

三元乙丙橡胶内绝热层与纤维织物复合技术研究

南博华¹ 王红丽² 张崇耿¹ 张新航¹

(1 陕西剑锋机械研究所,西安 710065)

(2 西北工业大学化学工程系,西安 710072)

摘 要 研究了三元乙丙橡胶内绝热层分别与高硅氧纤维、芳纶纤维及碳纤维织物复合后绝热层的烧蚀性能。结果表明:绝热层与纤维织物复合可以提高绝热层的烧蚀性能;在这三种复合方法中,前两种织物分别铺设在绝热层表面的烧蚀性能优于将织物铺设在绝热层内部,后一种织物铺设在绝热层内部的烧蚀性能优于将织物铺设在绝热层表面;相比较而言,加入芳纶纤维织物绝热层的烧蚀性能最好,碳纤维织物绝热层的次之,高硅氧纤维织物绝热层的最差。

关键词 三元乙丙橡胶,绝热层,纤维织物,复合技术

Compound-Technology of EPDM Internal Insulation and Fabric

Nan Bohua¹ Wang Hongli² Zhang Chonggeng¹ Zhang Xinhang¹

(1 Shaanxi Jianfeng Institute of Machinery, Xi'an 710065)

(2 Department of Chemical Engineering Northwestem Polytechnic University, Xi'an 710072)

Abstract In this article, ablation performances of the insulation composites of EPDM /aramid fabric, EPDM /high-silica fabric and EPDM /carbon fabric were studied. The results show that ablation performance of the insulation is improved. The insulation which fabric arranged in shows higher ablation performance than that of fabric arranged on the surface for EPDM /aramid and EPDM /high-silica fabric composite. While for EPDM /carbon fabric composite, it is reverse. Compared as whole, the ablation of EPDM /aramid is the best, then the EPDM /carbon fabric is better, and lastly is the EPDM /High-silica fabric.

Key words EPDM, Insulation, Fabric, Compound-Technology

1 引言

目前,我国的弹性内绝热层主要使用丁腈/石棉、三元乙丙/芳纶,这两大类绝热层在现阶段不能满足冲压发动机、高过载发动机和高能量推进剂等所要求的高温、高压和较长时间的高速气流冲刷。因此,如何提高严酷要求绝热层的耐烧蚀和抗冲刷性能是绝热层研制的关键和方向,文献[1]介绍内绝热层的增强材料已向二维和三维方向发展,本文在二维增强材料方面作了一些研究。

2 实验

燃烧室内绝热层暴露在燃气中,在高温作用下形成炭化层、热解层及原始材料层三层^[2]。所以在设计中内绝热层的厚度应该包括:冲刷厚度、炭化层厚度和保证筒壁在某一温度下具有设计强度的热传导

厚度。绝热层烧蚀模型见图 1^[3~4]。

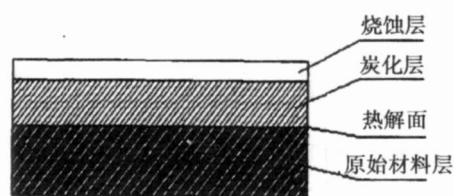


图 1 绝热层烧蚀模型

Fig 1 Ablation model of insulation

在烧蚀过程中热解层、炭化层及烧蚀层与原始材料层的温度有关,烧蚀层厚度在火焰温度、压力一定的条件下随着时间的推移而增加。从三个层次结构来看,在烧蚀条件固定的情况下,要降低绝热层的烧蚀率,一个可行的办法就是增加炭化层的厚度。根据

收稿日期:2008-04-07;修回日期:2008-04-28

作者简介:南博华,1980年出生,硕士,主要从事非金属材料的研究。E-mail: nanbohual@163.com

经验可知,在烧蚀过程中,燃气对炭化层的冲刷较厉害,往往将其冲刷掉。因此,要提高绝热层的烧蚀性能,就要较好地固定炭化层,使其与热界面及基体材料形成整体。

2.1 原材料

陕西剑锋机械研究所自行研制的弹性三元乙丙橡胶绝热层(J210-8)作为基体。高硅氧纤维织物、芳纶纤维织物、碳纤维织物作为固碳织物,其规格见表1。

表1 纤维织物的规格

Tab 1 Specification of selected fabrics

名称	规格	生产厂家
高硅氧纤维织物	网孔尺寸: 5 mm × 5 mm; 厚度: 0.3 mm; 面密度: 169.5 g/m ²	兴平玻璃纤维厂
芳纶纤维织物	4232 [#] ; 网孔尺寸: 2 mm × 2 mm; 厚度: 0.3 mm; 面密度: 134.7 g/m ²	上海合成纤维研究所
碳纤维织物	3 K碳布; 网孔为自然伸缩孔; 厚度: 0.3 mm; 面密度: 107.5 g/m ²	日本东丽公司

2.2 制作工艺

J210-8绝热层试样在20 s内的烧蚀厚度约为2 mm,为了使加入试样中的纤维织物可以发挥作用,制备试样时采取三种铺设方案:(1)纤维织物在试样表面(B₀);(2)纤维织物在试样表面以下1 mm(B₁);(3)纤维织物在试样表面以下2 mm(B₂)。

试样制备的工艺简图见图2。

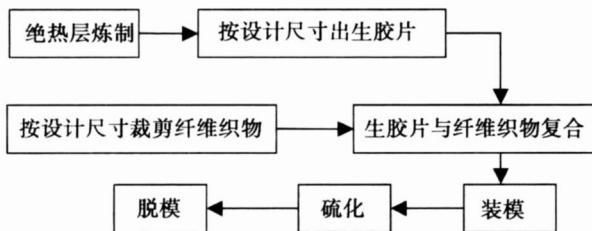


图2 绝热层加纤维织物复合工艺简图

Fig 2 Sketch of compound-technology of insulation and fabrics

2.3 烧蚀性能测试

按GJB323A—96进行测试,烧蚀时间为20 s,火焰热流密度为3.844 MW/m²。

3 结果与讨论

3.1 加入高硅氧纤维织物试样的烧蚀性能

加入高硅氧纤维织物试样与J210-8试样的烧蚀形貌对比见图3。可以看出,高硅氧纤维在高温烧蚀下形成了小颗粒,与J210-8烧蚀形貌不同的是在烧蚀区域外围残存的碳层较多,即:在表面加一层高

硅氧纤维织物后有较好的固着碳层的作用。其线烧蚀率与质量烧蚀率对比见表2。

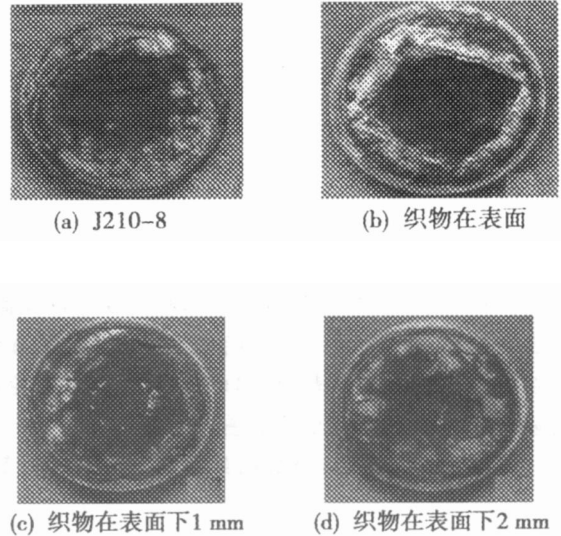


图3 加入高硅氧纤维织物试样烧蚀后形貌

Fig 3 Appearance of ablation test piece of insulation added high-silica fabrics

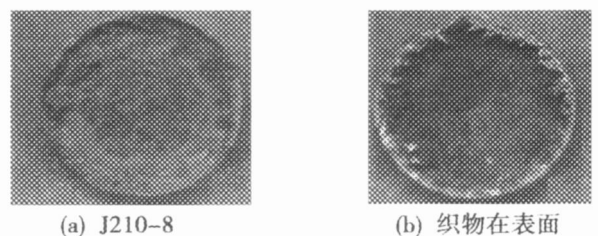
表2 J210-8与加高硅氧纤维织物绝热层试样的烧蚀性能

Tab 2 Performances of ablation test piece of J210-8 insulation added high-silica fabrics

绝热层	线烧蚀率/mm·s ⁻¹	质量烧蚀率/g·s ⁻¹
J210-8	0.095	0.059
B ₀	0.080	0.046
B ₁	0.094	0.053
B ₂	0.094	0.054

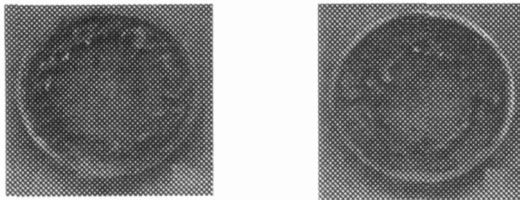
从表2可以看出,加入高硅氧纤维织物后降低了绝热层的线烧蚀率和质量烧蚀率,提高了绝热层的烧蚀性能,而且高硅氧纤维织物加在绝热层表面试样的烧蚀性能优于加在绝热层内部的,其机理需进一步试验验证。

从图4看出:加入高硅氧纤维织物试样火焰集中区域以外的残余物比J210-8的多。这可能是由于高硅氧纤维的熔融温度在1600 K左右,在火焰集中区域以外高硅氧纤维未熔融,起到了固着碳层的作用,而纤维织物加在表面时,由于其含量较少,不能起到二维固碳作用,易使碳层与纤维织物一起剥离。



(a) J210-8

(b) 织物在表面



(c) 织物在表面下 1 mm (d) 织物在表面下 2 mm

图 4 加入高硅氧纤维织物试样烧蚀后去掉碳层形貌

Fig 4 Appearance of ablation test piece of insulation added high-silica fabrics without carbon remainder

综上所述,高硅氧纤维织物加入后可以提高绝热层的烧蚀性能,高硅氧纤维织物加在绝热层表面的烧蚀性能优于加在绝热层内部的。

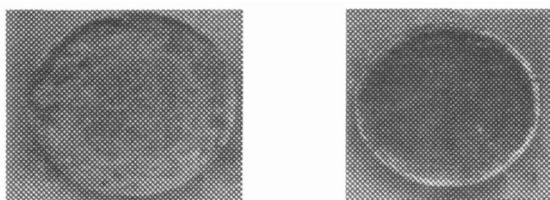
3.2 加入芳纶纤维织物试样的烧蚀性能

加入芳纶纤维织物试样与 J210 - 8 试样的烧蚀数据见表 3。

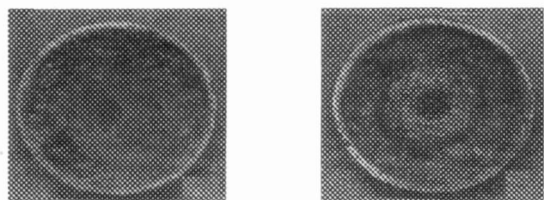
表 3 J210 - 8 与加芳纶纤维织物绝热层试样的烧蚀率
Tab 3 Performances of ablation test piece of J210 - 8 insulation added aramid-fabrics

绝热层	线烧蚀率 / $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	质量烧蚀率 / $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$
J210 - 8	0.095	0.059
B ₀	0.068	0.044
B ₁	0.092	0.057
B ₂	0.071	0.048

从表 3 可以看出:加入芳纶纤维织物后可以明显提高绝热层的烧蚀性能,将芳纶纤维织物加在试样表面时的烧蚀性能最好,烧蚀形貌见图 5。



(a) J210-8 (b) 织物在表面



(c) 织物在表面下 1 mm (d) 织物在表面下 2 mm

图 5 加入芳纶纤维织物试样烧蚀后去掉碳层形貌

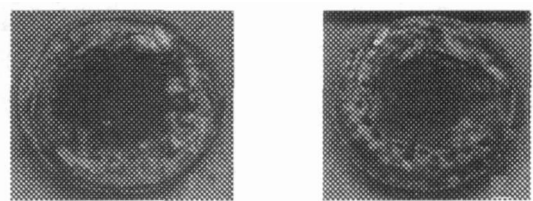
Fig 5 Appearance of ablation test piece of insulation added aramid-fabrics without carbon remainder

对照表 2 和表 3 可以看出:加入芳纶纤维织物试样的烧蚀性能优于加入高硅氧纤维织物的。按照理论分析,高硅氧纤维在 1 600 K 左右时开始熔融,而芳纶纤维在 800 K 左右时开始分解,也就是高硅氧纤维织物的耐热性要好于芳纶纤维织物,但是试样的烧蚀性能却相反,这有待于进一步研究。

综上所述,芳纶纤维织物加入后可以提高绝热层的烧蚀性能,而且芳纶纤维织物加在绝热层表面时的烧蚀性能优于将芳纶纤维织物加在绝热层内部;加入芳纶纤维织物绝热层的烧蚀性能优于加入高硅氧纤维织物的。

3.3 加入碳纤维织物试样的烧蚀性能

加入碳纤维织物试样与 J210 - 8 试样的烧蚀形貌见图 6。



(a) J210-8 (b) 织物在表面



(c) 织物在表面下 1 mm (d) 织物在表面下 2 mm

图 6 加入碳纤维织物试样烧蚀后形貌

Fig 6 Appearance of ablation test piece of insulation added carbon fabrics

从图 6 可以看出:加入碳纤维织物后,火焰集中区域试样的烧蚀面积明显减小,而且在烧蚀区内碳纤维的烧蚀很少。

表 4 J210 - 8 与加碳纤维织物绝热层试样的烧蚀率
Tab 4 Performances of ablation test piece of J210 - 8 insulation added carbon fabrics

绝热层	线烧蚀率 / $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	质量烧蚀率 / $\text{g} \cdot \text{s}^{-1}$
J210 - 8	0.095	0.059
B ₀	0.106	0.063
B ₁	0.086	0.054
B ₂	0.080	0.055

从表 4 可以看出,碳纤维织物加在试样表面时,降低了烧蚀性能;将纤维织物加在试样内部时,提高了烧蚀性能。这些结果与加入高硅氧纤维织物、芳纶纤维试样的结果相反。

从表 2 ~ 表 4 的数据可以看出,加入芳纶纤维织

物的试样的烧蚀性能最好,碳纤维织物试样的次之,高硅氧纤维织物试样最差。

从图 7 可以看出:碳纤维织物与基体的附着性较好,在去掉炭化层的过程中未与基体剥离。

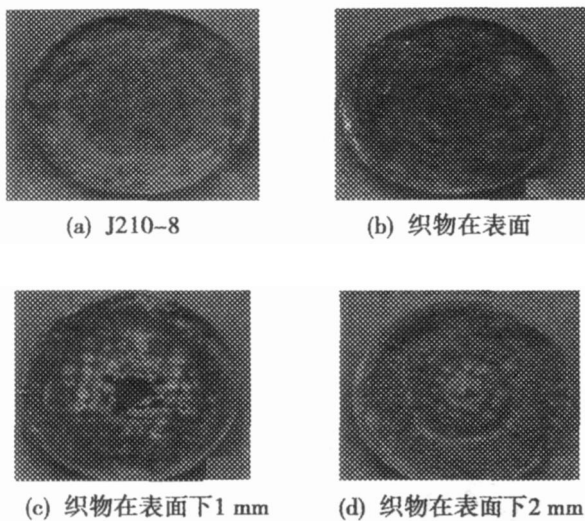


图 7 加入碳纤维织物试样烧蚀后去掉炭层形貌
Fig 7 Appearance of ablation test piece of insulation
added carbon fabrics without carbon remainder

4 结论

(1)绝热层加纤维织物复合的技术可以提高绝热层的烧蚀性能。

(2)在高硅氧纤维织物/绝热层、芳纶纤维织物/绝热层、碳纤维织物/绝热层三种复合方法中,前两种中织物铺设在绝热层表面的烧蚀性能优于将织物铺设在绝热层内部,后一种铺设在绝热层内部的烧蚀性能优于将织物铺设在绝热层表面。

(3)加入芳纶纤维织物绝热层的烧蚀性能最好,碳纤维织物绝热层的次之,高硅氧纤维织物绝热层的最差。

参考文献

- 1 陈春娟,马国.改善固体火箭发动机内绝热层抗冲刷性能研究进展.宇航材料工艺,2004;34(1):7~11
- 2 梁彦,张弛,张明.固体火箭发动机燃烧室绝热层的设计与研究.飞航导弹,2004;(9):60~64
- 3 徐善玮,侯晓,张宏安.固体火箭发动机内绝热层烧蚀质量损失计算.固体火箭技术,2003;26(3):28~31
- 4 杜新,叶定友.固体火箭发动机内绝热层烧蚀分析.固体火箭技术,1994;(2):27~34

(编辑 吴坚)

(上接第 26 页)

(2)分析发泡剂 H 与季戊四醇、发泡剂 AC 和尿素这两种发泡体系与硅树脂交联体系的匹配性关系,按照制备硅泡沫材料的工艺要求,确定发泡剂 H 与发泡助剂季戊四醇为发泡体系是适宜的;

(3)在硅树脂体系中添加补强剂气相法白炭黑,能使制备出的硅泡沫材料有一定的拉伸强度;

(4)选用低黏度(14 mPa·s)的羟基封端硅氧烷为钝化处理剂,有效的降低了物料在混炼过程中产生结构化的可能性。

参考文献

- 1 解德良,姜标.有机硅泡沫塑料的研究进展(上).上海化工,1999;24(2):18
- 2 Rabe J A, Spells S, Rasch D M et al Evaluation of Silicon foam for flat plate solar collector insulation. Solar Energy Materials, 1981; 4(2): 159~168
- 3 吴舜英,徐敬一.泡沫塑料成型.北京:化学工业出版社,1992:326~327
- 4 Guriya K C Blowing agent for silicone foams US, 5 332 762, 1994 Additives for Polymers, 1994;10(10):6
- 5 刘占芳,励凌峰.泡沫硅橡胶的多孔超弹性模型.重庆大学学报,2001;24(4):12
- 6 Inoue Y, Kimura T Foamable Polysiloxane composition, 1990;541:2~51

7 吴舜英,马小明.泡沫塑料成型机理研究.材料科学与工程,1998;16(3):21~31

8 章机凯.有机硅材料.北京:中国物资出版社,1999:326~327

9 李颖,张广成.有机硅泡沫材料的制备与性能.宇航材料工艺,2006;36(3):4~9

10 关吉勋.泡沫塑料的成型工艺.四川化工与腐蚀控制,1998;1(2):57~60

11 潘大海,刘梅.室温硫化泡沫硅橡胶的研究.有机硅材料,2004;18(3):10~12

12 张广成,李颖.聚有机硅硅氧烷泡沫材料的制备研究.特种橡胶制品,2006;27(1):14~20

13 胡义,姚国萍.泡沫硅橡胶用白炭黑的改性.有机硅材料,2000;14(6):32~34

14 胡义,姚国萍.薄型开孔硅泡沫材料的研制.见:中国科协第二届青年学术年会论文,成都:西南交通大学出版社,1995

15 Cady W E, Jessop E S Effect of reinforcing grade silicone dioxide on the properties of a silicone elastomer and its cellular silicone Am. Gov Working Rep., 1980:24

16 辛松民,王一璐.有机硅合成工艺及产品应用.北京:化学工业出版社,2000:642~660

(编辑 李洪泉)