

活性炭纤维在防护领域的应用进展

赵世怀^{1,2} 杨紫博² 赵晓明^{1,3} 张旭平² 张翠翠² 陶 超²

(1.天津工业大学分离膜与膜过程国家重点实验室,天津 300387;

2.天津工业大学环境与化学工程学院,天津 300387;

3.天津工业大学纺织学院,天津 300387)

摘 要 对传统的防护材料进行了简要介绍,对新型防护材料活性炭纤维的加工方法,以及制成的产品特性、用途进行了阐述。活性炭纤维作为一种应用广泛的防护材料,倍受科研人员的关注。

关键词 活性炭纤维,防护应用,吸波,医用敷料

Application of activated carbon fiber in protection field

Zhao Shihuai^{1,2} Yang Zibo² Zhao Xiaoming^{1,3} Zhang Xuping² Zhang Cuicui² Tao Chao²

(1.State Key Laboratory of Separation Membrane and Membrane Process,

Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387; 2.School of Environment and Chemical

Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387; 3.School of Textiles,

Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387)

Abstract The traditional protective materials were briefly introduced, and the processing methods of new protective materials activated carbon fibers, as well as the characteristics and uses of products were described. Activated carbon fiber as a widely used protective material carry much of our country's attention.

Key words activated carbon fiber, protection application, wave absorbing, medical dressing

随着我国工业化的发展,环境问题日益严峻,水、大气等污染问题严重威胁我们的健康。活性炭纤维因其本身微孔结构,具有优良的吸附以及物理特性,使得以活性炭纤维为材料的防护装备更加得到重视。近年来,在活性炭纤维的基础上,通过各种方法,最大限度的发挥活性炭纤维特性的研究日益增多,在防护方面应用更加广泛。

1 活性炭纤维医用敷料

医用敷料是一种应用于伤口包扎,防止伤口受到细菌感染的保护层,在伤口愈合的过程中能够暂时起到保护皮肤的作用,防止受伤部位受到感染,给伤口一个适宜愈合的环境。

1.1 传统医用敷料

1.1.1 棉纱敷料

棉纱敷料由棉经过脱脂加工制成的。随着科技的发展和医疗卫生技术水平的提高,棉纱敷料的不

足日益显著。首先,它的吸收能力较差,无法为伤口提供适宜愈合的湿润环境;其次,由于棉纱敷料的纤维容易和伤口的结痂粘连而引起疼痛,甚至再次造成损伤;另外,当棉纱敷料在处置伤口被伤口浸出液润湿后,就成为病原体感染的通道^[1]。针对棉纱敷料的不足,传统棉纱敷料的使用率正逐渐降低。

1.1.2 明胶

明胶制备的常用方法是将自然界广泛存在的动物体内所含有的胶原蛋白进行生物降解、高温变性反应获得。由于其来源于生物体,所以它作为生物敷料不会发生免疫反应,并且废弃的敷料可以被生物降解^[2]。但是,明胶在制备过程中,胶原蛋白发生变性,分子内部的蛋白质空间结构被破坏,因此机械强度较差。

1.2 活性炭纤维新型医用敷料

由于活性炭纤维优良的物理特性,使其在医用领域应用较广泛。如活性炭纤维以其良好的吸附性

基金项目: 国家自然科学基金(21476172, 21206124); 天津市自然科学基金重点项目(12JCZDJC28400); 天津市科技特派员项目(16JCPTJC47600); 天津市科技计划项目(15PTSYJC00230); 分离膜与膜过程国家重点实验室开放课题项目(Z2-201569)

作者简介: 赵世怀(1973-),男,博士,教授,从事新能源与环境保护研究。

能,常与铜、锌和银(Ag)等低毒性纳米颗粒结合,制得一种有效时间长且抗菌性能好、高效吸脓吸臭的新型医用敷料^[3-7]。

Ashfaq 等^[8]利用化学气相沉积法将铜、锌纳米颗粒负载在活性炭纤维/碳纳米纤维复合材料上,这种复合材料具有双金属非对称分布,能够抑制革兰氏阴性大肠杆菌、革兰氏阳性金黄色葡萄球菌和耐甲氧西林金黄色葡萄球菌菌株的生长,并且该材料无毒,溶血率满足正常要求,该材料可用作伤口敷料,保护伤口感染,促进伤口愈合。刘维春等^[9]提出了通过离子交换法将 Ag、氧化银(AgO)纳米颗粒结合,并附着在活性炭纤维上,制成抗菌材料,并申请了专利,这种敷料的杀菌性能明显提升,在遇到直径较小的细菌时同样具有优良的杀灭效果。Park 等^[10]将硝酸银浸渍在活性炭纤维表面,研究了针对金黄色葡萄球菌(*S.aureus*)和大肠杆菌(*E.coli*)的抗菌活性。结果表明,随着硝酸银浓度的增加,微孔结构稍微降低,对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑制能力得到提高。Tang 等^[11]在结合剂壳聚糖作用下,采用水热法将纳米银颗粒负载到活性炭纤维表面,纳米银颗粒负载量可以达到 0.076mg/g。载有纳米银颗粒的活性炭纤维(ACF)材料对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌表现出优异的抗菌活性,杀菌效率可达到 100%。Lin 等^[12]为了克服消毒过程中遇到的伤口细胞有毒、皮肤变薄的难题,制备了以含有庆大霉素的活性炭纤维为内层,以含聚(L-谷氨酸)/明胶水凝胶包裹明胶/壳聚糖/表没食子儿茶素没食子酸酯纳米颗粒为外层的敷料,该敷料容易从伤口上移除,能有效抑制靶微生物,并且便于伤口组织再生和加速愈合。我国科云生公司在高温条件下将纳米银颗粒负载到活性炭纤维的表面,控制合适的含银量,通常情况不超过 10mg/cm²,并且在纤维的两面分别粘结多孔性的抗沾的聚乙烯薄膜和聚酯纤维、聚酯纤维的混合织物,有效防治了敷料粘连伤口,发挥活性炭纤维的吸附特性,去除了伤口周围的病菌,预防感染。

活性炭纤维敷料有很多传统敷料所不具有的优点:(1)有效期长,在 3~5 天内仍有抗菌作用;(2)有较高的远红外线放射率,促进了胶原蛋白的形成以及生长因子的分泌;(3)有一定的吸水性,可以保持适宜的含水量,给伤口提供适宜生长恢复的湿度,符合伤口治疗潮湿环境的要求和发展;(4)足够大的机械强度,克服了传统医用敷料的缺陷。活性炭纤维敷料对未来医用敷料的发展具有重要的意义。

2 吸波材料

吸波材料通常具有导电性,是一种可以将外界电磁波吸收或者衰减,在其内部转化成机械能、电能、热量,进而消耗掉的功能材料^[13]。研究优良吸波材料,解决电磁干扰问题迫在眉睫^[14-15]。

2.1 传统吸波材料

2.1.1 铁氧体吸波材料

铁氧体吸波材料是一种成本低、吸波效果强的材料,在防雷达材料中,铁氧体一直很受重视。由于铁氧体自身的性质,它带有二价铁磁力以及能够在电场作用下对静电进行消耗,并且其相对磁导率和介电常数均为复数,磁导率和介电常数是吸波材料性能好坏的重要参数^[16],铁氧体材料可以把入射电磁波的能量进行一定程度的衰减^[17]。但是,铁氧体吸波材料在高温条件下会失去吸波性能,由于铁氧体密度大,在针对吸收某一特定频率电磁波时不能做到相应的厚度,从而进行吸波,吸收性能的提升和频带宽度拓展受限。

2.1.2 石墨

传统的飞机表皮夹层一直以来都是采用石墨作为内部材料,它可以吸收雷达发出的电磁波,躲避探测。美国研发的“超黑粉”材料就是对纳米石墨进行复合工艺制成的,通常包括石墨-热塑性材料和石墨环氧树脂材料,这种石墨制成的产品可以对雷达波进行良好吸收,吸收率高达 99%^[18]。此外,在低温条件下,韧性依旧优良。但是,纳米石墨的制备过程比较复杂,一般的方法是使纳米金刚石粉在高温条件下发生相转变或者进行高能球磨^[18],既费时又耗能,成本很昂贵。

2.2 活性炭纤维吸波材料

活性炭纤维具有良好的导电性能,且密度低于金属,在电磁波的照射下能产生感应电流,强烈反射电磁波。同时,活性炭纤维作为吸收剂在经过适当处理之后,具有反射和吸收电磁波的作用,由于其特殊的电磁特性和机械性能,常常做成毡、多孔结构和不规则截面有利于对电磁波的吸收^[19]。Qiu 等^[20]采用热还原和化学沉积法制备了碳纳米管、金属镍以及中空活性炭纤维复合吸波材料,在 2~18GHz 的频率范围内研究该复合材料的微波反射损耗、介电常数和磁导率,研究发现这种厚 2mm 的材料具有出色的吸波性能,在 13.10GHz 条件下最小反射衰减为 43.457 分贝(dB),因镍纳米粒子导致的介电极化和磁损耗对微波吸收性能的影响起着重要的

作用。杨康等^[21]采用手糊玻璃钢技术,以玻璃纤维为基体,活性炭纤维为吸收剂制备了力学和吸波性能更佳的活性炭纤维玻璃钢复合材料,并对其力学性能、吸波性能进行了研究,发现弯曲强度和抗冲击性分别达到了 357.801MPa 和 135.46KJ/cm²,随着活性炭纤维含量的增加,复合材料的吸波性能先提高后降低,在活性炭纤维含量为 0.69%(wt,质量分数)条件下达到最佳,在-10dB 条件下的吸收频带宽度达到 3GHz。邹田春等^[22-23]分别研究了粘胶基活性炭纤维制备条件以及在制备活性炭纤维/环氧树脂复合材料过程中,包括纤维含量、试样结构等对吸波性能的影响,并通过对比实际测量和理论计算得到反射率,探索了材料的吸波机理。结果表明:碳化过程中,随着温度升高,吸波性能呈先增后减态势,拐点出现在 450℃,活化时间延长,材料的有序性下降,吸波性能提高。姚斌等^[24]研究了采用钩针技术将活性炭纤维、玻璃纤维制成的吸波材料,两者的编制方式对吸波性能的影响,研究表明四针枣形结构更有利于对电磁波的吸收。夏少旭等^[25]采用二次活化活性炭纤维设计交错结构频率选择表面(FSS),并制备了吸波复合材料,研究结果表明,吸波性能随着活化温度的升高呈先增大后降低的趋势。针对活性炭纤维复合吸波材料在规定的频带宽度内,最小的反射损失为 62.8dB,吸收波的宽度达到 12.7GHz,而活性炭纤维的多孔结构导致了其低密度、质量轻的优点,厚度可以做到 4mm,这就克服了铁氧体吸波材料密度大的弊端。

除此之外,活性炭纤维吸波材料具有较优良的力学性能,在实际应用过程中,可以将其制作成所需要的形状,如毡、布等织物,避免了碳纤维吸波材料可防性差的缺点,能够更好地运用于电磁防护、保障军事和人民生活的安全健康。

3 结语

活性炭纤维作为一种新型的功能吸附材料,丰富的孔结构,集中的孔径分布,巨大的比表面积,较快的吸、脱附速度,较高的吸附容量,使其具有十分优异的吸附性能,由于具有质地轻、导电性和机械强度大的特点,广泛应用于环保、军事、电化学和医疗卫生等领域。

活性炭纤维是一种优良的防护材料,是防化服、防毒面具和防毒手套的主要组成部分,同时它也可以作为吸波材料来保障军事的安全。

近年来,提升活性炭纤维的性能成为科研人员

的重要课题。虽然经过不断的努力,我国科研人员获得了许多专利,取得了一定的研究成果,但是技术和成本与先进成果还有一定的差距,相信在不久的将来,我国一定会超越国外,将活性炭纤维应用于更广泛的领域。

参考文献

- [1] Linsky C B, Roree D T, Dow T. Effects of dressing on wound inflammation and scar tissue, in: dineen p and hildick-smith g, eds the surgical wound[J]. Philadelphia Lea & Febiger, 1981, 12:191-205.
- [2] 李承明, 黄雅钦, 黄明智. 明胶在创伤敷料中的应用[J]. 明胶科学与技术, 2003, 23(2):57-62.
- [3] Huh A J, Kwon Y J. "Nanoantibiotics": a new paradigm for treating infectious diseases using nanomaterials in the antibiotics resistant era[J]. Journal of Controlled Release, 2011, 156(2):129-131.
- [4] Allaker R P, Ren G. Potential impact of nanotechnology on the control of infectious diseases[J]. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine & Hygiene, 2008, 102(1):1-2.
- [5] Zhang L, Gu F X, Chan J M, et al. Nanoparticles in medicine: therapeutic applications and developments[J]. Clinical Pharmacology & Therapeutics, 2008, 83(5):761-769.
- [6] Bagchi B, Dey S, Bhandary S, et al. Antimicrobial efficacy and biocompatibility study of copper nanoparticle adsorbed mullite aggregates[J]. Materials Science & Engineering C, 2012, 32(7):1897-1905.
- [7] Ramani M, Ponnusamy S, Muthamizhchelvan C. From zinc oxide nanoparticles to microflowers: a study of growth kinetics and biocidal activity[J]. Materials Science & Engineering C, 2012, 32(8):2381-2389.
- [8] Ashfaq M, Verma N, Khan S. Copper/zinc bimetal nanoparticles-dispersed carbon nanofibers: a novel potential antibiotic material[J]. Materials Science & Engineering C Materials for Biological Applications, 2016, 59:938-947.
- [9] 刘维春. 利用纳米银与活性炭纤维的结合制作抗菌材料的方法: 中国, 02129358.9[P]. 2004-03-10.
- [10] Park S J, Jang Y S. Preparation and characterization of activated carbon fibers supported with silver metal for antibacterial behavior[J]. J Colloid Interface Sci, 200, 261(2):238-243.
- [11] Tang C, Hu D, Cao Q, et al. Silver nanoparticles-loaded activated carbon fibers using chitosan as binding agent; preparation, mechanism, and their antibacterial activity[J]. Applied Surface Science, 2017, 394:457-465.
- [12] Lin Y H, Lin J H, Li T S, et al. Dressing with epigallocatechin gallate-nanoparticles for wound regeneration[J]. Wound Repair & Regeneration, 2016, 24(2):287-301.
- [13] 吴红煊, 王晓艳, 张玲, 等. 碳纤维吸波材料的研究进展[J]. 材料导报, 2007, 21(5):115-117.

(下转第 21 页)