

# 模压绝热接头成型过程压力控制研究

苏胜良 赵剑平 郭晓东 徐春雷

(内蒙动力机械研究所,呼和浩特 010010)

**文 摘** 论述了模压过程中压力大小、加压方法对固体火箭发动机模压绝热接头成型质量的影响,试验结果表明模压绝热接头较理想的成型压力为 2.5~8 MPa。同时合理考虑流胶余量和模具流胶结构,选择恰当的压力,有利于提高成型工艺的可操作性和稳定性。

**关键词** 固体火箭发动机,模压,硫化,压力控制,橡胶

## Pressure Control Research on Forming Process of Molding Insulated Joint

Su Shengliang Zhao Jianping Guo Xiaodong Xu Chunlei

(Dynamic Machinery Institute of Inner Mongolia, Huhhot 010010)

**Abstract** The effects of the pressure level and pressuring method on product forming quality in a solid propellant rocket motor insulated joint molding process are discussed in this paper. The test results indicate that the ideal forming pressure used for the molding insulated joint is from 2.5 MPa to 8 MPa. The best pressure to improve the feasibility and stability of the forming process of the molding insulated joint is discussed as well.

**Key words** SRM, Moulding, Vulcanization, Pressure controlling, Rubber

### 1 引言

模压绝热接头是固体火箭发动机(以下简称发动机)的重要组成部分,它处于发动机壳体的前后开口处,直接暴露在发动机的火焰下,模压绝热后接头同时还接受高温气体的冲刷,工作条件更加恶劣。模压绝热接头是保证发动机开口周围乃至封头部位不被火焰烧穿的重要绝热部件,因而保证模压绝热接头的成型质量是保证发动机试车成败的关键因素之一。

模压绝热接头的模压过程是接头与绝热层的粘接以及橡胶的硫化成型过程,在这个过程中温度、压力、硫化时间这三要素制约着制品的硫化程度和硫化后的质量<sup>[1]</sup>。温度和时间控制不好可能会导致制品欠硫化或过硫化;而压力控制不好,容易造成制品麻粘、脱粘、气泡、鼓包<sup>[2-3]</sup>等现象。所以在给定橡胶硫化温度和硫化时间条件下,探讨模压绝热接头成型过程中压力控制对绝热接头的质量保证是很有现实意义的。

### 2 实验

#### 2.1 主要原材料

主要原材料:三元乙丙橡胶,由内蒙动力机械研究所生产;接头用铝材,由东北轻合金有限责任公司生产。

#### 2.2 成型工艺

试验件见图 1。

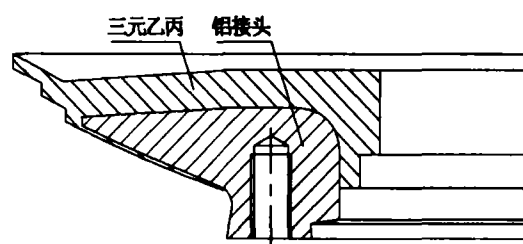


图 1 模压绝热接头试样件结构简图

Fig. 1 Abbreviated drawing of molding insulated joint specimen

成型过程按以下步骤进行:(1)铝接头表面处理;(2)铝接头胶接橡胶;(3)模具及接头装配;(4)铺放剩余胶料;(5)合模;(6)模压硫化成型;(7)脱模;(8)修整;(9)外观检验,高能 X 射线探伤<sup>[4-5]</sup>。

#### 2.3 加压制度

收稿日期:2006-06-05;修回日期:2006-07-25

作者简介:苏胜良,1974 年出生,硕士,主要从事复合材料及成型工艺研究

加压制度采用分段加压,即 80℃ 之前为预热阶段,预热后按表 1 所列进行压力及实验条件控制,其中填胶余量控制在 15%。

表 1 模压绝热接头成型试验条件及加压制度列表

Tab. 1 List of pressuring system and experimenting conditions for molding insulated joint

实验编号	压力/MPa	压力控制
1	1	预热后直接加压
2	1.5	预热后直接加压
3	2	预热后直接加压
4	2.5	预热后直接加压
5	5	预热后加压,压力 3 MPa,橡胶开始半硫化之后压力调整为 5 MPa
6	5	预热后直接加压
7	8	预热后加压,压力 3 MPa,橡胶开始半硫化之后压力调整为 8 MPa
8	8	预热后直接加压
9	9	预热后加压,压力 3 MPa,橡胶开始半硫化之后压力调整为 9 MPa
10	9	预热后直接加压

### 3 结果及讨论

#### 3.1 实验结果

按表 1 所列实验条件进行了实验,对最终合模状

态、最终压力施加部位进行了记录,对模压绝热接头外观状态进行了检验,并进行了高能 X 射线探伤和解剖分析,实验结果如表 2 所示。

表 2 模压绝热接头实验结果

Tab. 2 Testing results of molding insulated joint

实验编号	压力 /MPa	合模状态	最终压力施加部位	外观状态	高能 X 射线探伤结果	解剖结果
1	1	1 mm 间隙,未合模	橡胶	橡胶表面有大量明显鼓包	橡胶内部存在大量脱粘与气泡	铝接头与橡胶粘接界面处于麻粘(斑点型粘接)状态,各橡胶层之间存在大量气泡
2	1.5	0.5 mm 间隙,未合模	橡胶	橡胶表面有大量明显鼓包	橡胶内部存在大量脱粘与气泡	铝接头与橡胶粘接界面处于麻粘(斑点型粘接)状态,各橡胶层之间存在大量气泡
3	2	<0.5 mm 间隙,未合模	橡胶	橡胶表面有明显鼓包	橡胶内部存在脱粘与气泡现象	铝接头与橡胶粘接界面处于麻粘状态,各橡胶层之间存在气泡
4	2.5	<0.5 mm 间隙,未合模	橡胶	外观检验无明显缺陷	无脱粘与气泡,模压接头探伤无缺陷	各粘接界面粘接牢固
5	5	<0.5 mm 间隙,未合模	橡胶	外观检验无明显缺陷	无脱粘与气泡,模压接头探伤无缺陷	各粘接界面粘接牢固
6	5	合模	模具	外观检验无明显缺陷	无脱粘与气泡,模压接头探伤无缺陷	各粘接界面粘接牢固
7	8	<0.5 mm 间隙,未合模	橡胶	外观检验无明显缺陷	无脱粘与气泡,模压接头探伤无缺陷	各粘接界面粘接牢固
8	8	合模	模具	外观检验无明显缺陷	无脱粘与气泡,模压接头探伤无缺陷	铝接头与橡胶粘接界面有少量麻粘
9	9	<0.5 mm 间隙,未合模	橡胶	外观检验无气泡,但流胶孔处橡胶呈絮状,并形成缺口	无脱粘与气泡,模压接头探伤无缺陷	各粘接界面粘接牢固
10	9	合模	模具	外观检验无明显缺陷	有轻微脱粘现象	铝接头与橡胶粘接界面有少量麻粘状态,部分橡胶层之间存在气泡

## 3.2 讨论

### 3.2.1 压力对模压绝热接头成型质量的影响

从1、2、3、4、5、7、9共七组实验结果可知,在成型压力小于2 MPa时,橡胶内部容易出现气泡,橡胶各界面之间容易出现麻粘;成型压力在2.5~8 MPa时,能较好的成型模压绝热接头;当成型压力达到9 MPa时,橡胶在流胶孔处形成缺口,缺口处橡胶呈絮状。

形成上述实验结果的原因是由于模压绝热接头橡胶层较厚(一般为4~30 mm),存在较复杂的粘接型面和铺层结构,如果成型压力小于2 MPa时,在硫化过程中产生的大量气体由于压力过小无法排除干净,聚集在各粘接界面和片层之间,从而导致了模压绝热接头橡胶内部出现界面麻粘与气泡现象。当成型压力达到9 MPa时,虽然气体能排除干净,但作用在橡胶上的巨大压力能破坏已半硫化的橡胶链段,同样不利于橡胶的硫化成型。

橡胶硫化成型常用压力为15 MPa,这种成型压力适合对薄壁橡胶制件进行快速、冲压成型,冲压过程完成后,绝大部分压力转移到模具上,加上硫化过程快,橡胶产生气体少,能保证橡胶的成型质量。当成型橡胶较厚时,由于橡胶的绝热作用,橡胶内部温度不均匀,硫化过程较慢,硫化时间较长,橡胶内部产生大量硫化气体,采用大压力成型导致在硫化初期多余胶料很快从流胶孔或模具各部件之间的配合间隙流出,施加的压力大部分转移至模具上,致使后期的硫化过程中实际施加在橡胶上的压力不够,在这种状态下,模压绝热接头也可能出现麻粘与气泡现象。

### 3.2.2 加压制度对模压绝热接头成型质量的影响

从实验7~10的实验结果比较可知,采用大的压力成型模压绝热接头时,如果预热后直接加压,将导致多余胶料很快流失,大部分压力转移至模具上,致使制品出现缺陷。采用预热后加压3 MPa,橡胶开始半硫化之后将压力调高的加压方法能保证模压接头的质量,但是这种方法要求找到半硫化点,操作性与工艺稳定性较差。

从实验5和实验6可知,当压力大小合适时,可

以在预热后采用直接加压的方法替代预热后分段加压的方法,同样能保证模压绝热接头的成型质量。实验6采用预热后直接加压的方法,最终模具完全合模,模压绝热接头表现状态完好,高能X射线探伤无缺陷,解剖结果表明各橡胶粘接界面粘接牢固。综合3.2.1的分析结果可知,实验6既保证了模具最终合模,又保证了橡胶在成型过程中的压力大于2.5 MPa,同时实现了预热后直接加压,具有较好的操作性与工艺稳定性。因而要保证模压绝热接头的成型有较好的操作性与工艺稳定性,必须合理考虑模具的流胶结构,并配合一定的流胶余量,经过实验,确定成型压力,在该压力下成型模压绝热接头,能在预热后直接加压,成型完成后模具完全合模,同时能保证橡胶硫化过程中的压力在2.5~8 MPa之间<sup>[6]</sup>。

## 4 结论

对于固体火箭发动机模压绝热接头,由于橡胶层较厚,存在较复杂的粘接型面,模压过程中界面之间容易出现麻粘与产生气泡,较理想的成型压力在2.5~8 MPa之间;同时要保证模压绝热接头的成型有较好的操作性与工艺稳定性,必须合理考虑模具的流胶结构,并配合一定的流胶余量,经过实验,确定合适的成型压力。

### 参考文献

- 1 王维明,庄福康. 固体发动机发动机燃烧室壳体/绝热层界面脱粘类型及解决的技术途径. 推进技术,1996;17(1):89~91
- 2 王薇,陈树新. 橡胶制品成型技术的新发展. 橡塑技术与装备,2002;28(5):1~5
- 3 伊华丽,王清和. 界面粘接性能的影响因素. 固体火箭技术,1998;21(3):40~46
- 4 陈建梅,高克州,陈长乐. 一种带锥的内绝热层成型工艺改进. 固体火箭技术,2002;25(4):53~55
- 5 罗震. 小型固体火箭发动机燃烧室绝热层成型工艺研究. 宇航材料工艺,2002;32(1):50~53
- 6 雷涛. 三元乙丙(EPDM)混炼胶的挤出工艺及流道设计. 宇航材料工艺,1999;29(3):57~59

(编辑 任涛)