

# 无预固化衬层成型工艺对界面 粘接强度的影响

刘安定 张密娥 张淑君 陈蓉 伏玲

(西安航天化学动力厂,西安 710025)

**文 摘** 采用钢/三元乙丙绝热层/衬层(K/J/B)粘接试件和钢/三元乙丙绝热层/衬层/推进剂(K/J/B/Y)矩形试件,对三元乙丙(EPDM)绝热层、无预固化衬层界面粘接强度进行测试,研究了EPDM绝热层表面处理工艺、衬层成型厚度以及衬层成型后装药间隔时间对界面粘接性能的影响。结果表明:无预固化衬层与表面未处理的EPDM绝热层粘接强度约1.0 MPa,而EPDM绝热层表面处理后,无预固化衬层与绝热层和推进剂界面的粘接良好。无预固化衬层成型厚度为0.3~0.5 mm,界面粘接强度基本不变;衬层成型厚度增大到0.7 mm,则界面粘接强度逐步增加。K/J/B/Y断裂面均在推进剂间,界面良好无异常;装药间隔时间从4 h延长至24 h,对K/J/B/Y粘接强度影响较小,无预固化衬层完全可以按照现行装药工艺进行装药。

**关键词** 无预固化衬层,双脉冲固体发动机,粘接强度,成型工艺

中图分类号:V238

DOI:10.3969/j.issn.1007-2330.2014.03.021

## Effects of Non-Precure Lining Process on Interface Bonding Strength of Double Pulse SRM

LIU Anding ZHANG Mie ZHANG Shujun CHEN Rong FU Ling

(Xi'an Aerospace Chemical Propulsion Factory, Xi'an 710025)

**Abstract** Effects of insulator surface treatment, liner thickness, and the time between the lining and casting on interface bonding property had been investigated in the way that interface bonding strength was tested using K/J/B and K/J/B/Y rectangular specimen. The results show that bonding strength between non-precure liner and non-roughened EPDM insulator is only 1.0 MPa. In order to ensure good bonding, the surface of EPDM insulator must be roughened and cleaned first. When liner thickness is between 0.3 to 0.5 mm, the bonding strength does not change. But when it increase to 0.7 mm, the bonding strength is increasing. K/J/B/Y specimen test is OK, break took place inside propellant. Time from 4h to 24h of end of lining and casting has little effects on interface bonding strength. Non-precure liner has no effects on standing process procedure.

**Key words** Non-precure liner, Double pulse SRM, Bonding strength, Process procedure

### 0 引言

固体火箭发动机的衬层是绝热层(或壳体)与推进剂之间的高分子弹性体,是实现绝热层(或壳体)与推进剂粘接的过渡层。衬层与绝热层和推进剂之间的粘结失效必定会导致发动机工作时燃烧压强无控地上升,从而导致火箭发动机失效。通常衬层材料在绝热层表面成型后,需要在一定的温度下进行预固化,达到半固化后才能进行装药,从而保证衬层与推

进剂和绝热层粘接牢固<sup>[1-4]</sup>。

双脉冲固体发动机<sup>[5-6]</sup>结合特殊的结构设计和绝热设计,在一台固体发动机燃烧室内进行多次推进剂装药,从而实现类似液体发动机所具有的多次点火、提供不连续推力的能力,有利于提高导弹武器的作战能力。双脉冲发动机在I脉冲推进剂装药前,如果进行衬层预固化工艺,必然导致已固化的II脉冲推进剂再次进入衬层固化炉,不仅引起推进剂加速老

收稿日期:2014-02-07

作者简介:刘安定,1972年出生,高级工程师,主要从事固体火箭发动机用材料研究。E-mail:163lad@163.com

化,而且具有一定的安全隐患。作者研制出的无预固化衬层,实现了直接涂覆,无需预固化直接装药的工艺,该衬层与推进剂粘接良好,已成功应用于某双脉冲固体发动机。

本文针对无预固化衬层研究了绝热层表面处理工艺对界面粘接性能的影响、衬层成型厚度对界面粘接性能的影响以及衬层成型后装药间隔时间对界面粘接性能的影响,为无预固化衬层的推广应用提供了工艺参数。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

三元乙丙(EPDM)绝热层,自制;开姆洛克 205、238,上海洛德公司;AS545 胶黏剂,自制。

### 1.2 试件制作

采用 100 mm×20 mm 矩形试件和  $\Phi 25$  mm 试件,进行打磨处理,依次涂覆开姆洛克 205、开姆洛克 238 和 AS545 胶黏剂,然后粘贴 3 mm 的 EPDM 绝热层片材,在 16 MPa/160℃/30min 条件下制作 K/J 单面矩形试件和  $\Phi 25$  mm K/J 单面试件。

#### 1.2.1 K/J/B 粘接试件的制作

将上述  $\Phi 25$  mm K/J 单面试件进行表面处理,涂覆无预固化衬层,然后对粘,在 50℃×7 d 条件下硫化,整形后测试。

#### 1.2.2 K/J/B/Y 粘接试件的制作

将上述 K/J 单面矩形试件进行表面处理,涂覆无预固化衬层,按照要求装药。然后在 50℃/7 d 条件硫化、试件分解和整形后测试。

### 1.3 性能测试

$\Phi 25$  mm K/J/B、矩形试件 K/J/B/Y 粘接强度测试按 QJ2038.1A—2004 进行,采用 INSTRON 5567 型材料试验机,拉伸速率为 20 mm/min。

## 2 结果与讨论

### 2.1 表面处理工艺对 K/J/B、K/J/B/Y 界面粘接性能的影响

对于小型发动机壳体来说,绝热层的打磨比较困难,如果绝热层表面不进行打磨,J/B/Y 和 J/B 界面粘接强度就可达到要求,则会极大的降低生产成本,为此对绝热层表面进行不同的处理,而衬层厚度为 0.5 mm,衬层成型后不进行预固化立即进行推进剂装药,50℃×7d 硫化后,测试粘接性能,结果见表 1。

从表 1 可看出,EPDM 绝热层不打磨直接涂覆无预固化衬层,K/J/B/Y 粘接强度可达 1.08 ~ 1.12 MPa,略低于经过打磨的绝热层的粘接强度(1.10 ~ 1.19 MPa)。但绝热层不打磨,K/J/B/Y 粘接试件断裂界面出现 J/B 间,表明无预固化衬层与推进剂粘接强度大于与绝热层的。因此 EPDM 绝热层不打磨,

则不能保证 J/B 界面的粘接强度。经过打磨的绝热层的粘接强度在 1.10 ~ 1.19 MPa,断裂界面均在推进剂间,粘接良好。

表 1 绝热层表面处理工艺对两种界面粘接性能的影响

Tab.1 Effects of surface treatment on the bonding property of K/J/B/Y specimen

界面	绝热层表面处理工艺	$\sigma_m$ /MPa	断裂界面
K/J/B/Y	不打磨、清理	1.08 ~ 1.12	Y-Y、J-B
	打磨、清理	1.10 ~ 1.19	Y-Y
K/J/B	不打磨、清理	0.93 ~ 1.02	J-B
	打磨、清理	2.60 ~ 2.64	B 内

从表 1 可看出:EPDM 绝热层经过打磨后,K/J/B 粘接强度均大于 1.5 MPa,断裂界面在 B 内。EPDM 绝热层不经过打磨直接涂覆衬层,K/J/B 粘接强度小于 1.02 MPa,断裂界面为 J-B,同样表明绝热层不打磨,则 J/B 界面粘接强度只有 1.0 MPa 左右。

无预固化衬层与不打磨 EPDM 绝热层粘接强度只有 1.0 MPa 左右,其粘接强度偏低。因此,EPDM 绝热层表面必须经过打磨清理,才能保证无预固化衬层与绝热层和推进剂界面的良好粘接。

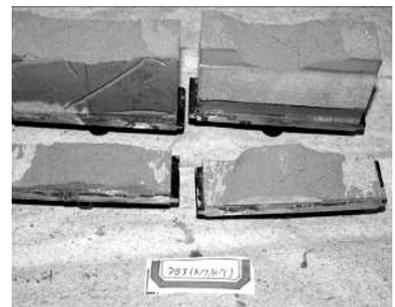
### 2.2 衬层成型厚度对 K/J/B/Y 粘接性能的影响

无预固化衬层涂覆在发动机内绝热层表面,成型厚度过大容易产生流挂,影响衬层的成型效果。因此在满足不产生流挂现象的前提下,设计并制作了衬层不同成型厚度的 K/J/B/Y 的粘接试件,直接进行推进剂装药和在 50℃×7 d 条件下硫化后测试粘接性能,其测试结果见表 2,试件断裂状态见图 1。

表 2 无预固化衬层不同成型厚度对 K/J/B/Y 的影响

Tab.2 Effects of non-precure liner thickness on bonding strength of K/J/B/Y specimen

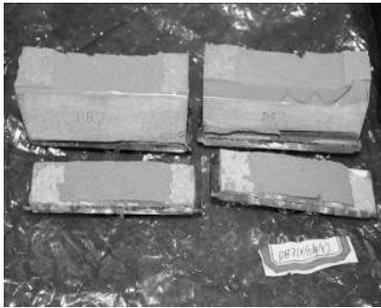
衬层厚度/mm	流挂性	$\sigma_m$ /MPa	断裂界面
0.3	不流挂	1.13	Y-Y
0.5	不流挂	1.14	Y-Y
0.7	基本不流挂	1.23	Y-Y



(a) 0.3 mm



(b) 0.5 mm



(c) 0.7 mm

图1 不同衬层厚度下矩形试件断裂界面

Fig.1 Break interfaces of specimen of different liner thicknesses

从表2和图1可看出,无预固化衬层成型厚度从0.3 mm增加到0.5 mm,粘接强度增加了0.01 MPa;无预固化衬层成型厚度从0.5 mm增加到0.7 mm,粘接强度增加了0.09 MPa。衬层不经过预硫化工艺,K/J/B/Y断裂界面均在药间,界面良好无异常。

因此,无预固化衬层成型厚度在0.3~0.5 mm,粘接强度基本不变;无预固化衬层成型厚度增大至0.7 mm,粘接强度逐步增加。K/J/B/Y断裂界面均在药间,界面良好无异常。

### 2.3 衬层成型后装药间隔时间对 K/J/B/Y 粘接性能的影响

对 EPDM 绝热层进行打磨、清理,分别涂覆 0.5 mm 厚无预固化衬层料浆,制作矩形试件,室温放置 24 h 后;与另一组放置 4 h 的矩形试件同时浇注推进剂并硫化,测试粘接性能,其测试结果见表 3。

从表 3 可看出,无预固化衬层的矩形试件室温放置 24 与 4 h 的矩形试件同时装药,硫化后,粘接试件强度分别为 1.30 和 1.36 MPa,两者仅差 0.06 MPa。表明无预固化衬层室温放置 24 h,粘接性能基本不变。

表 3 衬层成型后装药间隔时间对粘接性能的影响

Tab.3 Time (end-of-lining to casting) effects on the bonding property

装药间隔时间 <sup>1)</sup> /h	$\sigma_m$ /MPa	断裂界面	推进剂强度 /MPa
24	1.30	Y 间	1.046
4	1.36	Y 间	1.046

注:1)装药间隔时间指衬层涂覆后与矩形试件浇注推进剂时的时间间隔。

因此,无预固化衬层装药间隔时间从 4 h 延长至 24 h,对联合粘接 K/J/B/Y 粘接强度影响不大,完全可以按照现行装药工艺进行装药。

### 3 结论

(1)无预固化衬层与不打磨 EPDM 绝热层粘接强度只有 1.0 MPa 左右,EPDM 绝热层表面必须经过打磨清理,才能保证无预固化衬层与绝热层和推进剂界面的良好粘接。

(2)无预固化衬层成型厚度在 0.3~0.5 mm,粘接强度基本不变;无预固化衬层成型厚度 0.7 mm,粘接强度逐步增加。K/J/B/Y 断裂界面均在药间,界面良好无异常。

(3)无预固化衬层装药间隔时间从 4 h 延长至 24 h,对 K/J/B/Y 粘接强度影响不大,完全可以按照现行装药工艺进行装药。

### 参考文献

- [1] 冯霆,戴耀松. 固体发动机衬层技术进展[J]. 推进技术,1992(4):64-70
- [2] 唐汉祥,吴倩,陈江. 固体火箭发动机衬层涂覆工艺特性[J]. 推进技术,2004(6):93-96
- [3] 李赵宁. 丁羟衬层固化度工艺研究[J]. 固体火箭技术,2005(3):53-55
- [4] 苏昌银,张爱科. 固体发动机衬层预固化技术及其应用[J]. 固体火箭技术,2004(3):57-62
- [5] 侯晓,孙利青. 高能发动机研制中的若干关键技术[J]. 固体火箭技术,2011(5):37-40
- [6] 阮崇智. 战术导弹固体发动机的关键技术问题[J]. 固体火箭技术,2002(2):14-18

(编辑 任涛)