

蒙皮材料防静电性能探索研究

武国军,陈 思,刘圣千,郑 磊,易怀强,吴家红

(中国航天科工集团第六研究院四十六所,内蒙古 呼和浩特 010010)

摘 要:通过在聚氨酯中添加导电云母、导电氧化锌、导电针状二氧化钛、多臂碳纳米管,制备了表面电阻率低至 $\sim 6.1 \times 10^6 \Omega$ 的聚氨酯材料。将其涂覆于蒙皮材料后,当聚氨酯与蒙皮材料的质量比为1:1时,蒙皮材料的表面电阻率低至 $\sim 8.5 \times 10^6 \Omega$,实现了蒙皮材料的防静电性能。同时,蒙皮材料的面密度由 $\sim 140 \text{ g/m}^2$ 增加至 $\sim 240 \text{ g/m}^2$ 。

关键词:蒙皮材料;防静电;电阻率;面密度

中图分类号: TB332

文献标识码: A

文章编号: 1673-0356(2020)01-0005-03

平流层飞艇是指飞行于大气平流层的飞艇,工作高度一般为18~24 km左右,主要依靠静升力驻空工作。平流层飞艇的工作环境十分苛刻,环境温度低,大气密度约为地表的1/14,紫外辐射和臭氧作用强烈^[1-2]。在这种环境下长期工作,飞艇蒙皮材料必须具有高的强度和耐候性以及低的面密度和氦气渗透率,因此采用多层复合结构,其结构一般包括承力层、阻隔层、耐候层以及各层之间的粘结层^[3-5]。日本航空宇宙研究机构Komatsu等^[6]进行了高强纤维基质平流层飞艇蒙皮材料的研究,采用芳香族聚酯(Vectran)纤维、芳纶(Kevlar)、聚对苯撑苯并二恶唑(PBO)纤维等织物作为承重层,聚氟乙烯(PVF)薄膜作为耐候层,聚酯薄膜(Mylar)、乙烯-乙醇醇聚合物(EVOH)等作为阻氦层,形成不同组合,制备了多种蒙皮材料试样。

飞艇是利用轻于空气的气体为介质的浮空器。轻于空气的气体很多,如甲烷、氮气、氢气、氦气甚至经过加热的空气。但要作为平流层飞艇的浮升气体,从目前来看主要是氢气与氦气。1937年兴登堡D-L129充氢飞艇在美国新泽西州莱克赫斯特基地着陆时,因静电富集引起着火爆炸,30多人罹难。自此之后,氢气已退出应用于飞艇的历史舞台,美国联邦航空管理局也禁止使用氢气作为飞艇的浮力气体。但如今科技的发展,浮升气体的用途越来越广,量也越来越大,因此,许多学者重新提出使用氢气作为飞艇的浮升气体,况且在出现兴登堡飞艇灾难前,用氢气作为浮升气体已经安全地工作在几十艘飞艇上。科学的发展,使得使用氢气为浮力气体的飞艇又有了希望。

前人对于充氢飞艇蒙皮材料的研究多集中于轻质、高强、低透气率、耐候、抗紫外等性能。但影响充氢

飞艇蒙皮材料稳定应用的另两个因素还有防静电(表面电阻率为 $10^6 \sim 10^9 \Omega$)及阻燃性能。目前,对于蒙皮材料防静电及阻燃性能的报道仍较少,多集中于单一聚合物如聚氨酯、聚氯乙烯等材料的研究。相比于聚氯乙烯,聚氨酯材料因其良好的韧性、耐磨性、耐老化性和黏合性,已被应用于蒙皮材料的耐候层和焊接材料中。

尝试以环保型的聚氨酯为基体,通过添加导电剂提高聚氨酯的防静电性能,并将其以涂层的方式涂覆于自制的蒙皮材料表面,对其性能进行测试分析,开展了蒙皮材料防静电性能的探索性研究。

1 试验部分

采用层压复合设备,将Vectran纤维与PVF薄片进行层压复合处理,然后将其裁成面积为 100 cm^2 的蒙皮若干块,面密度约为 140 g/m^2 。将体积电阻率为 $\sim 1 \times 10^3 \Omega$ 的导电添加剂(导电云母、导电氧化锌、导电针状二氧化钛、多臂碳纳米管)按不同质量百分比分散至聚氨酯中,制成防静电聚氨酯材料。将制成的防静电聚氨酯材料以刷涂的方式,按照聚氨酯与蒙皮材料质量比0.5:1、1:1、2:1、3:1的比例,涂覆于裁好的蒙皮材料表面,经常温干燥后制成防静电蒙皮材料。

利用电阻率测试仪器(EST121型数字超高电阻、微电流测量仪)测试聚氨酯和蒙皮材料表面电阻率。

2 结果与讨论

未添加与添加质量分数为 $\sim 20\%$ 导电云母、导电氧化锌、导电针状二氧化钛和碳纳米管聚氨酯的表面电阻率变化如图1所示。

收稿日期:2019-10-29;修回日期:2019-11-04

作者简介:武国军(1977-),男,研究员,博士,主要研究方向:囊体材料总体设计,E-mail:wugj_2007@163.com。

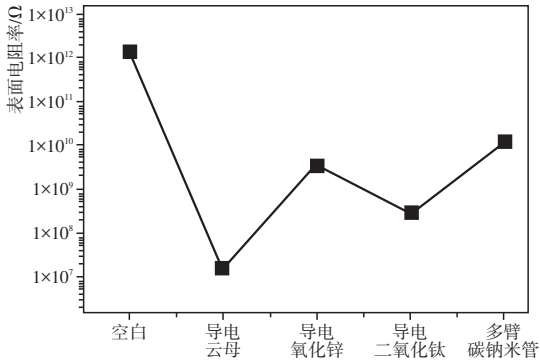


图1 不同导电填料的聚氨酯表面电阻率变化图

由图1可以看出,未添加聚氨酯时表面电阻率为 $\sim 1.4 \times 10^{12} \Omega$ 。随着导电添加剂的加入聚氨酯表面电阻率都有大幅度的降低,其中添加导电云母的聚氨酯表面电阻率最小,降低至 $\sim 1.6 \times 10^7 \Omega$,已达到防静电效果。添加碳纳米管样品的降低幅度最小,仅降低至 $\sim 3.84 \times 10^9 \Omega$ 。一般情况,对于碳纳米管材料,因其结构的特殊性,相比于其他导电粉体应该具有更加优异的导电网络。该结果显示刚好相反,这可能是由于碳纳米管并没有均匀地分散在聚氨酯中。

碳纳米管虽不能大幅度降低聚氨酯的表面电阻率,但其本身质量较轻,添加后不易增加材料面密度。为了进一步优化聚氨酯的表面电阻率,通过将导电云母及碳纳米管共混的方式分散于聚氨酯中,导电云母与碳纳米管的总质量仍占聚氨酯的20%。添加碳纳米管与导电云母质量比为1:10、3:7、5:5、7:3的聚氨酯表面电阻率变化如图2所示。

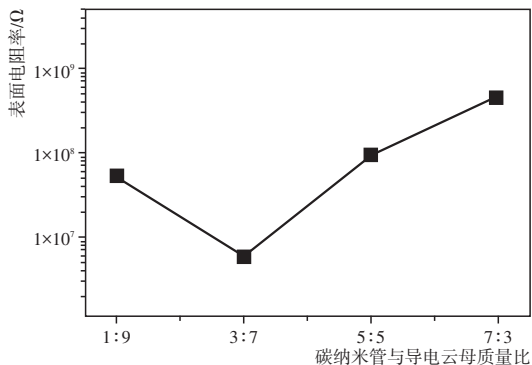


图2 碳纳米管与导电云母不同添加质量比的聚氨酯表面电阻率变化图

由图2可以看出,随着碳纳米管与导电云母质量比的增加,聚氨酯表面电阻率呈先减小后增加的趋势,纳米管与导电云母质量比3:7时,聚氨酯表面电阻率最低为 $\sim 6.1 \times 10^6 \Omega$,该值相比于单独混合导电云母时的 $\sim 1.6 \times 10^7 \Omega$,又有明显的降低。

将上述电阻率最低的 $\sim 6.1 \times 10^6 \Omega$ 聚氨酯按照与蒙皮材料质量比为0.5:1、1:1、2:1、3:1的比例涂覆时,蒙皮材料表面电阻率变化如图3所示。

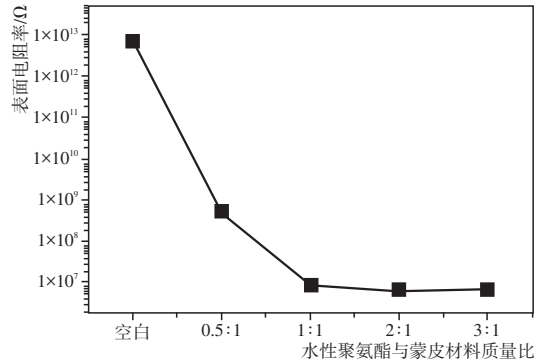


图3 不同涂覆比的蒙皮材料表面电阻率变化图

由图3可以看出,随着聚氨酯涂覆量的增加,蒙皮材料的表面电阻率呈先减小后趋于稳定的趋势。当聚氨酯与蒙皮材料质量比为1:1时,蒙皮材料的表面电阻即可由未涂覆前的 $\sim 6.8 \times 10^{12} \Omega$ 降低至 $\sim 8.5 \times 10^6 \Omega$ 。随着聚氨酯与蒙皮材料质量比的进一步增加,表面电阻率变化不明显,且电阻值均已接近聚氨酯的电阻率 $\sim 6.1 \times 10^6 \Omega$ 。结果表明,聚氨酯与蒙皮材料质量比为1:1时,聚氨酯已可以实现在蒙皮材料上的均匀涂覆。

聚氨酯在涂覆后,在蒙皮材料干燥中存在水的挥发,因此实际得到的防静电蒙皮材料的面密度为190、240、350和460 g/m²。综合性能较为优异的是面密度为240 g/m²、表面电阻率低至 $\sim 8.5 \times 10^6 \Omega$ 的防静电蒙皮材料,距离充氢飞艇的应用仍存在距离。对于导电添加剂和聚氨酯及其与蒙皮材料复合后的综合性能还有待于进一步优化。

3 结语

以聚氨酯为基体,通过添加导电剂提高聚氨酯的防静电性能。在聚氨酯中添加导电云母、导电氧化锌、导电针状二氧化钛、多臂碳纳米管,制备了表面电阻率低至 $\sim 6.1 \times 10^6 \Omega$ 的聚氨酯材料。将其涂覆于蒙皮材料后,当聚氨酯与蒙皮材料的质量比为1:1时,蒙皮材料表面电阻率低至 $\sim 8.5 \times 10^6 \Omega$,实现了蒙皮材料的防静电性能。同时,蒙皮材料面密度由 $\sim 140 \text{ g/m}^2$ 增加至 $\sim 240 \text{ g/m}^2$ 。目前,该材料距离充氢飞艇蒙皮材料的应用仍存在距离,进一步优化原材料制备及工艺调控,将有望继续提升防静电蒙皮材料的综合性能。

此外,对于蒙皮材料阻燃性能的研究,也将有利于其在充氢飞艇上的应用。

参考文献:

- [1] 王亚飞,安永旺,杨继何.临近空间飞行器的现状及发展趋势[J].国防技术基础,2010,(1):33-37.
- [2] 田越,肖尚明.平流层飞艇囊体材料的发展现状及关键技术[J].合成纤维,2013,(42):11-15.
- [3] KHOURY G A, GILLETT J D. Airship Technology[M]. UK: Cambridge University, 1999.

- [4] 曹旭,顾正铭,王伟志.可用于平流层飞艇蒙皮的PBO织物编织和性能研究[J].航空返回与遥感,2008,(3):57-62.
- [5] 王琳,陈跃华,李炜.涤纶平纹基布涂层飞艇囊体材料的开发[J].纺织科技进展,2008,(1):14-16.
- [6] KOMATSU K, SANO M A. Development of high specific strength envelope materials[J]. Journal of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 2003, 51(591):158-163.

Study on the Antistatic Property of Envelop Materials

WU Guo-jun, CHEN Si, LIU Sheng-qian, ZHENG Lei, YI Huai-qiang, WU Jia-hong

(The 46th Research Institute, The Sixth Academy of CASIC, Huhhot 010010, China)

Abstract: The surface resistivity was reduced to $\sim 6.1 \times 10^6 \Omega$ by adding conductive mica, zinc oxide, needle-like titanium dioxide and multi-arm carbon nanotubes in polyurethane material. When the mass ratio of the polyurethane to envelop material was 1:1, the surface resistivity of the envelop material was as low as $\sim 8.5 \times 10^6 \Omega$, which realized the antistatic performance of the envelop material. At the same time, the surface density of the envelop material increased from $\sim 140 \text{ g/m}^2$ to $\sim 240 \text{ g/m}^2$.

Key words: envelop material; antistatic; resistivity; surface density

(上接第4页)

- [31] LEE Y H, CHANG J J, YANG M C, *et al.* Acceleration of wound healing in diabetic rats by layered hydrogel dressing[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 88(3): 809-819.
- [32] 张传杰,朱平,王怀芳.高强度海藻酸盐纤维的制备及其结构与性能研究[J].天津工业大学学报,2008,27(5):23-27,32.
- [33] 秦益民,朱长俊,冯德明,等.海藻酸钙医用敷料与普通棉纱布的性能比较[J].纺织学报,2007,(3):45-48.
- [34] WHITE J C, STOPPEL W L, ROBERTS S C, *et al.* Addition of perfluorocarbons to alginate hydrogels significantly impacts molecular transport and fracture stress[J]. Journal of Biomedical Materials Research Part A, 2013, 101(2):438-446.

- [35] 吴谦,王栋,孙瑾.医用海藻纤维研究现状[J].四川化工,2013,16(6):19-21.
- [36] EAGLSTEIN W H, MERTZ P M. New method for assessing epidermal wound healing: the effects of tramcinolone acetone and polyethylene film occlusion[J]. Journal of Investigative Dermatology, 1978, 71:382-384.
- [37] ADERBIGBE B, BUYANA B. Alginate in wound dressings[J]. Pharmaceutics, 2018, 10(2):42-48.
- [38] 林晓华.新型复合生物抗菌敷料抗菌性能、吸湿能力及生物相容性研究[D].广州:南方医科大学,2013.
- [39] LANSDOWN A B, PAYNE M J. An evaluation of the local reaction and biodegradation of calcium sodium alginate (kaltostat) following subcutaneous implantation in the rat [J]. Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh, 1994, 39(5):284-288.

Research and Application Progress of Alginate Fiber for Medical Dressing

LIU Jin-chi, YU Miao*, WANG Xia, JIN Jia-qin

(Textile and Clothing Institute, Qingdao University, Qingdao 266000, China)

Abstract: The development process and research status of alginate fiber for medical dressings were analyzed. The material composition, morphological structure and processing technology of this type of alginate fiber were discussed. The excellent properties of alginate fiber were summarized. The shortage of related products and application prospect in the future were pointed out.

Key words: alginate fiber; medical dressing; biocompatibility; medical biomaterials