

无机抑菌纺织材料的设计与开发

张瑞民, 谈辉

(苏州金辉纤维新材料有限公司, 江苏 太仓 215421)

摘要:在介绍无机抑菌剂及抑菌机理的基础上, 分析银系、铜系、锌系 3 种无机抑菌材料的基本性能, 并通过各金属离子最小抑制细菌发育浓度的测试数据分析其抑菌性能。结果表明: 银系材料在抑制细菌方面效果良好; 铜系材料抑制真菌较为显著, 还同时具有美容效果; 锌系材料也可抑制细菌及真菌, 通常与铜系材料复合使用。同时根据不同抑菌材料特性, 建议应结合细菌在人体和纺织品中的分布及种类采用不同的抑菌材料, 如运动休闲、家纺、内衣及装饰材料等领域, 使抑菌纺织品的应用更加有效。

关键词: 抑菌机理; 无机; 银系; 铜系; 锌系; 抑菌纺织品

中图分类号: TS 195.5

文献标志码: B

文章编号: 1000-4033(2014)11-0006-03

Design and Development of Inorganic Antibacterial Textile Material

Zhang Ruimin, Tan Hui

(Suzhou Jinhui New Material Fiber Co., Ltd., Taicang, Jiangsu 215421, China)

Abstract: Based on the inorganic antibacterial materials and its antibacterial principle, the paper analyzes the basic properties of silver, copper and zinc series of antibacterial materials. It tests the minimum inhibition concentration of bacterial growth of these three metal-ions. The results show that the silver series of antibacterial materials have a good effect on inhibition of bacterial; copper series have more advantages in fungistasis, as well as the cosmetic effect aspects; and zinc series can inhibit bacteria and fungus and mainly be used with copper together. According to the features of different antibacterial materials, it suggests that different textiles should use different antibacterial materials according to bacterial distribution on human body, such as sports and leisure apparel, home textiles, underwear and decorative materials and so on, which can make the application of antibacterial textiles more effective.

Key words: Antibacterial Principle; Inorganic; Silver Series; Copper Series; Zinc Series; Antibacterial Textile

抑菌纺织品早期主要应用在医疗领域, 如烧伤、皮肤病、术后、整形等方面, 以杜绝感染。随着人们生活水平的提高, 消费者对日常使用的家用纺织品及服装有了更高的抑菌要求。抑菌纺织品安全性高, 对人体没有危害, 并能有效抑制病菌生长, 已能满足人体对除菌的要求。人体皮肤表面本身存在大量有益或有害细菌, 细菌之间存在

相互制约的平衡关系, 在机体正常情况下打破这种平衡是不提倡的。因此, 对民用纺织品的抑菌要求没有必要一定达到抗菌纺织品及无茵纺织品的抑菌要求 (洗涤 50 次后抑菌率 > 99%)。因此, 以抑菌率来衡量抑菌纺织品的有效性固然很重要, 但抑菌纺织品的抑制菌种以及纺织品的细分应用领域也同样重要。

抑菌剂按照有效成分的种类可以分为天然抑菌剂、有机抑菌剂、无机抑菌剂 3 大类。天然抑菌剂的安全性高, 但耐热性差, 药效时间短; 有机抑菌剂的杀菌能力强, 但毒性大, 易水解, 且易产生耐药性而阻碍其发展。本文主要对不同无机抑菌纺织品的抑菌种类及机理, 以及抑菌纺织品的设计进行阐述与研究。

作者简介: 张瑞民 (1986—), 女, 工程师, 硕士。主要从事功能性涤纶纤维的研发工作。

1 无机抑菌材料及其分类

1.1 无机抑菌剂及抑菌机理

无机抑菌剂是利用银、铜、锌等金属的抗菌能力,通过物理吸附或离子交换等方法,将银、铜、锌等金属或离子固定在沸石、硅胶等多孔材料的表面制成抑菌剂,然后将其加入相应制品即获得具有抑菌能力的材料。高山正彦^[1]研究了一般金属离子对菌类的作用强度,试验证明,对细菌的静菌作用顺序为: $Ag^+ > Co^{2+} > Ni^+ \geq Al^{3+} > Zn^{2+} \geq Cu^{2+} = Fe^{3+} \geq Sn^{2+}$;对霉菌的静菌作用顺序为 $Ni^+ > Cu^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} = Ag^+ = Fe^{3+} = Al^{3+} > Sn^{2+}$;杀菌作用顺序为 $Ag^+ > Cu^{2+} > Fe^{3+} = Sn^{2+} > Al^{3+} \geq Zn^{2+} \geq Co^{2+}$ 。无机金属离子最小抑制细菌发育浓度见表 1。

表 1 无机金属离子最小抑制细菌发育浓度

金属离子	对大肠杆菌的抑制浓度	对沙门氏菌的抑制浓度
Ag^+	0.000 002	0.000 002
Hg^{2+}	0.000 002	0.000 002
Cu^{2+}	0.000 015	0.000 015
Au^{2+}	0.000 120	0.000 120
Zn^{2+}	0.001 000	0.001 000
Ca^{2+}	0.500 000	0.500 000

关于无机金属离子的抑菌机理有如下两种观点:一是金属表面缓慢释放金属离子,当微量金属离子到达微生物细胞膜时,因后者带有负电荷,依靠库仑力,使两者吸附牢固,并使蛋白质凝固,破坏细胞合成酶的活性,造成细胞丧失分裂增殖能力而死亡;二是微量金属如银、铜等在光的作用下激活空气或水中的氧,产生羟基自由基和活性氧离子,它们具有很强的氧化还原作用,破坏微生物细胞的增殖能力,抑制或杀灭细菌。由于金属离子是对细菌基体直接作用,故具有高效性、持久性和广谱抗菌的特点。

1.2 银系抑菌材料

微生物中的细菌病原体会引起人和动植物的疾病,并且容易传播,严重的能引起人类及动物的严重疾病。如 1996 年日本病原性大肠杆菌感染事件,引起日本全国范围内对抑菌材料研制开发的极大重视,开始集中研究银系无机抑菌剂及其在各种材料中的应用,银系抑菌取得了很大进展,这也是目前日本在这一领域处于领先地位的重要原因^[2]。

抑菌试验表明银具有较高的抑菌性能,因此银离子抑菌剂在无机抑菌剂中占主导地位。但是,银系价格相对较高,不稳定性、易氧化变灰或变黑使制品着色,影响美观;同时银离子转变为金属银后抑菌性能明显下降;对病毒及真菌作用弱,使用时添加量较大,成本增大,这在一定程度上限制了其应用。

1.3 铜系抑菌材料

近年来,铜系抑菌材料逐渐成为市场新宠。据英国南安普顿大学研究报告称,甲型 H1N1 流感病毒在金属铜表面滞留 1 h 后就被杀死,6 h 后病毒几乎全部死亡。美国科学家发现黄铜上的细菌在 7 h 甚至更短时间就能被全部歼灭;在新擦过的黄铜表面,歼灭全部细菌仅需 15 min。因此专家认为,医院、商店、车站等公共场所的门把手,楼梯栏杆、座椅扶手等频繁接触物均应采用铜质材料。同时,铜的抑菌性不受元素价态影响,氧化亚铜、氧化铜、铜、青铜、白铜、黄铜、紫铜等,只要铜能暴露出来,就具有抑菌效果。铜的抑菌性能较银系差,优于锌系,但由于不容易制得白色粉末,在抑菌材料产业化应用方面表现出较大的局限性。

另外,铜系材料在抑制真菌方面表现出明显优势。研究结果显

示,公交车采用铜翅片散热器后,车厢内细菌总数与真菌总数较铝翅片有明显降低^[3];铜还可应用于游泳池内防止绿藻污染,应用于地板防止传染足癣(真菌)。银离子、铜离子最小抑制细菌发育质量浓度分析见表 2。

表 2 银离子、铜离子最小抑制细菌发育质量浓度

菌类	菌种	银离子	铜离子
细菌类	绿脓菌	0.78	400.00
	金黄色葡萄球菌	6.30	200.00
	肺炎杆菌	0.78	400.00
	枯草菌	1.56	400.00
	棒状杆菌	0.78	200.00
真菌类	芽枝霉	800.00	200.00
	毛克霉	800.00	200.00
	青霉	800.00	200.00

由表 2 可知,铜离子抑制细菌的性能比银离子差,但抑制真菌的性能要优于银离子^[4]。

铜为人体必需的微量元素,氨基酸是构成生物体内蛋白质、酶等生物大分子的基本结构单元。在生物体内存在的微量金属元素,以自由离子存在时往往不表现出生物活性或活性不强,以配合物形式存在时,才表现出某种生物活性。研究表明,氨基酸和铜形成的配合物具有杀菌、消炎和抗癌等生物活性^[5]。因此,铜系材料是安全、健康、有效的。

铜元素在化妆品行业中应用广泛。国内外已把活性成分为铜的超氧化物歧化酶(SOD)加入化妆品中(SOD 作为化妆品的优质添加剂,能透过皮肤吸收,且可保存其活性,不仅有抗皱、祛斑、去色素等作用,还有抗炎、防晒、延缓皮肤衰老的作用)。2012 年夏季,国外某著名科技公司将添加铜元素的纤维应用于具有光滑肌肤功能的系列美容纺织品中,如枕套、手套和

眼罩^[6]。该公司的首席医学科学家 Gadi 解释说:铜元素可以促进皮肤中蛋白质如胶原蛋白的生长,通过促进胶原蛋白的生长,可以实现去除皱纹的效果。由此可知,铜系材料同时具有抑菌及美容的双重功效。

1.4 锌系抑菌材料

Zn²⁺的抑菌性能较弱,但纳米 ZnO 显示出较强的抑菌能力。纳米 ZnO 能高效杀灭和清除细菌及其残骸,还能分解细菌分泌的毒素。锌系材料对真菌也有一定抑制效果。

微量元素锌同样具有美容效果,可维持皮肤的弹性和致密性。体内锌还可增加免疫功能,协助骨骼发育,促进伤口愈合。

2 抑菌材料在纺织品中的应用

随着生活压力的增大,都市白领大多处于亚健康状态,身体抵抗力变差,容易受到有害细菌的伤害,因此,抑菌纺织品日常使用中还应兼具安全防护功能。表 3 显示出人体和家用纺织品中常见的致病菌。其中细菌如金黄色葡萄球菌、大肠杆菌常见于皮肤表面、口腔、肠道;真菌如白色念珠菌多存在于口腔、肠道、阴道及足部区域。

银系抑菌纺织品对抑制金黄色葡萄球菌及大肠杆菌具有较强效果,但贴近皮肤时容易打破皮肤表面细菌数量的平衡,同样不利于机体运行,适宜用作外套,从而杀灭皮肤外部环境带来的细菌。而铜系抑菌材料抑制真菌效果显著,杀菌效果温和,且具有美容效果,适合应用于内衣和袜子等,在应用中也可根据纺织品要求制得银-铜复合纤维、铜-锌复合纤维等。

抑菌纺织品设计建议如下:

a. 运动休闲,如外套、帽子、手帕、手套采用银系材料,鞋子、袜子、鞋垫、拖鞋采用铜系抑菌材料;

表 3 附着在人体和纺织品上的常见致病菌

分类	菌种	所致病
革兰氏阳性菌	金黄色葡萄球菌	化脓性感染、肺炎、心包炎
	表皮葡萄球菌	败血症、脓毒症
	白色葡萄球菌	尿路感染
革兰氏阴性菌	大肠杆菌	肠道外感染、急性腹泻
	肺炎杆菌	坏死性肺炎及其他感染
	绿脓杆菌	烧伤或创伤部位感染
真菌	变形杆菌	急性腹泻
	白色念珠菌	皮肤念珠病与黏膜念珠病
	趾间发癣菌	足癣
	皮肤癣菌	指甲与皮肤感染

b. 家纺,如床上用品、毛巾采用铜系材料,地毯、沙发面料、窗帘、桌布、抹布等采用银系材料;

c. 内衣,如睡衣、内衣、内裤采用铜系材料;

d. 装饰材料,如汽车内饰、毛绒玩具、椅子罩、汽车罩等采用银系材料。

根据不同应用领域,抑菌纺织品在具有良好抑菌功效的同时,还应结合其他舒适性特征。例如,苏州金辉纤维新材料有限公司产品酷魔丝,具有抑菌、吸湿排汗、防紫外线功能,在夏季休闲运动服饰及内衣品牌中具有较好应用,该产品抑菌材料包括银系抑菌材料和铜-锌复合抑菌材料,其中铜-锌材料抑菌检测结果见表4。

此外,夏季温度高易出汗,汗液、适合的温度以及体表代谢物成为微生物繁殖最有利的条件,因此,夏季应首选具有抑菌功能的纺织品。苏州金辉纤维新材料有限公司产品爽丽丝是结合抑菌、瞬间凉感及持续凉感、吸湿排汗多种功能

表 4 铜-锌材料抑菌率检测

检测菌种	实测值/%	检测标准
金黄色葡萄球菌	>99	GB/T 20944.2—2007《纺织品 抗菌性能的评价 第 2 部分:吸收法》
大肠杆菌	>99	
白色念珠菌	91	GB/T 20944.3—2008《纺织品 抗菌性能的评价 第 3 部分:振荡法》

的产品,体现了舒适与健康的设计理念。

3 结束语

随着生活品质的提高和快节奏的消费方式,要求抑菌产品性能更多元化、功能化,才能获得更高的关注度。未来抑菌纺织品应该更加趋于智能化,真正发挥抑菌纺织品的抑菌效果。针对不同领域的产品采用不同作用的抑菌材料,并结合其他功能进行设计,才能真正满足消费者时尚与健康的需求。随着人们对健康理念的关注,抑菌纺织品将会有更广阔的发展空间。

参考文献

- [1]高山正彦.—[J].石油技术,1998,21(4):349.
- [2]夏金兰,王春.抗菌剂及抗菌机理[J].中南大学学报:自然科学版,2004,35(1):31-37.
- [3]钱海雷,许慧慧,高屹峰,等.公交客车空调铜、铝翅片散热器抑菌性能对比研究[J].制冷技术,2012(3):18-22.
- [4]余国文,张高科,胡波.金属系无机抗菌材料研究进展[J].工业安全与环保,2004,4(30):34-36.
- [5]李秋潼,薄莹莹,许兴友.铜(Ⅱ)配合物的合成、抑菌性能及循环伏安特性[J].常州大学学报:自然科学版,2012,24(3):75-79.
- [6]GLENN M. The fabric of beauty[J]. AATCC Review,2013,13(1):34-38.

收稿日期 2014 年 6 月 30 日