

浸渍整理芳纶/PAN 预氧化纤维滤料性能

邓 洪

(国家知识产权局专利局专利审查协作四川中心,四川 成都 610213)

摘 要:以 PTFE 乳液和水性环氧树脂为整理液主要材料,对芳纶/PAN 预氧化纤维滤料进行浸渍整理以改善滤料过滤性能。采用扫描电子显微镜对滤料进行形貌观察,并对滤料进行了拉伸性能、透气性、孔径尺寸和过滤性能测试。结果表明:浸渍整理后滤料中的纤维及纤维孔隙间形成树脂附着物,使滤料透气性和孔径减小,最小孔径、最大孔径和平均孔径分别减小了 9.30%、9.75%和 9.08%,过滤效率得到改善,对于粒径 ≥ 0.3 、 ≥ 0.5 、 ≥ 1.0 和 $\geq 2.5 \mu\text{m}$ 微粒过滤效率分别提高了 32.40%、16.91%、4.45%和 2.98%,然而滤料的拉伸断裂强度和断裂伸长率无明显变化,可满足除尘器对滤料机械性能的要求。

关键词:浸渍整理;空气过滤材料;孔径;过滤效率

中图分类号:TS155.6

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2021)04-0015-03

在我国,冶炼、火力发电、水泥工业以及垃圾焚烧等主要污染源所产生的粉尘颗粒物尤其是粒径较小的悬浮颗粒物对人体健康造成了严重危害^[1-2]。使用纤维滤料对工业废气进行过滤是清除悬浮颗粒物、净化空气行之有效的有效手段之一,因此具有低成本、较高过滤效率、低能耗特点的纤维过滤材料成为迫切的需求^[3]。目前用于高温滤料的纤维材料主要有聚苯硫醚纤维、芳纶纤维、聚四氟乙烯纤维、聚酰亚胺纤维、芳腈纶纤维、玄武岩纤维和玻璃纤维等^[4-7]。然而,这些纤维或存在价格高或存在刚性大、纺织可加工性能差的缺点,增加了耐高温纤维滤料的成本和加工难度,不利于相关成品的推广使用^[8]。

为了提高纤维滤料过滤性能通常采用烧毛、轧光、浸渍、涂层和覆膜等方法对滤料进行后整理^[9]。浸渍整理可在纤维及纤维间形成树脂附着物,改善滤料结构提高过滤效率,谢柠蔚等通过浸渍整理所制备的聚苯硫醚纤维滤料对粒径大于 $2.0 \mu\text{m}$ 的气溶胶过滤效率达到 100%^[10]。涂层整理可使纤维滤料表面形成一层致密薄膜,提高滤料过滤效率,另外还可以改善滤料的耐酸碱性能及清灰性能,提高滤料使用寿命^[11]。刘培杰等通过自组装涂层工艺,将芳纶纳米纤维分散液涂覆于纤维滤料表面,制备芳纶纳米纤维覆膜滤料。与聚四氟乙烯覆膜纤维滤料对比发现,所制备的纳米纤维覆膜滤料具有良好的机械性能和热尺寸稳定性,

孔径小且分布窄,过滤效率较高,可用作高精度耐高温纤维滤料^[12]。通过浸渍整理方法改善芳纶/PAN 预氧化纤维滤料过滤性能,以开发成本低、过滤性能优良的耐高温纤维滤料。

1 试验部分

1.1 试验材料

芳纶/PAN 预氧化纤维复合滤料(自制,克重为 320 g/cm^2),PTFE 乳液(固含量为 60%,粒径为 $0.05 \sim 0.2 \mu\text{m}$,广州松柏化工有限公司),水性环氧树脂(固含量为 50%,固化温度为 $100 \sim 200 \text{ }^\circ\text{C}$,广州金诚化工有限公司)。

1.2 芳纶/PAN 预氧化纤维复合滤料浸渍整理

浸渍整理液:PTFE 质量分数为 20%,水性环氧树脂质量分数为 10%,蒸馏水为 70%,经机械搅拌形成均匀稳定的悬浮液体系。将芳纶/PAN 预氧化纤维复合滤料试样浸入浸渍整理液中 2 min,然后经轧车轧去多余的整理液,轧余率为 95%,接着进行预烘,使整理后的复合滤料水分蒸发,温度为 $100 \text{ }^\circ\text{C}$,时间为 3 min,最后进行焙烘,使 PTFE 和环氧树脂固化,温度为 $160 \text{ }^\circ\text{C}$,时间为 5 min,获得浸渍整理芳纶/PAN 预氧化纤维复合滤料。

1.3 性能测试

采用的 TM3030 扫描电子显微镜(日立电子公司)观察纤维滤料表面形貌结构,获得清晰的 SEM 图像。

依据 GB/T 24248.3-2010 标准,采用 YG028 万能材料试验机(温州方圆仪器有限公司)进行拉伸性能

收稿日期:2020-11-30

作者简介:邓 洪(1990-),男,助理研究员,硕士,主要从事纺织材料及纺织机械领域发明专利实质审查工作。

测试,试样尺寸 300 mm×50 mm,夹持距为 200 mm,拉伸速度为 100 mm/min,每个试样纵横向分别取 5 个样品进行测试,取平均值作为最终结果。

依据 GB/T 5453—1997 标准,采用 YG461H 全自动透气量仪(宁波纺织仪器有限公司)对滤料透气性进行测试。测试面积为 20 cm²,压差为 200 Pa,每个试样取 5 个样品进行测试,取平均值作为最终结果。

使用 PSM165 孔径测试仪(德国布鲁克公司)测试滤料的孔径结构。圆形试样直径为 40 mm,测试用夹具孔径为 11 mm,压缩空气流速范围为 0.06~70 L/min。

使用 LZC-K1 型滤料综合性能测试台(苏州华达实验仪器有限公司)对复合滤料过滤性能进行测试。测试面积为 100 cm²,流量为 32 L/min,主要考察对 0.3、0.5、1.0 和 2.5 μm 等 4 种粒径微粒的过滤效率。

2 结果与分析

未整理和经浸渍整理滤料 SEM 图像如图 1 所示。由图 1 可知,纤维滤料中纤维互相搭接、缠结形成不规则的孔径结构,有助于气流通过和颗粒物截留,未整理滤料纤维间存在较大孔隙。经浸渍整理后的滤料纤维间有附着物形成,填充到纤维间使纤维间孔隙明显减小。这是因为经浸渍整理,PTFE 乳液和水性环氧树脂填充到纤维间,然后经过预烘和焙烘作用,水分蒸发,PTFE 和环氧树脂固结在纤维表面及纤维空隙处使滤料变得更加致密,孔隙减小,有利于改善滤料过滤性能^[13]。

表 1 未整理和经浸渍整理滤料性能指标

试样	未整理	浸渍整理
厚度/mm	3.78	3.82
孔隙率/%	81.55	79.50
透气性/mm·s ⁻¹	386.50	345.70

未整理和经浸渍整理滤料厚度、孔隙率和透气性指标见表 1。由表 1 可知,未整理和经浸渍整理滤料的厚度无明显变化,但是孔隙率和透气性分别下降了 2.51% 和 10.56%。因为滤料经浸渍整理后,PTFE 和环氧树脂固结在纤维表面及纤维空隙间,一方面填充了一部分缝隙使滤料孔隙率减小,另一方面树脂的存在使纤维间孔隙减小,滤料变得更加致密,透气性降低。

未整理和经浸渍整理滤料的拉伸性能见表 2。由表 2 可知,经浸渍整理后滤料的纵向断裂强力和横向断裂强力稍有增加,但不明显,纵向断裂伸长率和横向断裂伸长率变化也不明显。滤料的拉伸性能主要由滤料中增加的基布决定,另外还受到纤维间缠结性能的影响,浸渍整理对增强基布的物理机械性能无明显影响,另一方面,树脂在纤维间的存在虽然一定程度上增强了纤维间固结性能但影响有限,因此经浸渍整理后的滤料断裂强力有一定改善,但不明显。

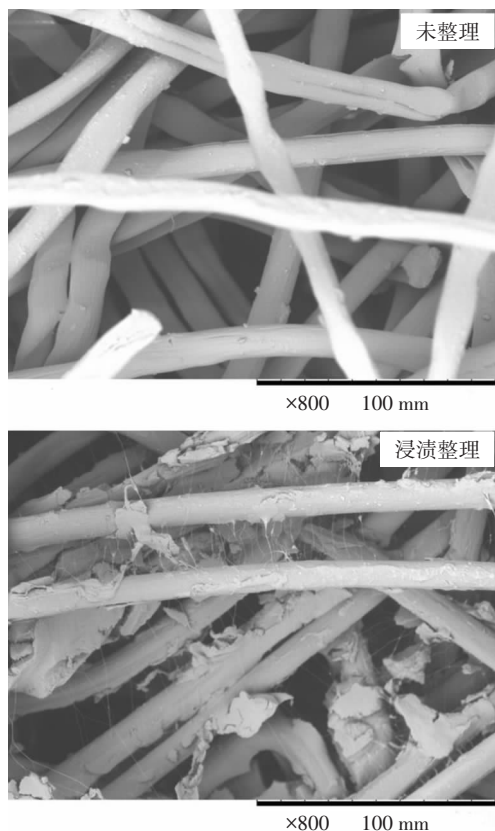


图 1 未整理和经浸渍整理滤料 SEM 图像

表 2 未整理和经浸渍整理滤料拉伸性能指标

试样	未整理	浸渍整理
纵向强力/N	610.80	615.30
纵向伸长率/%	14.19	13.88
横向强力/N	628.13	630.25
横向伸长率/%	10.85	10.63

表 3 未整理和浸渍整理滤料的孔径

试样	未整理	浸渍整理
最小孔径/μm	5.16	4.68
最大孔径/μm	236.85	213.75
平均孔径/μm	120.11	109.21

未整理和经浸渍整理滤料的最小孔径、最大孔径和平均孔径见表 3。由表 3 可知,相较于未整理滤料,

经浸渍整理滤料的最小孔径、最大孔径和平均孔径分别减小了 9.30%、9.75% 和 9.08%。这是因为未整理滤料纤维间孔隙较大,浸渍整理后滤料纤维表面及纤维间空隙处有树脂附着物形成,使滤料纤维间孔隙减小,孔径减小。

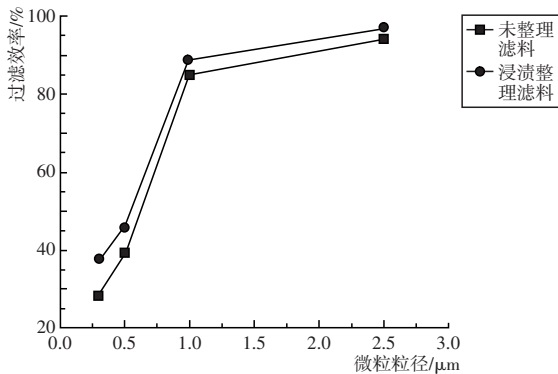


图 2 滤料对不同粒径微粒过滤效率

未整理和经浸渍整理滤料对不同粒径微粒的过滤效率如图 2 所示。由图 2 可知,滤料对不同粒径微粒的过滤效率不同,对于小粒径微粒过滤效率较低,如未整理滤料对于粒径 $\geq 0.3 \mu\text{m}$ 微粒过滤效率仅为 28.36%,而对于粒径 $\geq 2.5 \mu\text{m}$ 微粒过滤效率高达 94.20%,这是因为小粒径微粒更容易随气流穿过滤料孔径结构,而较大微粒容易被纤维拦截下来^[14]。另外还可以发现,相较于未整理滤料,经浸渍整理滤料对于各粒径微粒过滤效率均有所提高,对于粒径 ≥ 0.3 、 ≥ 0.5 、 ≥ 1.0 和 $\geq 2.5 \mu\text{m}$ 微粒过滤效率分别提高了 32.40%、16.91%、4.45% 和 2.98%。经浸渍整理后,滤料纤维及纤维孔隙间形成树脂附着物,使滤料孔隙率和孔径减小,过滤效率得到改善,尤其是对于粒径较小微粒的过滤效率有较明显提高。较小的孔隙率和孔径结构势必会造成过滤阻力的增加,相较于未整理滤料,经浸渍整理滤料的过滤阻力提高了 20.95%。

3 结论

(1)以 PTFE 乳液和水性环氧树脂为整理液主要材料,对芳纶/PAN 预氧化纤维滤料进行浸渍整理,滤料中的纤维及纤维孔隙间形成树脂附着物,使滤料孔隙率和透气性减小,最小孔径、最大孔径和平均孔径分别减小了 9.30%、9.75% 和 9.08%。

(2)经浸渍整理后滤料的拉伸断裂强度和断裂伸长率无明显变化,未对滤料原有的机械性能造成破坏,可满足除尘器对滤料机械性能的要求。

(3)经浸渍整理后滤料孔径减小且变得更加致密,对所测不同粒径微粒的过滤效率均有所改善,对于粒径 ≥ 0.3 、 ≥ 0.5 、 ≥ 1.0 和 $\geq 2.5 \mu\text{m}$ 微粒过滤效率分别提高了 32.40%、16.91%、4.45% 和 2.98%。

参考文献:

- [1] 闫雪,刘兴成,沈恒根.含尘烟气净化用滤料性能测试与分析[J].环境工程,2018,(8):92-97.
- [2] PYO J, OCK Y, JEONG D, et al. Development of filter-free particle filtration unit utilizing condensational growth: With special emphasis on high-concentration of ultrafine particles[J]. Building and Environment, 2017, 112: 200-208.
- [3] 刘超,刘常威,何斌.静电纺/针刺复合材料的制备及其过滤性能研究[J].上海纺织科技,2017,(3):26-28.
- [4] 白媛,马新安,杨家密.耐高温除尘过滤材料的研发现状及趋势[J].棉纺织技术,2019,47(10):78-81.
- [5] 杨振生,潘浩男,李春利,等.高性能聚苯硫醚过滤材料研究进展[J].化工新型材料,2019,47(10):216-218.
- [6] 何梓豪,裴清清,秋元孝之.针对 PM2.5 的家用空气净化器 HEPA 滤网材料选择[J].环境工程,2018,36(8):138-142.
- [7] 董锋,王航,滕士英,等.芳纶纳米纤维膜的宏量制备及其高温过滤性能[J].上海纺织科技,2018,46(1):10-14.
- [8] YU B, ZHAO X. Fabrication and characterization of pre-oxidized PAN composite filters[J]. The Journal of The Textile Institute, 2018, 109(10): 1360-1366.
- [9] 刘兴成,沈恒根.不同后整理工艺方法对袋式除尘器滤料过滤性能的影响[J].环境工程学报,2016,10(4):1913-1918.
- [10] 谢柠蔚,仇何,张广宇,等.聚苯硫醚针刺材料的加工及其性能[J].纺织导报,2017,(3):70-73.
- [11] 缪特,张如全,冯阳.纳米发泡整理对芳纶过滤材料性能的影响[J].纺织学报,2019,40(9):108-113.
- [12] 刘培杰,左文静,黄晨.芳纶纳米纤维覆膜非织造材料的制备及性能[J].东华大学学报(自然科学版),2019,45(4):495-501.
- [13] 张恒,甄琪,康桂田,等.基于水刺复合的 PPS/PTFE 复合材料的结构和过滤性能[J].纺织导报,2019,(1):77-80.
- [14] 漆东岳,于宾,赵晓明.PAN 预氧化纤维高效复合滤料制备与性能[J].纺织导报,2018,(1):63-66.

(下转第 22 页)