啮合,同时除去了弱界面层,增加了纤维与基体的接触面积;另一方面,提高了纤维的表面活性,使基



(a)未处理, (b)50 W, (c)100 W, (d)150 W

图 2 不同处理功率的芳纶纤维拉伸应力-应变曲线

体更有效地润湿纤维,有利于纤维与水泥基体的黏结。但是低温等离子处理同时也会使纤维的力学性能降低,尤其是当处理功率过高时,由于低温等离子体能量过大,对纤维表面刻蚀和氧化剧烈,纤维表面剥离和脱落现象严重,纤维受到严重损坏,从而使纤维在承受应力时所能承受的最大应力下降,弯曲强度下降急剧。因此,综合考虑以上因素,为了能够最大限度地提高试样的力学性能,选择处理功率 100 W 为宜。

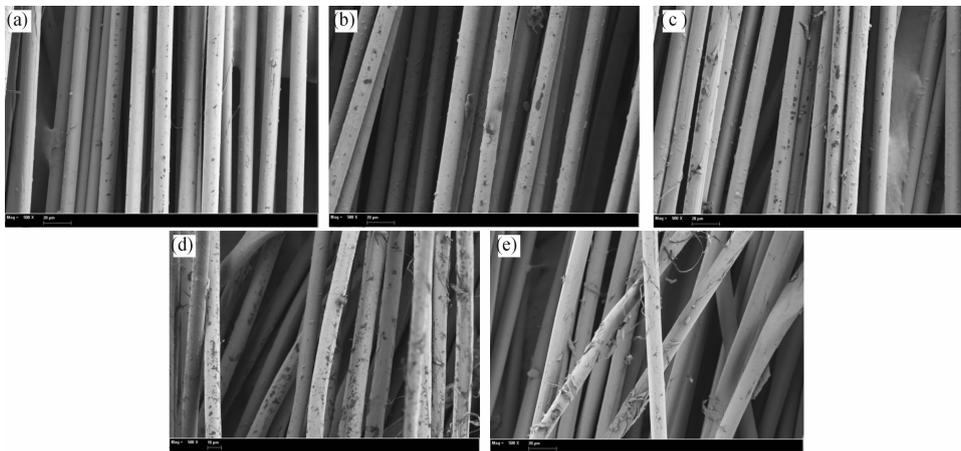


(a)未处理, (b)50 W, (c)75 W, (d)100 W, (e)125 W, (f)150 W

图3 处理功率对短切芳纶/水泥砂浆复合材料弯曲性能的影响

2.2 处理时间对芳纶纤维及其复合材料的力学性能的影响

图4是不同的低温等离子处理时间芳纶纤维的FE-SEM图(处理功率100W)。从图4可以看出,随着处理时间的延长,纤维表面刻蚀程度增加,受到处理的纤维数目也逐渐增加;当处理时间为20min时,纤维表面受到氧化和刻蚀的效果相对较好;继续延长处理时间到25min,纤维表面发生严重的剥离和脱落现象。

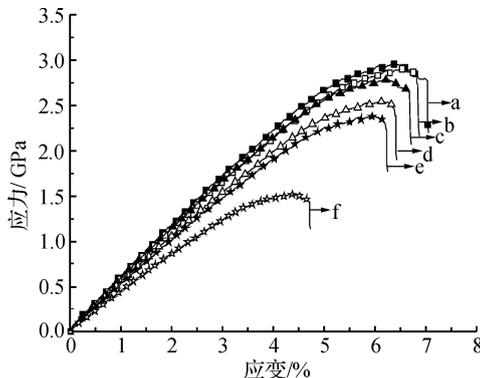


(a)5 min, (b)10 min, (c)15 min, (d)20 min, (e)25 min

图4 不同时间低温等离子体处理的芳纶表面FE-SEM形貌

图5是经不同时间的低温等离子体处理后芳纶纤维试样拉伸性能曲线(纤维体积分数为5%,纤维长度5~8mm,处理功率为100W)。如图5所示,随着处理时间的延长,纤维的拉伸强度不断降低,尤其是当处理时间超过20min后,纤维拉伸强度的降低加剧。这主要是由于纤维受到刻蚀和氧化的程度不同造成的。

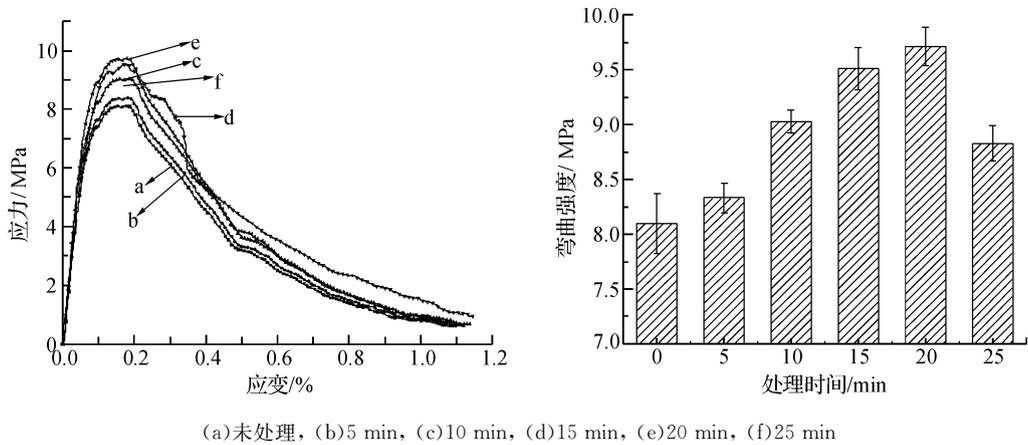
图6是处理时间对复合材料试样弯曲性能的影响。从图6可以看出,当处理时间从5min延长到20min时,试样的弯曲强度从8.3MPa增加到9.7MPa;继续延长处理时间,试样的弯曲强度反而下降。这主要是因为延长处理时间使低温等离子处理的效果更好,处理到的纤维数目增多,



(a)未处理, (b)5 min, (c)10 min, (d)15 min, (e)20 min, (f)25 min

图5 不同处理时间的芳纶纤维拉伸应力-应变曲线

纤维与水泥基体间的界面黏结更加牢固,从而使得芳纶/水泥砂浆试样的弯曲强度得以提高;当处理时间超过一定限度后,反而会使低温等离子处理过度,造成纤维表面发生剥离和脱落现象,纤维的力学性能损害严重,不能有效地分担试样承受的应力,因此试样的弯曲强度反而下降。因此选取处理时间 20 min 为较佳。



(a)未处理, (b)5 min, (c)10 min, (d)15 min, (e)20 min, (f)25 min
图 6 处理时间对短切芳纶/水泥砂浆复合材料的弯曲性能的影响

3 结 论

a)低温等离子处理能够有效地改善芳纶纤维的表面形貌。当处理功率为 100 W,处理时间 20 min 时,纤维的表面形貌处理效果相对较好,既能增强纤维与水泥基材的界面黏结,纤维本身的拉伸强度下降也不是很严重。

b)掺入一定量的经低温等离子处理后的芳纶纤维能够提高水泥砂浆试样的弯曲强度。当处理功率为 100 W 时,试样的弯曲强度从 8.3 MPa 提高到了 10.5 MPa,提高了 26.4%;当处理时间为 20 min 时,试样的弯曲强度从 8.3 MPa 增加到 9.7 MPa;继续提高处理功率和延长处理时间,试样的弯曲强度反而下降。

参考文献:

- [1] 刘 丽,张 翔,黄玉东,等. 芳纶表面及界面改性技术的研究现状及发展趋势[J]. 高科技纤维与应用, 2002, 27(4): 12-17.
- [2] 严志云,刘华安,贾德民. 芳纶纤维的表面处理及其在橡胶工业中的应用[J]. 橡胶工业, 2004(1): 56-60.
- [3] 熊 杰,萧庆亮,唐 菊,等. 纤维表面处理对 FRP-水泥砂浆抗弯性能的影响[J]. 建筑材料学报, 2004, 7(3): 275-280.
- [4] 胡海涛,李 妮,熊 杰. 短切芳纶纤维增强水泥砂浆准静态下力学性能研究[J]. 浙江理工大学学报, 2011, 28(4): 505-509.
- [5] GB/T 15231—2008 玻璃纤维增强水泥性能试验方法: 抗弯强度[S].
- [6] 郭士恒,杨建忠. 低温等离子处理对芳纶性能的影响[J]. 产业用纺织品, 2007(12): 24-28.
- [7] 严志云,石虹桥,刘安华,等. 低温等离子改性芳纶表面的 XPS 分析[J]. 纺织学报, 2007, 28(8): 19-22.
- [8] 宁 超,赵 帅,李国忠. 表面改性芳纶纤维增强水泥砂浆的性能[J]. 江苏建材, 2008(1): 29-30.

(下转第 743 页)