

光刻膜片在膜片阀中的应用

宁建华

(陕西动力机械设计研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 介绍了膜片光刻的工艺原理、工艺过程及其特点, 论述了利用双面自对准光刻模具与膜片母材厚度之间的关系控制膜片槽深的机理, 介绍了光刻膜片在膜片阀中的应用情况, 经爆破试验和发动机热试车表明: 膜片阀设计合理, 膜片光刻工艺可行。

关键词: 膜片阀; 光刻

中图分类号: V432

文献标识码: B

文章编号: (2005)01-0033-02

Photoetching diaphragm in burst valve application

Ning Jianhua

(Shaanxi Power Machine Design & Research Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: The principle, process and characteristics of diaphragm photoetching were introduced in this paper. The mechanism of control the depth of the slot by using the relationship between two-side auto-aligned mould and the material thickness were discussed. The application result of photoetching diaphragm in burst valve was given. Burst testing results and engine hot tests demonstrated that the burst valve was properly designed and the diaphragm photoetching process was reasonable.

Key words: burst valve; photoetching

1 引言

光刻膜片阀是姿控发动机构件小型化研究项目之一, 该阀安装于推进剂贮存单元, 其作用是隔离推进剂, 实现液体火箭发动机推进剂预包装。当发动机工作时, 膜片阀在推进剂一定压力作用下破裂, 使推进剂顺利通过, 实现点火。国

外著名的液体火箭发动机公司也是采用膜片阀对推进剂进行预包装的。通常, 膜片的加工是采用传统的机加工工艺或冲压工艺成型的。但是采用机加工工艺加工的膜片, 其刻痕深度的均匀性不好, 可靠性较差, 容易引起误爆, 而且膜片尺寸受加工所限, 不能做得很小。为了实现膜片阀的小型

收稿日期: 2004-07-05; 修回日期: 2004-09-12。

作者简介: 宁建华 (1964—), 男, 研究员, 研究领域为层板光刻、微机械技术等。

化, 提高刻痕槽深的均匀性和膜片阀的可靠性, 采用了标准 MEMS 光刻工艺制造技术, 从而使得膜片设计不受传统机加工工艺束缚, 槽深加工的一致性较好, 同时也提高了膜片阀的可靠性。

2 膜片主要技术指标

膜片主要技术指标见表 1。

表 1 膜片阀主要技术指标

Tab.1 Main parameters of the burst valve

膜片材料	钛材
膜片外径	$\Phi 20\text{mm}$
气密性要求	$5.9 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$

3 光刻工艺流程与槽深控制

光刻工艺属于标准 MEMS 工艺技术, 它是将精密化学照相、图形复印与选择性刻蚀技术相结合的精密加工技术。膜片光刻工艺流程见图 1。

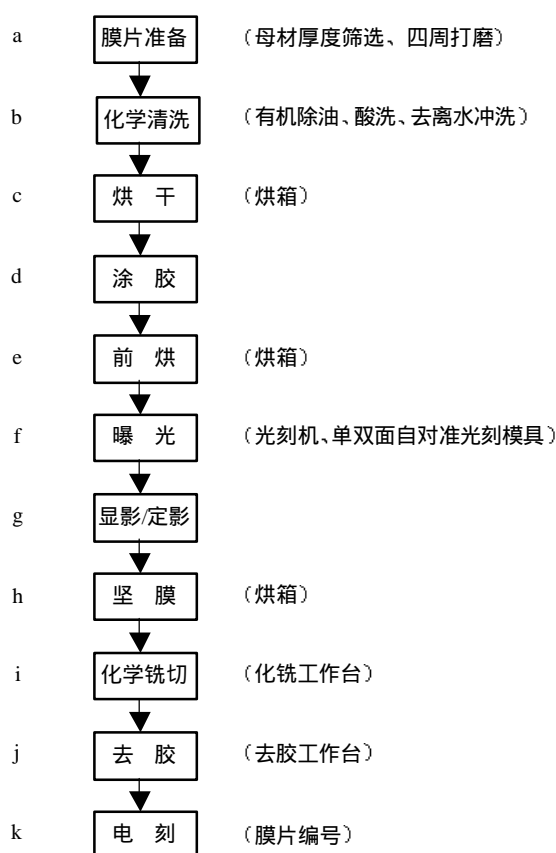


图 1 膜片光刻工艺流程图

Fig.1 Diaphragm photoetching process

由工艺流程图可见, 槽深控制与 f 和 i 工序关系较大。为了提高刻痕槽深控制精度和充分利用光刻工艺特点以及光刻模具与母材厚度的关系, 光刻模具设计为单/双面自对准光刻模具, 即膜片模具的外圆设计为双面自对准光刻, 膜片模具的内圆设计为单面自对准光刻。化铣时, 当外圆刻透时, 膜片内圆槽深即为膜片母材厚度的一半。由此充分利用单/双面自对准光刻模具与母材厚度之间的关系, 对膜片槽深取得了有效控制。同时为了提高膜片槽深的化铣均匀性, 在化铣液中添加稳定剂, 也取得了良好效果。

根据膜片光刻的工艺特点可总结出膜片设计准则, 即膜片刻痕槽深设计为母材厚度的一半, 那么对于不同破裂压力要求的膜片阀就必须根据膜片母材抗拉强度 σ_b 和母材厚度进行设计计算。

4 应用

光刻膜片经过了数百次的爆破试验, 根据试验结果对膜片设计图纸进行了多次设计更改, 对膜片母材厚度进行了筛选, 直至膜片爆破试验结果满足设计要求为止。光刻膜片阀经过多次试验, 现已应用于某型号姿控发动机燃料贮存单元光刻膜片接管嘴中, 该发动机已成功通过了热点火试车, 光刻膜片接管嘴工作正常。

5 结论

光刻膜片阀是实现姿控发动机构件小型化研究方面成功探索的实例之一。该阀尺寸小、质量轻、结构紧凑、简单、安全、可靠, 同时也实现了液体火箭发动机推进剂预包装的目的。光刻膜片阀爆破试验和发动机热试车表明: 膜片阀设计合理, 膜片光刻工艺可行。

(编辑: 陈红霞)