

全氟醚橡胶低温密封性能和工艺研究

马海瑞, 姜 潮, 金 冰

(西安航天动力研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 对全氟醚橡胶密封圈低温条件下密封泄漏问题进行了理论分析, 从改善材料压缩永久变形性能方面出发, 调整二段硫化工艺参数, 并进行产品低温密封试验。试验表明, 调整后的二段硫化条件在保证全氟醚橡胶本身物理机械性能的条件下, 提高了全氟醚橡胶密封圈在低温条件下的密封性能。

关键词: 全氟醚橡胶; 低温; 密封性能

中图分类号: V434.2

文献标识码: A

文章编号: (2010) 03-0045-04

Study on perfluoroether rubber cryogenic sealing properties and technics

Ma Hairui, Jiang Chao, Jin Bing

(Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Leakage of perfluoroether rubber O seals under cryogenic condition was analysed theoretically. Parameters of the second vulcanizing process were adjusted and the cryogenic sealing tests were conducted for the purpose of compression performance improvement. The results show that the cryogenic sealing properties of the perfluoroether rubber seals were improved effectively without changing of the physical and mechanical properties.

Key words: perfluoroether rubber; cryogenic condition; sealing properties

0 引言

全氟醚橡胶具有优异的物理性能和耐化学药

品性, 广泛地应用于化工、石油、机械制造、航空、航天、造船及各类车辆, 能够满足许多苛刻的环境条件要求。几年来, 全氟醚橡胶发展很快, 在一些发达国家, 用它代替了几乎所有的氟

收稿日期: 2010-02-02; 修回日期: 2010-03-19。

作者简介: 马海瑞 (1979—), 男, 硕士, 研究领域为橡塑密封技术。

橡胶产品。液体火箭发动机部分密封介质采用强氧化剂 N_2O_4 ，且工作条件较为苛刻，仅能使用全氟醚类的橡胶进行密封。全氟醚橡胶具有优异的耐强氧化剂的性能，但耐低温性能较差。本研究对全氟醚橡胶密封圈低温条件下密封泄漏问题进行了理论分析，从改善材料压缩永久变形性能方面出发，调整二段硫化工艺参数，进行产品密封试验。采用新的二段硫化条件，在保证全氟醚橡胶本身物理机械性能的条件下，提高了全氟醚橡胶密封件在低温条件下的密封性，对其它类似产品橡胶材料的选取具有参考价值。

1 全氟醚橡胶密封低温泄漏分析

某发动机用全氟醚橡胶密封圈在低温密封试验时发生泄漏。试验工装采用某发动机密封结构，沟槽结构示意图如图 1 所示。

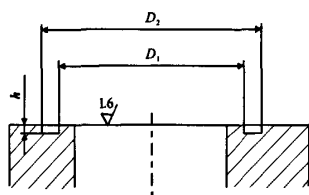


图 1 沟槽结构示意图

Fig.1 Sketch of the groove structure

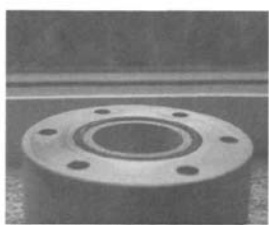


图 2 试验工装分解图

Fig.2 Photograph of the disassembled jig

分解试验工装见图 2。橡胶密封圈被压扁，橡胶密封圈上面和工装沟槽相平，沟槽深度 2.45mm，分解后密封圈轴向高度 2.55 mm，实际压缩率 3.92%，远远小于理论径向压缩静密封压缩率（20%~35%）。分析认为橡胶密封圈压缩量很小，几乎失去回弹性，因此会出现泄漏问题。

全氟醚橡胶回弹性小是由于压缩永久变形较大，压缩永久变形试验被用来评估橡胶件的耐温度性能。要降低全氟醚橡胶的压缩永久变形可相应调整硫化工艺参数。对于橡胶材料，其一段硫化条件是根据该材料的硫化曲线确定的，是该种材料的基本硫化参数，此参数一经确定后不能轻易改变，否则将直接影响材料的基本特性，大多数橡胶仅通过一段硫化条件即可完成硫化，达到能够使用的目的。对于氟橡胶、硅橡胶等，一段硫化后有些低分子物质存在于硫化胶中，可导致材料在高温密闭条件下工作时分子链发生裂解，物理机械性能恶化，丧失使用价值，需通过二段硫化除去低分子物质，保证产品质量。同时，二段硫化可进一步提高硫化胶的交联密度，增大强度，降低伸长率和压缩永久变形，有利于改善密封制品的性能。随着二段条件的变化，硫化胶的压缩永久变形及其它物理机械性能将会发生变化，如图 3 所示。

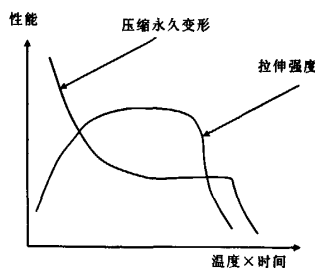


图 3 橡胶二段硫化性能曲线图

Fig.3 Curves of physical properties of the rubber under second vulcanizing process

由图 3 可知，随着二段硫化温度的适当提高和硫化时间的适当延长，硫化胶的拉伸强度先增大后减小，压缩永久变形逐渐降低。因此，可根据橡胶材料使用要求适当地调整二段硫化条件。

2 工艺试验

全氟醚橡胶工艺试验主要进行二段硫化工艺参数调整。在硫化温度不变的条件下调整二段硫化时间，然后对全氟醚橡胶不同硫化条件下的物理机械性能进行测试，试验结果见表 1。

表 1 全氟醚橡胶二段工艺调整试验性能对比
Tab.1 Test data for second vulcanizing process

材料性能项目	扯断强度 MPa	扯断伸长率 %	扯断永久变形 %	硬度 邵尔 A	压缩永久变形 % (250℃×24h×20%)
室温→200℃→250℃→300℃ (总时间 10.5h)					
初始二段条件及材料性能	11.7	176	4.8	73	75
室温→200℃→250℃→300℃ (共 16.5h)					
调整二段条件 1 及材料性能	14.5	164	6.8	75	71.3
室温→200℃→250℃→300℃ (共 21.5h)					
调整二段条件 2 及材料性能	15.1	164	4.0	76	70
室温→200℃→250℃→300℃ (共 26.5h)					
调整二段条件 3 及材料性能	14.3	168	4.4	75	69.9
室温→200℃→250℃→300℃ (共 39.5h)					
调整二段条件 4 及材料性能	14.1	164	4.8	75	69.7
指标	>10	>130	/	75±5	/

由表 1 可见，二段硫化时间在 10.5h 至 39.5h 的过程中，全氟醚橡胶扯断强度先增大后减小，扯断伸长率有所减小，扯断永久变形和硬度变化不大，压缩永久变形逐渐变小，并在 21.5h 后基本稳定。考虑到全氟醚橡胶性能主要与扯断强度和压缩永久变形关系较大，二段硫化时间为 21.5h 时，全氟醚橡胶扯断强度最大，压缩永久变形较小，因此确定“调整二段条件 2”为全氟醚橡胶的最佳二段硫化参数。

3 低温密封性能验证

按调整后的工艺硫化条件，生产 3 件全氟醚橡胶密封圈，在试验工装上进行密封性能试验。

3.1 试验方法

将橡胶密封圈装配在试验工装内，向试验工装中充 2.5MPa 气体，然后放入水中，进行 3min

气密检查。然后将试验工装和放有酒精的容器同时放入高低温试验箱中，降至低温，保温 2.5h，再将试验工装放入酒精容器，向试验工装充 2.5MPa 气体，进行 3min 气密检查。低温试验完后，调节高低温试验箱至室温，停放 2.5h，将试验工装放入酒精容器，向试验工装充 2.5MPa 气体，进行 3min 气密检查。记录试验过程及气密结果。

3.2 试验过程

按照 3.1 试验方法进行密封性能试验。

3.3 试验结果

试验结果见表 2。

从表 2 可以看出，调整二段硫化工艺后，橡胶密封圈在室温、低温、低温恢复室温试验中气密检查均不漏，橡胶密封圈的低温密封性能明显提高。可以得出，在低温下，当密封压力为 2.5MPa 时，全氟醚橡胶密封圈密封可靠。

表 2 调整硫化工艺后橡胶密封圈气密性能试验结果

Tab.2 Test results for seals after vulcanized under new parameters

工装、密封圈配套			试验项目					
工 装 号	调整工 艺后压 制橡胶 密封圈	压缩率 状态	室温试验		低温试验		低温恢复室温试验	
			试验条件	试验结果	试验条件	试验结果	试验条件	试验结果
1-1	1#	工作 状态	气密检查	不漏	气密检查	不漏	气密检查	不漏
1-2	2#			不漏		不漏		不漏
1-3	3#			不漏		不漏		不漏

4 结论

通过调整二段工艺参数，可改善全氟醚橡胶材料性能，降低全氟醚橡胶压缩永久变形，提高低温密封性能，解决了全氟醚橡胶密封圈在低温下的密封问题，可推广应用于其它全氟醚材料代料及产品。

参考文献：

[1] 张官臣. 全氟醚弹性体的发展及其应用 [J]. 中国橡胶, 2001, (11): 23-24.

[2] 李振环. 全氟醚橡胶的性能及应用 [J]. 流体机械, 2006, (12): 52-55.

[3] 柳洪超, 吴立军, 尤瑜生. 氟醚橡胶的性能及其应用[J]. 化工新型材料, 2007, (4): 11~12.

[4] 栗付平, 边俊峰, 张洪雁. 耐低温氟醚橡胶的现状和进展 [J]. 弹性体, 1997, (3): 42~45.

[5] Cokonob C B, 穆焕文. 近 20 年含氟弹性体的发展[J]. 有机氟工业, 1996, (2): 42~44.

[6] 赵云峰, 吴福迪, 任淑元. 用于火箭液体氧化剂(N₂O₄)系统的新型橡胶密封材料 [J]. 特种橡胶制品, 2006, (12): 14~15.

[7] 姜潮, 贾宝新. 充气阀阀芯直接模压成型工艺研究[J]. 火箭推进, 2006, 32(1): 49-51.

[8] 谢遂志, 刘登祥, 周鸣峦. 橡胶工程手册 第一分册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989.

(编辑：陈红霞)