

针刺过滤材料的表面精细化处理

黄学亮, 张华鹏, 朱海霖, 陈建勇

(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: 为了提高普通针刺滤料的空气过滤效率,在其表面涂覆一层泡沫涂层,进行表面精细化处理。文章对泡沫涂层剂的配方和工艺进行了研究,结果表明:当泡沫涂层剂中 PTFE 乳液的含量为 20%,有机硅改性丙烯酸酯的含量为 25%,羟乙基纤维素钠的含量为 1.0%,羟丙基甲基纤维素的含量为 0.3%,十二烷基硫酸钠的含量为 2.0%,焙烘温度为 140℃,焙烘时间为 5 min 时,得到的泡沫涂层滤料的透气性能最佳。与普通滤料相比,泡沫涂层滤料的过滤效率要优于前者。

关键词: 泡沫涂层; 针刺过滤材料; 透气量; 过滤效率; 过滤阻力

中图分类号: TS176.3

文献标识码: A

0 引言

根据国家最新公布的《环境空气质量标准》,PM 2.5 指标被纳入监测范围,而控制 PM 2.5 最主要的途径就是通过袋式除尘方式控制如火电厂、垃圾焚烧厂等污染源的烟尘排放。袋式覆膜滤料作为过滤精度最高^[1-3],清灰效果最好^[4]的滤料在袋式除尘中有着广泛的应用。但其在实际应用中,存在过滤阻力过大、薄膜易受高温烟尘颗粒撞击而损坏等问题,而且覆膜成本较高导致综合效益相比于普通滤料仅高出 5%~8%^[5-6]。

本文拟在普通滤料表面涂覆一层泡沫涂层,进行表面精细化处理,使其微孔孔径介于覆膜滤料和普通滤料之间,形成一定层次的梯度滤料^[7-9],在保证一定过滤精度的同时达到减少过滤阻力的目的。另外,在普通滤料表面进行精细化处理可避免覆膜滤料存在的薄膜易损坏的问题。本文研究了泡沫涂层制备过程中发泡剂用量、稳泡剂用量、焙烘温度和焙烘时间等因素对经泡沫涂层后滤料透气性的影响,并采用扫描电镜对泡沫涂层滤料表面进行观察。

1 实验部分

1.1 实验用品和化学试剂

500 g/cm² 的涤纶(PET)针刺过滤毡,有机硅改性丙烯酸酯乳液(浙江科峰化工有限公司),PTFE乳液:FR301B(上海三爱富,固体含量 60%),十二烷基硫酸钠(化学纯,杭州高晶精细化工有限公司),羟乙基纤维素(化学纯,杭州高晶精细化工有限公司),羟丙基甲基纤维素(化学纯,杭州高晶精细化工有限公司)。

1.2 实验仪器

L-IC 天平系列(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司),GZX-GF-9023A 电热恒温鼓风干燥箱(上海博泰实验设备有限公司),DF-101S 集热式磁力搅拌器(金坛市晶玻实验仪器厂),JB90-S 型数字显示转速电动搅拌机(上海标本模型厂),YG461D 数字式织物透气量仪(温州方圆仪器有限公司),SX-L105 滤料试验台(苏州市苏信净化设备厂),JSM-5610LV 扫描电镜(日本电子公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 泡沫乳液制备及涂层方法

称量有机硅改性丙烯酸酯乳液、聚四氟乙烯乳

液(含固量约 60%)共置于容器中,高速搅拌混合均匀后,再分别称量羟乙基纤维素钠、羟丙基甲基纤维素、十二烷基硫酸钠和蒸馏水,将其搅拌溶解混合均匀成溶液,然后将溶液慢慢注入高速搅拌的聚四氟乙烯与丙烯酸酯混合乳液中,通过高速搅拌 15 min,达到合适的发泡比(大约是 1 : 5),制备泡沫乳液。泡沫涂层乳液的配方如表 1。将 500 g/m² 的 PET 过滤毡置于平板上,将泡沫乳液倒在 PET 过滤毡上,用刮刀进行刮涂,再将 PET 过滤毡放入焙烘机中烘燥后取出。

表 1 泡沫涂层配方

原料	质量分数/%
十二烷基硫酸钠	0.5~2.5
羟乙基纤维素钠	0.5~2.5
有机硅改性丙烯酸酯	20~40
PTFE 乳液	20
增稠剂(羟丙基甲基纤维素)	0.3

1.3.2 透气量的测定

采用 YG461D 数字式织物透气量仪(温州方圆仪器有限公司),参考 GB/T5453—1997 织物透气性的测定进行测试(原理:保持织物两侧一定压力差的条件下,测定单位时间通过织物的空气流量)。

1.3.3 过滤效率和过滤阻力的测定

每个试样测试 5 次(原理:一定量的聚苯乙烯粒子流过被测滤料,过滤效率为过滤前面气溶胶的质量分数之比,过滤阻力为过滤压力之差)。

2 结果与讨论

2.1 发泡剂十二烷基硫酸钠用量对泡沫涂层滤料透气性的影响

在有机硅改性丙烯酸酯为 25%,羟乙基纤维素钠为 1.0%,羟丙基甲基纤维素为 0.3%,PTFE 乳液为 20%,焙烘温度为 140℃,焙烘时间为 5 min 的实验条件下,改变发泡剂用量,测试滤料的透气性能,结果如图 1。从图 1 可以看出,当发泡剂十二烷基硫酸钠用量为 0.5%时,发泡剂过少,发泡不充分,烘焙后泡沫微孔数量少且闭塞,透气量较低。随着发泡剂用量的增加,透气量随之增大。当发泡剂用量达到 2.0%时,透气量达到最大值。而后,随着发泡剂用量的增加,透气量反而降低,说明当发泡剂用量为 2.0%时,泡沫涂层乳液中发泡剂已达到饱和。因此,本文选用发泡剂用量为 2.0%。

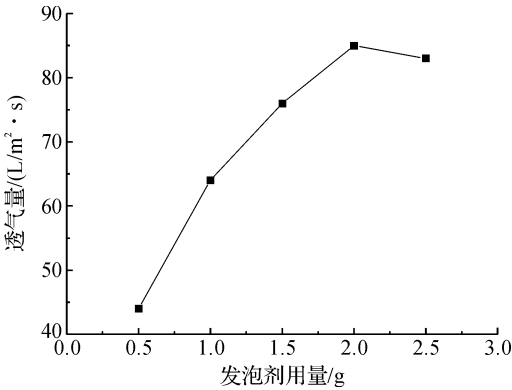


图 1 发泡剂用量对泡沫涂层滤料透气量的影响

2.2 稳泡剂羟乙基纤维素用量对泡沫涂层滤料透气性的影响

在有机硅改性丙烯酸酯为 25%,十二烷基硫酸钠为 2.0%,羟丙基甲基纤维素为 0.3%,PTFE 乳液为 20%,焙烘温度为 140℃,焙烘时间为 5 min 的实验条件下,改变稳泡剂 HEC 的用量,测试滤料的透气性能,结果如图 2。从图 2 可以看出,当稳泡剂羟乙基纤维素钠的含量从 0.5%增加至 1.0%时,透气量从 77 L/(m²·s)增加至 86.2 L/(m²·s)。而当羟乙基纤维素钠的含量大于 1.0%时,过多的羟乙基纤维素钠导致涂层乳液粘度增大,泡沫破裂难度加大,微孔形成受阻,导致透气量下降。因此,本文选用稳泡剂羟乙基纤维素钠用量为 1.0%。

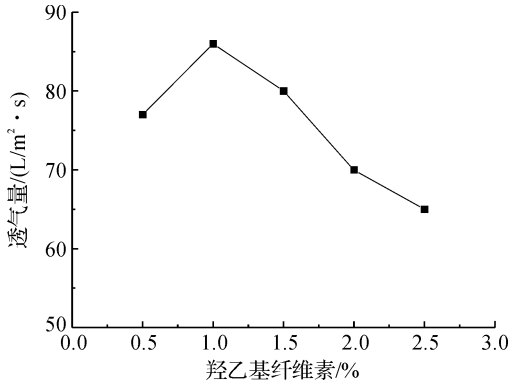


图 2 稳泡剂羟乙基纤维素钠用量对泡沫涂层滤料透气量的影响

2.3 有机硅改性丙烯酸酯用量对泡沫涂层滤料透气性的影响

在有机硅改性丙烯酸酯的用量与泡沫涂层乳液的粘度和成膜厚度有关。在十二烷基硫酸钠为 2.0%,羟乙基纤维素钠为 1.0%,羟丙基甲基纤维素为 0.3%,PTFE 乳液为 20%,焙烘温度为 140℃,焙烘时间为 5 min 的实验条件下,改变有机硅改性丙烯酸酯的用量,测试其透气性能,结果如图 3。从

图3可以看出,随着有机硅改性丙烯酸酯用量的增加,泡沫涂层滤料的透气量随之降低。这主要是因为有机硅改性丙烯酸酯是一种成膜剂,随着其用量的增加,泡沫涂层膜的厚度越大,泡沫涂层中的微孔越容易闭塞,形成闭孔效应,导致透气性下降。但当有机硅改性丙烯酸酯的用量较小(20%)时,成膜效果较差。因此,本文选用有机硅改性丙烯酸酯的用量为25%。

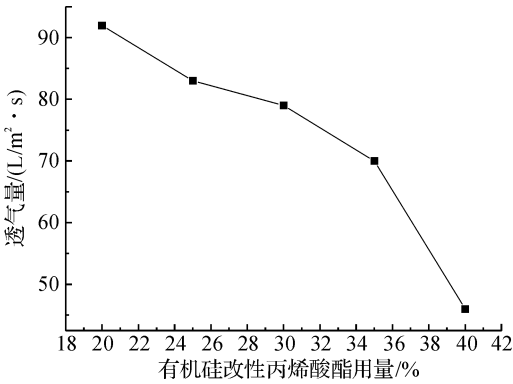


图3 有机硅改性丙烯酸酯用量对泡沫涂层滤料透气量的影响

2.4 焙烘温度对泡沫涂层滤料透气性的影响

在有机硅改性丙烯酸酯为25%,十二烷基硫酸钠为2.0%,羟乙基纤维素钠为1.0%,羟丙基甲基纤维素为0.3%,PTFE乳液为20%,焙烘时间为5 min的实验条件下,改变焙烘温度,测试滤料透气性能,结果如图4。从图4可以看出,在较低温度下焙烘得到的泡沫涂层滤料透气量较低,这主要是由于发泡涂层未完全干燥,表面形成的气泡未破裂,微孔形成少。随着焙烘温度的升高,羟乙基纤维素钠分解完全,泡沫涂层中气泡破裂越完全,滤料的透气量越高。但当温度过高时(160℃),发泡涂层在高温下出现泳动现象,将已经形成的气泡微孔弥合,形成不连通的闭孔,影响了微孔的贯通和成型,从而降低了

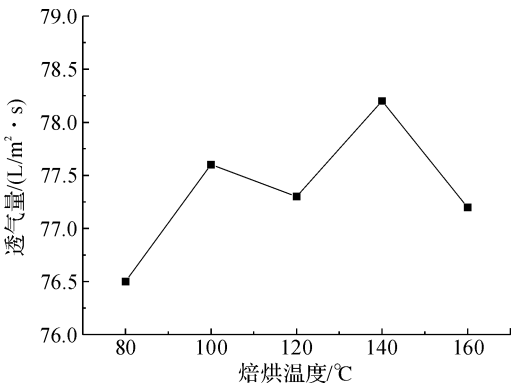


图4 焙烘温度对泡沫涂层滤料透气量的影响

泡沫涂层滤料的透气性。因此,本文选用的焙烘温度为140℃。

2.5 焙烘时间对泡沫涂层滤料透气性的影响

在有机硅改性丙烯酸酯为25%,十二烷基硫酸钠为2.0%,羟乙基纤维素钠为1.0%,羟丙基甲基纤维素为0.3%,PTFE乳液为20%,焙烘温度为140℃的实验条件下,改变焙烘时间,测试滤料透气性能变化,结果如图5。从图5可以看出,焙烘时间为5 min时,泡沫涂层滤料的透气量最大。当焙烘时间超过5 min,泡沫涂层膜上的部分微孔会产生闭合现象,导致透气性量的降低。因此,本文选用的焙烘时间为5 min。

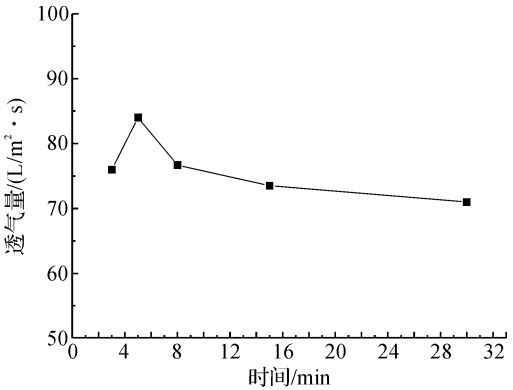


图5 焙烘时间对泡沫涂层滤料透气量的影响

2.6 泡沫涂层滤料与普通滤料、覆膜滤料的性能比较

图6为泡沫涂层滤料、普通滤料和覆膜滤料的过滤效率和过滤阻力。从图6可以看出,经本研究优化后的泡沫涂层滤料的过滤精度(美国DOP 0.3 μm效率(%))达到66.8%,可以产生表层过滤效果。相比于覆膜滤料^[10-12],泡沫涂层滤料的过滤阻力大大降低,其过滤精度达到欧洲过滤标准EN779-93中的F7级和中国的高中效过滤器标准。本研究制备的泡沫涂层滤料在保证一定过滤精度的同时大大减小过滤阻力,实现了高效低阻的过滤目的。

图7为泡沫涂层滤料、普通滤料和覆膜滤料的SEM照片。通过SEM可观察3种滤料表面的孔径大小及分布。由此可推测泡沫涂层滤料提高过滤精度的机理:

a) 由于发泡剂的存在,泡沫涂层乳液中产生大量气泡。当泡沫涂层在焙烘过程中,气泡破裂,各个气泡之间微孔互相贯穿成孔径在20~50 μm之间的空隙,提高过滤精度;

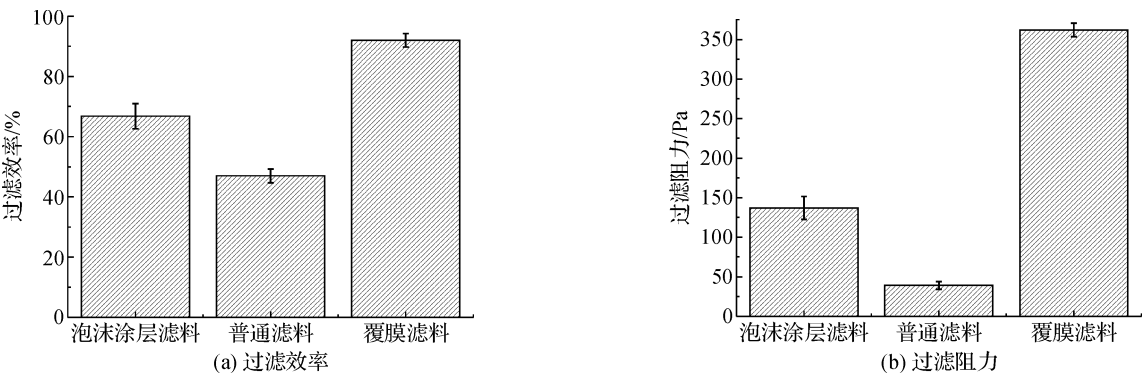


图 6 泡沫涂层滤料、普通滤料和覆膜滤料的过滤效率和过滤阻力

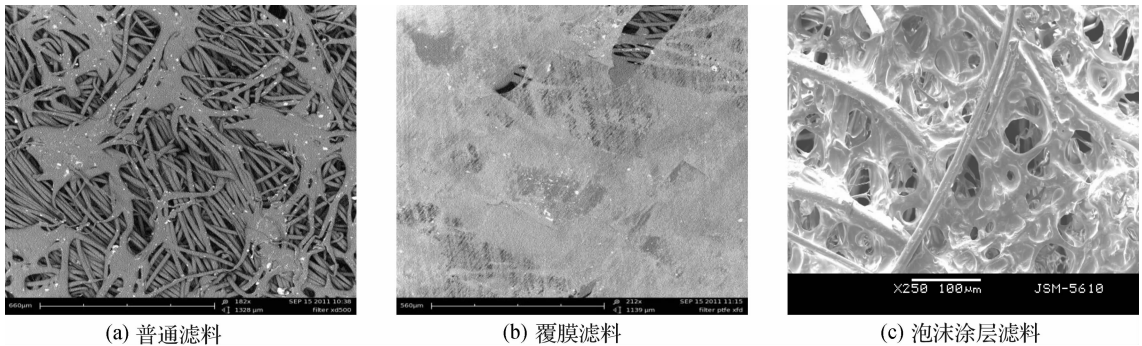


图 7 泡沫涂层滤料、普通滤料和覆膜滤料的 SEM 照片

b) 泡沫涂层粘附在 PET 针刺非织造基布上,在交错的纤维之间产生不完全的粘连,形成大小不一的微孔,从而改善原有基布表面空隙大的缺陷,提高过滤精度。

3 结 论

a) 当泡沫涂层乳液配方中 PTFE 乳液的含量为 20%,有机硅改性丙烯酸酯的含量为 25%,羟乙基纤维素钠的含量为 1.0%,羟丙基甲基纤维素的含量为 0.3%,十二烷基硫酸钠的含量为 2.0%,焙烘温度为 140℃,焙烘时间为 5 min 时,得到的泡沫涂层滤料的透气性能最佳。

b) 与普通滤料和覆膜滤料相比,泡沫涂层滤料的过滤效率优于普通滤料,过滤阻力小于覆膜滤料,在保证一定过滤精度的同时也降低滤料过滤阻力,实现了空气过滤性能的优化。

参考文献:

[1] 刘 华,茅清希,黄继红,等.覆膜滤料清灰效果的分析研究[J].建筑热能通风空调,2002(3):6-12.
[2] 陈 强,沈恒根,李 华.覆膜滤料的性能测试研究

[J].建筑热能通风空调,2004,23(4):71-74.
[3] 陈 强,沈恒根,李 华.覆膜滤料与常规滤料的性能测试及比较[J].电力环境保护,2005,21(2):30-32.
[4] 毛 宁,柳静默,赵宁宁,等.覆膜与非覆膜滤料阻力的实验研究[C].沈阳:沈阳国际安全科学与技术学术研讨会论文集,2008:322-325.
[5] 郑春玲.聚四氟乙烯覆膜滤料的特性与应用[J].工业安全与环保,2006,32(5):29-31.
[6] 翟卫中.PPS 表面覆膜滤料和渗透式覆膜滤料的比较[J].产业用纺织品,2007(10):41-43.
[7] 孙 宏.表面过滤技术在焚烧厂烟气脱酸净化中的作用[J].技术与工程应用,2007(8):55-57.
[8] 姜可宾,沈恒根,杜柳柳.燃煤锅炉用高温滤料研究与应用[J].工业安全与环保,2007,33(4):16-19.
[9] 严长勇,王成彪,沈恒根.HBT“梯度”复合滤料的过滤性能研究及应用[J].建筑热能通风空调,2007,26(4):100-103.
[10] 黄斌香,黄 磊.聚四氟乙烯在垃圾焚烧烟气除尘中的应用[J].技术应用,2006(4):25-27
[11] 邱新标.聚四氟乙烯纤维复合针刺毡滤料的研发与应用[J].非织造布,2009,17(6):17-21.
[12] 罗章生.100%聚四氟乙烯针刺过滤材料制作方法初探[J].产业用纺织品,2009(4):10-12.

A Comprehensive Evaluation Model of Jeans Based on Fuzzy Mathematics

JIANG Yan^a, HU Jue-liang^b, HAN Shu-guang^b

(Zhejiang Sci-Tech University; a. School of Fashion; b. School of Sciences, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The appearance quality, intrinsic properties, and overall quality of jeans are investigated by surveying college students using questionnaires. First, the main factors influencing the appearance quality and intrinsic properties of jeans are determined. The weights of each factor are then calculated by the frequency statistic method. Finally, the comprehensive evaluation model and the result of the comprehensive evaluation are obtained. The model in this paper can provide a scientific basis for enterprises to improve the appearance quality and intrinsic properties of jeans.

Key words: jeans; college students; fuzzy mathematics; comprehensive evaluation model

(责任编辑: 马春晓)

(上接第 649 页)

Surface Treatment of a Needle-punched Filter Material by Foam Coating

HUANG Xue-liang, ZHANG Hua-peng, ZHU Hai-lin, CHEN Jian-yong

(Key Laboratory for Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology
(Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

Abstract: This article studies the formulation and process of foam coating on a needle-punched air filter material. At 25% polytetrafluoroethylene concentration, the other concentrations were as follows: hydroxyethyl cellulose, 1%; hydroxypropyl methyl cellulose, 0.3%; sodium dodecyl sulfate, 2%; and organosilicone-modified acrylates, 25%. The curing temperature was 140°C and the curing time was 300 s. The foam-coated fabrics had the largest air permeability value, which was almost $95 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Compared with normal filter material and filter material laminated with a membrane, the foam-coated filter has higher filtering accuracy and lower filtering resistance.

Key words: foam; coating; needle-punched; filter; air permeability; filtering resistance

(责任编辑: 许惠儿)