

静电纺丝纤维在空气过滤中的专利技术概况

严小妹

(国家知识产权局专利局 专利审查协作湖北中心, 湖北 武汉 430070)

摘要 随着科技发展对人类社会的改变, 我们所处的环境也在逐渐恶化, 除了频繁爆发的雾霾, 空气中传播的病毒也给人体健康带来了巨大的危害, 特别是自2020年初爆发的新型冠状病毒肺炎, 不仅可以通过飞沫、密切接触进行传播, 还可以通过空气中颗粒物和气溶胶进行传播, 具有极强的传染性, 导致其在全球范围内蔓延。因此, 提供空气过滤设备进行污染物防护和去除显得尤为重要。静电纺丝纤维广泛用于空气过滤领域, 本文在介绍空气过滤机理的基础上, 对静电纺丝纤维的改性相关专利技术进行了归纳和梳理, 并展望了静电纺丝纤维材料未来在空气过滤中的发展趋势。

关键词 静电纺丝 专利技术 空气过滤

中图分类号: TS102

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)02-0004-02

1 前言

石棉纤维、玻璃纤维和合成纤维等传统的空气过滤材料, 其只能过滤大颗粒, 对于微细颗粒、更小的病毒、化学气体污染物等不能有效滤除, 在应用上具有较大的局限性。而静电纺丝工艺因制备工艺简单及可以连续制备纳米级纤维的特性, 使静电纺丝纳米纤维具有纤维膜孔径小、孔隙率高、透气性好等特性, 并且具有将活性化学或功能性物质转变成纳米尺寸物质的潜力, 非常适合用于空气净化领域。鉴于此, 国内外专家学者对静电纺丝过滤材料在空气净化上的应用进行了较多和深入的研究。

2 静电纺丝纤维材料的过滤机理

过滤过程在理论上可以分为两个阶段: 第一阶段称为稳定阶段, 在此阶段里, 过滤材料对微粒的捕捉效率和阻力不随时间而改变, 而是由过滤材料的固有结构、微粒的性质和气流决定的; 第二阶段称为不稳定阶段, 在此阶段里, 捕捉效率和阻力不取决于微粒的性能, 而是随着时间的变化而变化, 主要是随着微粒的沉积、气体的侵蚀、水蒸气的影响等变化。静电纺丝纤维材料的过滤过程为稳定过程, 可以通过影响空气过滤的3个主要因素考虑: 粒子、分散介质(空气)和材料的特性。总的说来纤维直径越小, 填充的密度越高、越均匀, 过滤的粒子直径越小, 过滤效率也越高^[1]。

3 静电纺丝纤维过滤材料的改进研究

3.1 静电纺丝纤维存在的不足及改进

静电纺丝会形成串珠结构纤维影响纳米纤维的均匀结构。申请号 CN201810981458 公开了一种品质因子可调控的空气过滤膜及其制备方法, 在静电纺丝纤维过滤膜中同时引入串珠结构、超细纳米纤维结构, 串珠结构的引入可以提高产品结构蓬松度, 超细纳米纤维的引入可以提高产品过滤精度, 提高大气中超细颗粒物的过滤效果。

静电纺丝获得的纤维直径均匀性差, 为了获得直径均匀的静电纺丝纤维, 申请号 CN202011533173 公开了一种用

于空气过滤的无纺布生产装置, 该装置的环形空腔内始终充满纺丝溶液, 同时由于转速相对于传统离心静电纺丝有所降低, 使得纺丝圆桶在转动过程中不会产生晃动或形成漩涡, 纺丝稳定性更好; 更使得圆柱形接收装置上接收到的纳米纤维的分布相对均匀, 不会出现厚薄不均的现象。

静电纺纤维另一个不足就是太轻薄, 纤维层之间的粘附性差, 支撑强度不够。申请号 CN202110179019 公开了一种微纳米纤维复合材料, 外层为疏水层, 内层为微米纤维层, 内层为静电纺丝纳米纤维抗菌层, 中间层提供机械支撑和阻隔作用。此外, 在实际使用中, 除了将静电纺纤维膜与其它支撑层进行复合以形成多层结构外, 还可以通过在纤维膜层中加入增强材料以提高机械性能。申请号 CN201811496271 公开了一种基于静电纺丝技术的高拉伸模量聚合物纳米复合纤维的制备方法, 通过对纳米氧化锌改性后, 纳米颗粒上的偶联剂分子链与聚合物链相互缠结, 使得纳米颗粒与聚合物组分之间的相互作用力明显增强, 有利于纳米颗粒的分散及受力情况下纳米颗粒与聚合物体相之间的应力传递, 并最终增强聚合物纳米复合纤维的拉伸模量。申请号 CN202011206539 公开了一种空气环保过滤膜, 由醋酸锌、醋酸钾、醋酸铯混合后的醋酸溶液与 PAN 溶液通过静电纺丝法制备得到醋酸锌/聚丙烯腈复合纳米纤维膜; 再将醋酸锌/聚丙烯腈复合纳米纤维膜经过水热反应生成得到稀土金属掺杂的 ZnO 纳米线纤维膜。本发明在聚丙烯腈纤维具有孔径小、耐酸、耐有机物、机械强度大的基础上, 引入氧化锌增加了抗菌能力和光催化性能, 并且掺杂了稀土金属, 大大改善了氧化锌的光催化效率和拓宽了其可见光响应范围。

其次, 机械性能优越的碳纳米管也被作为增强材料使用。申请号 CN201810714320 公开了一种用于空气过滤的碳管增强的聚丙烯腈/尼龙6复合纤维, 碳管在纤维中进一步增加空气与纤维的接触面积, 由于碳管的加入, 使得纤维材料之间的孔隙率增大, 机械强度和过滤阻力都被进一步

降低。申请号 CN202011609065 公开了一种高韧性碳纳米纤维增强无纺布,采用静电纺丝获得改性碳纳米纤维后获得无纺布,相对于通过聚合物增韧的材料,该材料具有更好的强度和韧性。申请号 CN202011232616 公开了一种碳纳米管/改性聚丙烯腈纳米纤维膜,采用静电纺丝技术将改性聚丙烯腈与碳纳米管制成纳米纤维膜,通过碳纳米管和功能单体进行结合,共同提高了材料的力学性能。

另外,交联也是改进纤维材料机械强度的一种手段,通过与其它材料复合,既能增强强度,又可以提高材料的过滤效率,扩大材料的应用范围。申请号 CN201810823464 公开了一种三维交联的超浸润纳米纤维膜,采用具有不同取向的纳米纤维相互交联堆叠成三维网络,在不同的交联点处形成表面活性点,增强纤维的强度和浸润性。申请号 CN202011186440 公开了一种插入式口罩,通过聚合物与抗病毒药物的混合液进行静电纺丝获得纤维膜材料,通过交联结构提高主体的强度,通过改善了其透气性,使其可以对病毒进行抑制。

3.2 静电纺丝纤维过滤材料抗菌性的功能化复合改性

当前我们所生活的环境,空气中会漂浮着微细颗粒物、各种带有传播性的病菌和对人体有害、恶臭的气味,这些都对人类的身体健康造成极大的影响,在医疗、生活环境中都需要无菌洁净的空气,这对于空气过滤材料的需求和要求也更大,专家学者们通过对静电纺丝纤维进行复合改性,根据实际需求来改善纤维膜的抗菌性。

通过将光催化技术和纤维过滤技术相复合形成的除尘灭菌材料。申请号 CN202011125446 公开了一种制备 MOF/纤维素/聚丙烯腈口罩滤芯层的方法,使用金属有机骨架 MIL-53(Fe) 作为吸附和光催化剂,纤维素作为吸湿材料,采用静电纺丝方法制备出具有抗菌、高效过滤和可自然降解功能的 MOF/纤维素/聚丙烯腈共混纳米纤维复合膜,突破静电吸附,利用物理吸附,对粉尘和病菌进行防护和隔离,利用 MIL-53(Fe) 光催化活性消灭病菌,可以水洗重复利用,合理利用资源。

驻极技术可以让静电纺纤维获得稳定的电荷,在过滤的过程中,通过增强对介质的吸附来提高过滤效率。申请号 CN202010129526 公开了一种驻极纳米纤维过滤材料,噻吩类偶极分子通过高压电场进行极化,极化后偶极分子偶极矩的取向被凝固聚合物所稳定,通过增强静电效应,从而提高材料的过滤拦截性能。申请号 CN202010197921 公开了一种基于全纤维驻极体发电机的高效防护口罩,该口罩同时具备机械和静电捕获功能,过滤效率高且透气性好。申请号 CN202010170094 公开了一种静电纺 PSA 驻极体复合过滤材料,在 PSA 中加入聚四氟乙烯纳米颗粒进行静电纺丝获得复合纤维,通过高压电场的作用,使材料的电荷储存 negligence 和稳定性增加,材料实现高效低阻。

金属银具有杀菌性,将纳米级银负载于纤维材料上,

通过表面效应提高抗菌性能。申请号 CN202010369177 公开了一种纳米蛛网抗菌复合空气过滤材料,在静电纺丝液中加入硝酸银后,再静电纺丝获得三维网状的复合材料,通过紫外线照射,纤维膜中原位产生纳米银进行杀菌。申请号 CN202110161576 公开了一种 PETG 抗菌复合膜,将抗菌剂 Ag/TiO₂ 负载在聚合物载体上,提高抗菌性的同时,也提高了断裂拉伸等机械力学性能。

采用天然抗菌物质与纤维膜进行复合,不仅可以提高材料的抗菌性,还可以使材料具备降解性。申请号 CN202011414485 公开了一种海藻酸盐抗菌复合膜,由双层结构的纳米纤维素膜交联得到,所述双层结构的纳米纤维素膜由静电纺丝壳液和静电纺丝芯液进行同轴静电纺丝得到,所述静电纺丝壳液包括壳聚糖、海藻酸钠、溶菌酶和溶剂 A,所述静电纺丝芯液包括生物活性玻璃、琼脂糖醋酸酯和有机溶剂,制备的海藻酸盐抗菌复合膜的纤维具备外亲水里疏水的特性,整体性能更为均一,壳层中藻酸盐亲水吸液、溶菌酶促上皮化,芯层疏水传液体,控释抑菌。

4 静电纺丝过滤材料在空气净化中的应用展望

空气中的各种粉尘颗粒物加剧了细菌、病毒的传播,例如 SARS、新型冠状病毒等,因此提供对空气中污染物的防护以及去除的需求变得更加重要。为了应对不同的使用需求,研究人员已经研制出具有各种功能的新型纳米纤维材料,使纳米纤维材料具有更多的应用方向。通过静电纺丝获得的纤维膜直径均匀、孔隙率高,目前已显示出广阔的应用前景,以下两个方向将成为今后的主要研究热点^[2]。

(1) 高性能化。综合纳米纤维的过滤效率和压力降,提高纳米纤维材料内部直径的分布均匀性,多级纤维层之间的粘结强度等等,因此静电复合纳米纤维材料的结构与性能还有待提高,以研究出综合性能更好的纤维用于空气过滤中。

(2) 抗菌性和有害气体防护性。在当今全世界处于新冠疫情下,口罩是阻断病毒传播的最有效手段,需求量巨大,而静电纺丝纳米纤维膜应用于口罩领域时,应进一步研究降低过滤阻力以提高口罩的透气性和舒适性,同时提高纳米纤维膜的抗菌性能,因此还需进一步研究纤维膜过滤和病毒灭活机理,并开展深入研究。

参考文献:

- [1] 潘芳良. 静电纺复合纤维膜的结构及其空气过滤性能 [D]. 苏州大学, 2012.
- [2] 吴延鹏, 等. 静电纺丝纳米纤维膜空气过滤研究进展 [J]. 精细化工, 2021(04):25.