

MY—9 易碎材料在武器系统上的应用

孙 甫

(航天材料及工艺研究所 北京 100076)

文 摘 介绍了 MY—9 易碎材料在武器系统上的成功应用。文中以实物和试验数据阐述了 MY—9 材料的易碎、密封、承压、耐侯和工艺等特性以及在研制导弹发射筒易碎盖和管路密封盖方面的经验。

关键词 MY—9 材料, 易碎材料, 仿瓷材料, 易碎盖

Application of MY-9 Fragile Material to Weapon System

Sun Fu

(Aerospace Research Institute of Materials and Processing Technology Beijing 100076)

Abstract Successful applications of MY-9 fragile material to weapon system are introduced. Based on products and test data, characteristics of the MY-9 material, such as fragility, sealing, pressure bearing, climate proof and etc., are described. Experience in developing fragile caps for missile launch tube and sealing caps for pipeline are also presented here.

Key words MY-9 material, Fragile material, Imitative ceramic material, Fragile cap

1 前言

在日常生活中,人们总是希望所用物品越坚固耐用越好,但在一些军工产品上,却希望有些部件越容易破碎越好,如大型火炮和导弹发射筒的口盖、发动机和排气管端盖等,这些盖子平时对设备起密封保护作用,一旦需要这些盖子打开,则希望它在极小的撞击力或气压下破开,否则设备就无法正常运行。这种特殊用途的盖子对其材质的强度和延伸率有特殊要求^[1-5]。

2 MY—9 易碎材料的性能

MY—9 易碎材料就是一种具有上述特殊用途的材料,它是由胶粘剂、低密度填充剂和改性剂等原料制成的一种低密度、力学性能类似陶瓷的改性无

机材料;其耐腐蚀和耐老化性能好,使用寿命长,成型容易,不需要烧结,原料易得且生产成本低;密度、强度和延伸率等性能参数可在较宽的范围内通过配方来调节,以满足不同的使用要求;破开的易碎程度(Y)值的大小与材料的强度 σ 和延伸率 ϵ 成一定的反比关系;该材料可用车、铣、钻、磨等方法机械加工,因此可以制成任何形状的产品;该材料的主要性能参数见表1。

MY—9 易碎材料刚中有韧,密封性能好,寿命长,性能稳定,加工制造容易,成本低;因此该材料的使用对承压或限压设备简化结构、降低成本和提高可靠性方面有很大益处。

收稿日期:2001-08-30

孙甫,1959年出生,高级工程师,主要从事有机材料方面的研究工作

宇航材料工艺 2002年 第2期

— 25 —

表 1 MY-9 易碎材料的性能指标

Tab.1 Performance of MY-9 fragile material

密度 /g·cm ⁻³	拉伸强 度/MPa	拉伸模 量/GPa	压缩强 度/MPa	弯曲强 度/MPa	弯曲模 量/GPa	漏率 /Pa·m ³ ·s ⁻¹	延伸率 /%	线膨胀系数 /10 ⁻⁶ m·K ⁻¹	耐候性 /y	可燃性	耐温性 /℃	“三防” 性能	耐酸、碱、 盐腐蚀性
1.2~1.5	8~35	1.8~1.0	>30	20~45	2.3~7	≤10 ⁻⁶	0.4~2.2	-38~41	>12	不燃	-50~200	符合 ASTM	良好 标准

3 应用研究

3.1 在导弹发射筒盖上的应用研究

导弹发射筒上使用的防护密封盖一般是机械打开盖或爆破盖。机械打开盖是在导弹发射前用液压系统或电动系统将盖打开,这不仅加大了发射筒的质量,而且操作耽误时间,使快速反应能力下降;爆破盖比机械打开盖在操作上快一些,但有时为了使盖子侧抛出去,开盖前发射筒需要先倾斜一定角度,盖抛出去后再次调整发射筒的角度,这也需要一定的时间,而且爆破盖重新装弹的维修比较复杂。机械打开盖和爆破盖都可能因长期存放而导致机械故障,电子元件和火工品失效,而延误战机;因此国外一些发达国家已经研制出一种先进的易碎发射筒密封盖(简称易碎盖),它制造容易,密封性好,能够忍受外部燃气流的冲击,导弹发射时,头锥只施加微小的集中压力即可将其撞破,而且不出现连环碎片,对导弹阻力极小。

目前国外已在多种型号的导弹系统上使用易碎盖,如美国的“战斧”和“捕鲸叉”等,英国的舰载“海鸥”导弹等。这种易碎盖是在导弹发射时用弹头将盖冲破,不需要任何开盖准备工作;因此反应迅捷,而且重新装盖也很容易,只要把易碎盖用螺栓紧固到发射筒端口法兰上即可。因为这种盖质量轻、体积小,而且不占据发射筒的任何空间,所以是目前导弹发射筒(特别是小间隙发射筒)最满意的盖子。

制造易碎盖的关键是材料。易碎盖在导弹的撞击下不仅要按一定规律破开,使导弹顺利起飞并正常飞行,它还必须满足气密、抗振、耐一定程度的外力冲击、耐老化、耐“三防”、耐高低温、具有机加工特性、不燃或自熄、质轻、价廉等要求。据资料介绍,目前国外使用的易碎盖其材质主要是仿瓷易碎材料,因为它成型容易、性能稳定、寿命长、成本低。MY-9 易碎材料与国外的易碎盖材料在性能上很近似,

而且它的各项性能指标均可在一定范围内调整,以满足不同使用的要求。此材料在导弹发射筒盖方面,曾进行了大量研究工作,对发射筒盖的具体技术要求如下。

(1)易碎盖材料应该满足下列条件:密度为 1.2 g/cm³ ~ 1.4 g/cm³,拉伸强度为(10 ± 2) MPa,压缩强度 ≥ 40 MPa,使用温度 - 45℃ ~ 50℃,断裂伸长率 ≤ 1%。

(2)易碎盖的结构符合设计部门的图纸要求,其产品应能机械加工,并具有防雨和内压密封功能。

(3)密封试验(气压、水密)应达 ΔP = 0.01 MPa,稳压 5 min,筒内压力降不大于 10%。根据上述要求,首先对配方做了适当调整,使 MY-9 易碎材料的力学性能达到设计指标,调整后的力学性能测试数据见表 2。

表 2 易碎盖用 MY-9 材料的力学性能

Tab.2 Mechanical properties of MY-9 material used for fragile caps

密度 /g·cm ⁻³	拉伸强度 /MPa	拉伸模量 /GPa	压缩强度 /MPa	延伸率 /%
1.3 ± 0.1	10 ± 2	1.8 ± 0.2	≥ 40	0.6

此筒盖的形状为圆台形,底部直径约为 1 000 mm,高 220 mm,易碎盖壳体的厚度为 4 mm。如此大直径薄壁制品在成型工艺上有一定难度,最突出的问题就是制品脱模困难。经过反复研究试验,采用聚四氟乙烯固体粉末涂层作脱模剂,再加上合理的顶出装置,解决了脱模难题。易碎盖壳体脱模以后,还要在其表面按一定分布规则加工一些减弱槽和法兰孔、桁条定位孔,其材料的机加性能得到了考验。壳体机加工完成后进行端框法兰和桁条等零部件的安装(口径小的易碎盖可不要这些零部件),

宇航材料工艺 2002 年 第 2 期

使之成为一个完整的易碎盖产品,如图 1 所示。

用 MY—9 易碎材料共研制了 13 个易碎盖,经过密封试验,全部达到了设计要求,其中有 3 个易碎盖用于静力模拟顶出试验,其破开压力均满足设计要求;另有 10 个易碎盖做模拟飞行试验,开盖成功率为 100%,易碎盖破开规整,易碎盖碎片向四周散落,无燃烧现象。此易碎盖还经历了长途公路运输考验,其抗振性能良好。此易碎盖在安装上非常简便,只要用若干个螺栓把它紧固在发射筒端口法兰上即可。

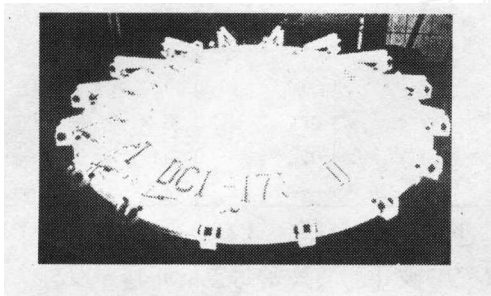


图 1 易碎盖实物照片

Fig.1 Photograph of fragile cap

用 MY—9 材料制做发射筒易碎盖,因其原料易得,成型时不需要高温高压,无重大设备投入,所以制做成本很低,约为相同口径火工品侧抛盖的 1/5,易于推广普及。

3.2 在导弹弹体上的应用研究

某导弹的壳体上开有一些小孔,其形状有圆形和椭圆形,这些孔分别是伺服发动机和滚控发动机喷管的出口,平时这些孔都处于密封状态,密封是靠一个用法兰紧固的密封盖,如图 2 所示。按技术要求,密封盖应能承受一定的外压,同时,当管路内产生燃气压力时,密封盖能在大于管路口径的位置完整破开。密封盖在未打开前,必须保证结构密封,此外还要满足贮存期、抗振以及可靠性 0.9999(置信度 0.7)等要求。

根据上述要求,密封盖选择了 MY—9 易碎材料,并根据管口的形状,把密封盖设计成球形和椭球形两种,见图 3 和图 4,密封盖破开后的状态见图 5 和图 6,结构尺寸与设计部门给出的管口法兰相适应,以便配合安装。在需要破开的位置设一环形减弱槽,产品的厚度由模拟承受的外压进行试验(简称正压)来确定,减弱槽的深度用模拟管路内燃气压力

宇航材料工艺 2002 年 第 2 期

试验(简称背压)来确定。经过不断改进和反复试验,用 MY—9 易碎材料研制的两种密封盖均达到了设计要求,材料的性能数据见表 3,密封盖的压力试验数据见表 4 和表 5。

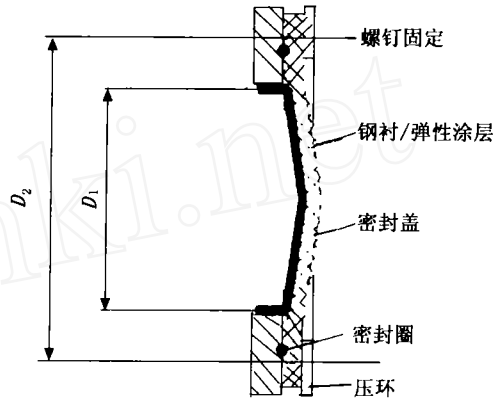


图 2 密封结构示意图

Fig.2 Schematic sketch of sealing structure

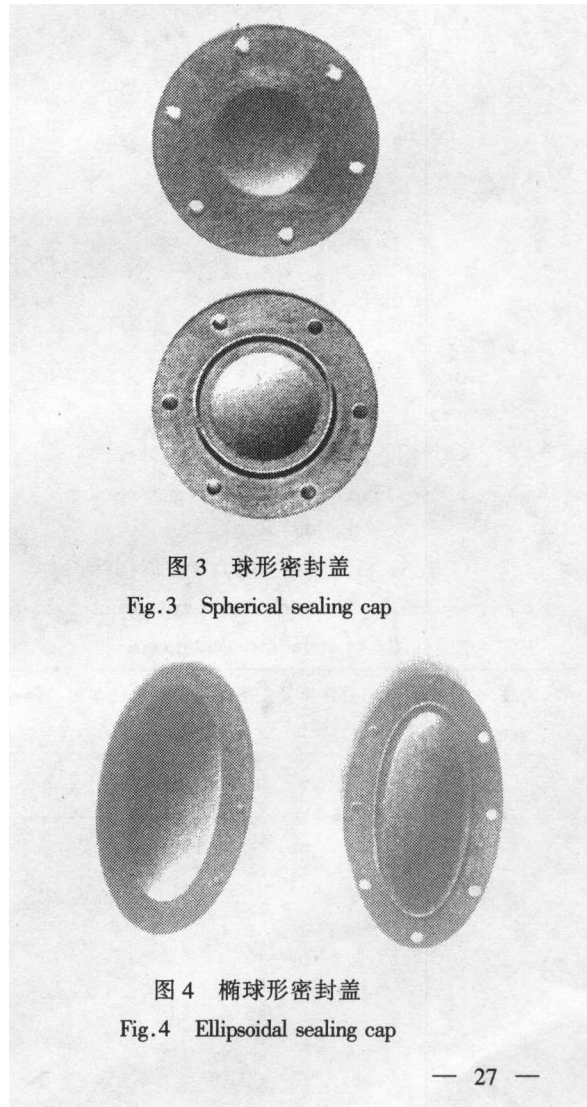


图 3 球形密封盖

Fig.3 Spherical sealing cap

图 4 椭球形密封盖

Fig.4 Ellipsoidal sealing cap

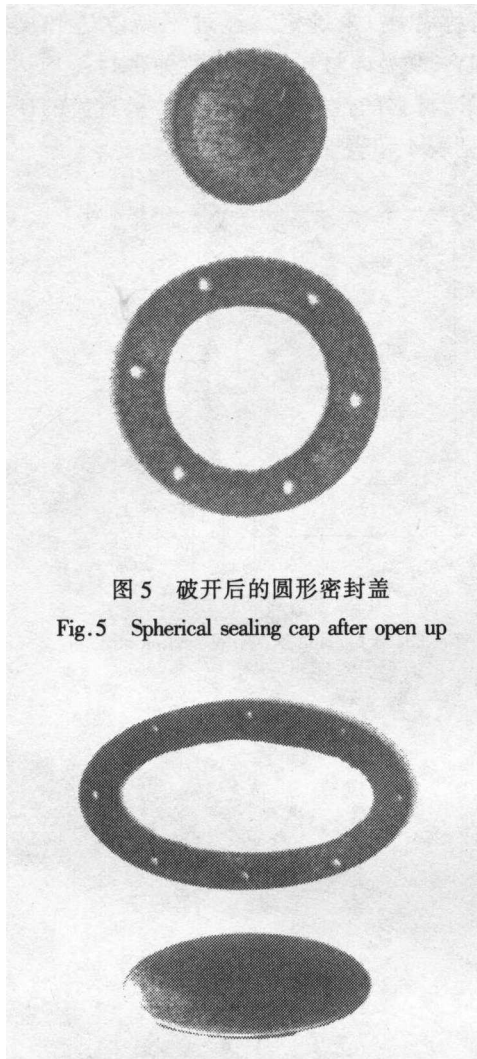


图5 破开后的圆形密封盖
Fig.5 Spherical sealing cap after open up

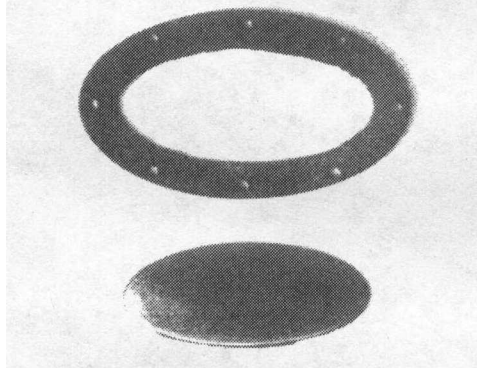


图6 破开后的椭圆形密封盖
Fig.6 Ellipsoidal sealing cap after open up

表3 密封盖材料的力学性能指标
Tab.3 Mechanical performance of the material for sealing caps

密度 /g·cm ⁻³	拉伸强度 /MPa	拉伸模量 /GPa	弯曲强度 /MPa	弯曲模量 /GPa	延伸率 /%
1.3~1.4	28±2	7±1	41±2	6±1	0.4±0.1

表4 球形和椭球形密封盖试验数据

Tab.4 Testing data of spherical and ellipsoidal sealing caps

形状	编号	盖的厚度 /mm	减弱槽余厚 /mm	背压破开值 /MPa
球形	1#	2.71	0.25	0.08
	2#	2.73	0.25	0.07
	3#	2.72	0.25	0.06
	4#	2.71	0.20	0.07
	5#	2.70	0.19	0.06
	6#	2.72	0.16	0.05
平均值		2.71	2.20	0.07
椭球形	1#	3.03	0.50	0.07
	2#	3.02	0.65	0.08
	3#	3.04	0.65	0.08
	4#	3.00	0.50	0.06
	5#	3.01	0.50	0.06
	6#	3.01	0.50	0.04
平均值		3.02	0.55	0.07

经过上百次试验,这两种密封盖均实现了在指定位置完整破开。两种密封盖的正压承受能力均 ≥ 1.4 MPa,顺利通过了振动试验和模拟点火试验。密封盖的各项性能指标完全满足了设计要求。

4 结论

MY-9 易碎材料在导弹发射筒盖和弹体导管密封盖的应用研究都取得了成功,其性能稳定可靠、成型容易,在导弹系统、大型火炮、压力容器的限压装置等方面将会有很好的应用前景。

参考文献

- 1 张玲翔.国外小间隙发射箱技术的发展.飞航导弹,1998;(1):16
- 2 夏德顺.航天运载器贮箱结构材料工艺研究.导弹与航天运载技术,1999;(3):7
- 3 Richerson W D. Aviation Week & Space Technology .1998:93
- 4 陈泳颜.便携式地空导弹技术及其发展.中国航天,1998;(4):22
- 5 才满瑞等.国外航天运载器的发展状况、发展趋势及采用的关键技术.导弹与航天运载技术,1998;(3):27

(编辑 任涛)