

硅橡胶密封件随弹贮存老化分析及寿命预估

解红雨, 吴勋, 刘春梅, 王鑫, 张庆雅

(第二炮兵装备研究院, 北京 100085)

摘要: 通过对某随弹贮存 8 a 的硅橡胶密封材料进行外观检查、常规物理性能检测、恒定压缩永久变形测试及加速贮存试验, 获得了橡胶材料的各项物理性能, 用压缩永久变形临界值作为判据得到了 25 °C 下硅橡胶密封材料可继续贮存使用的寿命预估, 为该型导弹寿命预估提供了重要理论依据。

关键词: 硅橡胶; 老化; 贮存寿命

中图分类号: TG760.6⁺22 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)06-0015-04

Analysis and Prediction of On-missile Storage Life of Silicone-rubber Sealing Material

XIE Hong-yu, WU Xun, LIU Chun-mei, WANG Xin, ZHANG Qing-ya

(The Equipment Research Institute of PLA's Second Artillery, Beijing 100085, China)

Abstract: Appearance inspection, normal physical performance examination, constant compression deformation test, and accelerated aging were carried out on the silicone-rubber sealing material which was disassembled from a missile of 8 years storage. The physical performance was gotten, and the added storage life of the silicone-rubber sealing material was predicted using the criterion of constant compression deformation. The purpose was to provide reference for life prediction of the missile.

Key words: silicone-rubber; aging; storage life

硅橡胶密封材料在导弹武器的级间段密封、发动机密封、电子元器件密封等方面被广泛应用, 在导弹武器贮存过程中, 硅橡胶密封件是决定其贮存寿命的关键^[1-3]。对大型导弹武器, 其贮存寿命达到几十年, 在贮存过程中往往采用更换密封件等措施进行延寿^[4-5], 如果能对密封件性能及寿命进行深入分析, 延长导弹分解周期, 则有利于装备性能及战斗力的保持。

笔者对从某型贮存 8 a 的导弹上分解下的硅橡胶密封材料进行了性能分析及加速贮存试验, 获得了橡胶材料的各项物理性能, 并用压缩永久变形临界值作为判据对硅橡胶密封材料的寿命进行了预估。

1 试验

弹用硅橡胶密封件主要包括 2 类: 1) 弹上各种

收稿日期: 2011-10-08

作者简介: 解红雨(1976—), 男, 山西绛县人, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为固体火箭发动机贮存性与安全性。

仪器设备用的隔热垫、密封垫等;2)用于密封的O型密封圈。笔者开展的试验主要针对上述2种硅橡胶密封件。

1.1 自然随弹贮存硅橡胶性能检测试验

参照 GB/T 528, GB/T 529, GB/T 531 橡胶材料性能检测标准制成检测试样,检测隔热垫、密封垫、O型密封圈等硅橡胶材料在随弹贮存8 a后的外观、硬度(邵氏A)、拉伸强度、扯断伸长率和抗撕强度。

将一定厚度的隔热垫、密封垫等密封件产品制成压缩试样,按照25%的压缩率,将试样置于压缩试验工装中,模拟弹上安装压缩状态。将整个压缩工装放入130℃高温试验箱中,24 h后取出工装,使试样恢复1 h并测量试样尺寸变化,计算得到随弹贮存8 a后硅橡胶材料的恒定压缩永久变形值。

分别制作2种典型O型密封圈试样,将试样置于密封结构的沟槽试验工装中,模拟O型密封圈的安装压缩状态。将整个压缩工装放入110℃高温试验箱中,48 h后取出工装,使试样恢复并测量试样尺寸变化,计算得到随弹贮存8 a后O型密封圈硅橡胶材料的恒定压缩永久变形值。

1.2 加速贮存试验

参照 GJB 92.1—1986 要求对密封材料进行加速老化试验,按 GJB 92.2—1986 统计方法进行数据处理和贮存寿命统计评估。

1) 隔热垫、密封垫等硅橡胶材料加速贮存试验方法。将从弹上分解下的隔热垫、密封垫等硅橡胶材料制成试样,分别置于90,100,110,120℃的高温环境试验箱中,经过一定的老化试验周期后,测试材料的硬度、拉伸强度、扯断伸长率和抗撕强度。

2) O型密封圈硅橡胶材料加速贮存试验方法。将弹上分解的O型圈硅橡胶件截取为长110 mm的拉伸试样,另一部分直接作为硬度试样。试样分别置于90,100,110,120℃的高温环境试验箱中,经过一定的老化试验周期后取样测定材料的拉伸强度、扯断伸长率和硬度。

制作2种规格的O型圈压缩试样,将试样置于密封结构的沟槽试验工装中,模拟O型密封圈在弹上的安装压缩状态,再将整个压缩工装分别放入90,100,110,120℃的高温试验箱中,经过一定的老化试验周期后取样,测试材料的压缩永久变形值。

2 结果与讨论

2.1 自然随弹贮存

隔热垫、密封垫及O型密封圈2种形态和规格的硅橡胶密封件随弹贮存8 a后外观检测、常规物理性能检测、恒定压缩永久变形测试结果见表1。

由表1可知,随弹贮存8 a后,硅橡胶材料外观检查良好;物理性能测试结果显示硅橡胶材料仍具有较好的橡胶弹性;恒定压缩永久变形测试显示硅橡胶材料仍具有很好的回弹性能;密封性能良好。

2.2 加速老化试验

2.2.1 隔热垫、密封垫等硅橡胶材料

隔热垫、密封垫等硅橡胶材料加速老化过程中测得的硬度、拉伸强度、伸长率等参数随老化时间变化关系如图1—图3所示。

由图1—图3可知,加速老化过程中,硬度呈上升趋势,表明材料老化后明显变硬;拉伸强度则呈下

表1 自然随弹贮存橡胶材料性能测试结果

Table 1 Physical performance of silicone-rubber stored with the missile

材料	常规物理性能检测		恒定压缩永久变形测试	外观检查
隔热垫、密封垫等硅橡胶材料	拉伸强度	>5 MPa	外观状态较为完好,未出现发粘、龟裂等明显的自然老化现象,表面有轻微压痕,属正常使用现象。	压缩永久变形最大为30%,有70%的回弹率。
	扯断伸长率	>500%		
	抗撕强度	>20 kN/m		
	邵氏A硬度	54HA~58HA		
O型密封圈硅橡胶材料	拉伸强度	>5 MPa	随弹贮存8 a后分解下的各种硅橡胶O型圈外观状况完好,均未出现发粘、龟裂等明显的自然老化现象。	压缩永久变形值均小于15%,回弹率均大于85%。
	扯断伸长率	>150%		
	邵氏A硬度	67HA~74HA		

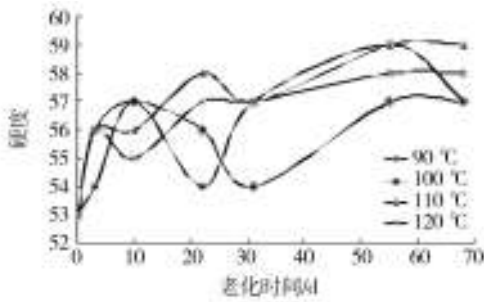


图1 硬度随老化时间的变化

Fig. 1 Rigidity with aging time at different temperatures

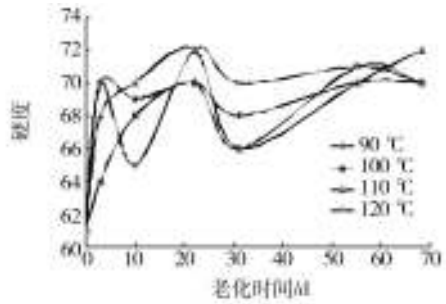


图4 O型密封圈硬度随老化时间的变化

Fig. 4 Rigidity with aging time of O sealing ring at different temperatures

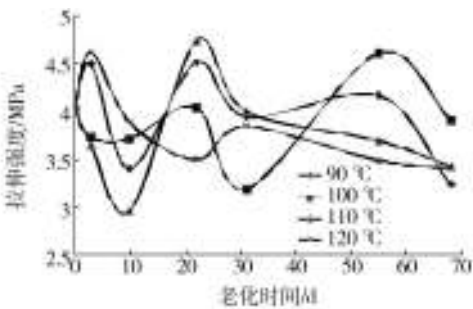


图2 拉伸强度随老化时间的变化

Fig. 2 Tensile strength with aging time at different temperatures

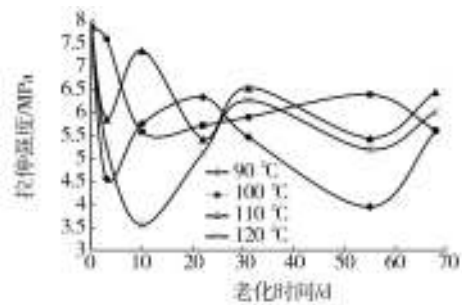


图5 O型密封圈拉伸强度随老化时间的变化

Fig. 5 Tensile strength with aging time of O sealing ring at different temperatures

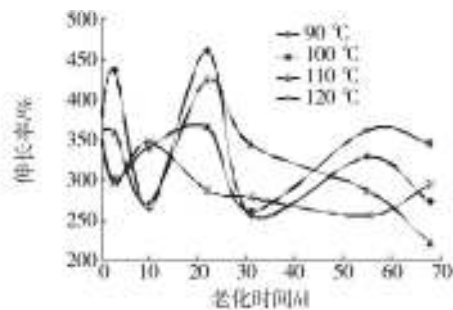


图3 伸长率随老化时间的变化

Fig. 3 Extension rate with aging time at different temperatures

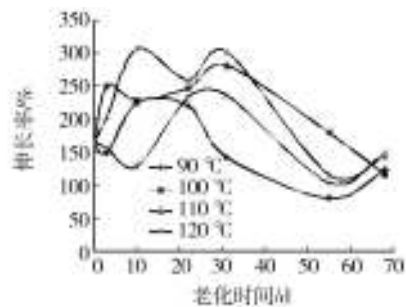


图6 O型密封圈伸长率随老化时间的变化

Fig. 6 Extension rate with aging time of O sealing ring at different temperatures

降趋势,最大下降20%,但保持在3 MPa以上;扯断伸长率也有一定下降,最低保持在200%以上。上述分析说明,隔热垫、密封垫等硅橡胶材料在随弹贮存8 a后,仍具有良好的力学性能。

2.2.2 O型密封圈硅橡胶材料

O型密封圈硅橡胶材料加速老化过程中测得的硬度、拉伸强度、伸长率等参数随老化时间变化关系如图4—图6所示。

O型密封圈硅橡胶材料在4个高温环境下加速老化后,常规物理性能呈现出一定波动,总体上呈现硬度上升、拉伸强度和扯断伸长率下降的变化趋势。

2种规格的O型密封圈硅橡胶材料在加速老化过程中压缩永久变形随老化时间关系如图7和图8所示。

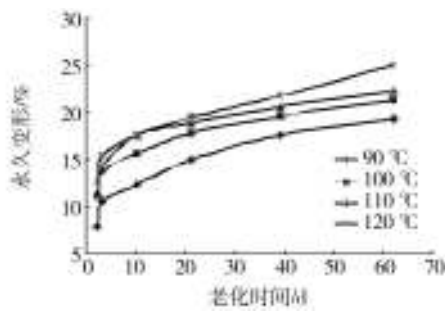
采用材料老化速率 K 与老化温度的关系模型Arrhenius方程,对2种密封圈试样在各加速老化温度下的老化速率与老化温度进行拟合回归,得到25℃时2种密封圈试样的硅橡胶材料压缩永久变形与老化时间的关系方程,见表2。

对应的2种密封圈试样在110℃下老化62 d的

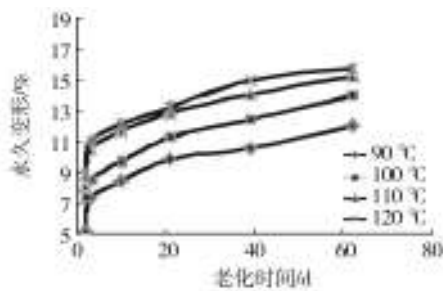
表2 硅橡胶材料压缩永久变形值与老化时间的外推拟合关系方程

Table 2 Equation of the relationship between permanent compression deformation and aging time

试样种类	贮存温度/℃	外推拟合方程	相关系数
O型密封圈规格1	25	$1 - \varepsilon = 0.999 5e^{(-0.048t^{0.22})}$	$r=-0.996 4$
O型密封圈规格2	25	$1 - \varepsilon = 0.999 8e^{(-0.034t^{0.19})}$	$r=-0.977 2$



a 规格1



b 规格2

图7 2种O型密封圈压缩永久变形值随时间的变化

Fig. 7 Constant compression deformation vs. aging time curves of specification sealing ring at different temperatures

压缩永久变形分别为22.39%和15.25%，将其作为评估硅橡胶材料贮存寿命的临界值，代入表2中的外推拟合方程，得到贮存寿命推算结果(见表3)。

表3 硅橡胶材料贮存寿命外推结果

Table 3 Storage life of the silicone-rubber

试样种类	压缩永久变形	贮存寿命外推结果
O型密封圈规格1	22.39%	>5 a
O型密封圈规格2	15.25%	>9 a

从贮存寿命的推算结果看，2种规格密封圈试样的硅橡胶材料在25℃下的贮存寿命推算结果均大于5a。根据以上加速老化试验数据分析认为，硅橡胶密封圈随弹贮存8a后，材料性能满足要求，并可继续使用5a以上。

3 结论

试验结果表明，随弹贮存8a后的隔热垫、密封垫等硅橡胶材料及O型密封圈硅橡胶材料，均具有较好的橡胶弹性，回弹能力、力学性能等均满足技术要求，并有一定余量。用O型密封圈压缩永久变形作为材料性能的临界值，预测橡胶材料在25℃下的继续贮存寿命大于5a，该试验结果可为导弹寿命预估提供重要的技术依据。

参考文献:

- [1] 于运治,李建林,龚红良. 导弹贮存的失效模式及失效机理[J]. 四川兵工学报, 2009, 30(4): 27—29.
- [2] 周漪,周堃,马宏艳,等. 某弹用硅橡胶密封材料贮存寿命预测[J]. 装备环境工程, 2010, 7(5): 65—68.
- [3] 张亚娟. 橡胶制品贮存及使用寿命预测研究进展[J]. 结构强度研究, 2004(1): 47—51.
- [4] 周堃. 弹药贮存寿命预测预报技术综述[J]. 装备环境工程, 2005, 2(2): 22—28.
- [5] 侯小燕,查立军,王义. 某型号超贮存期导弹装备整修工作[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(10): 70—71.