

飞机结构用耐火材料 的新进展

杨大灼 王桂兰

一、前言

随着航空事业的发展, 飞机着火事故日益增多。近年来, 飞机防火安全问题越来越引起人们的重视, 对航空材料也提出了新的要求。美国国家材料咨询委员会对聚合物材料的防火安全性能提出了六项评定标准, 即: 着火的难易程度, 火焰蔓延的程度, 释放热量的大小, 产生烟的多少, 燃烧产物的毒性, 熄灭的难易程度等。

为了进一步减少飞机火灾的损失, 除了增加防火防爆设备、提高易燃油料的抗燃性和采取应急离机等措施外, 还要求飞机结构使用更多的耐火材料。目前飞机上的耐火材料或自熄材料大致可以分为四种类型: ①客舱和货舱设备、座垫、壁板涂层、窗帘等; ②电绝缘层; ③结构密封胶、封装化合物等; ④保护主结构的防火壁化合物。此外, 还可能有一些材料, 因此, 有时很难确定。然而在着火情况下, 结构的破坏对乘客的危险常常不及所产生毒烟的危险性大。这不仅是由于燃烧材料的副产物, 而且还有分解轻磨面剂 (Snuffing agent) 的副产物所致。

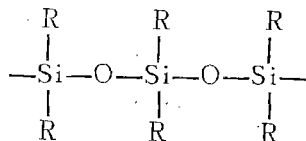
本文将重点论述有关硅氧烷聚合物的防火安全性及其在飞机结构材料中的应用。

二、硅氧烷聚合物的阻燃和自熄

燃烧过程的一般模式如图 1 所示。值得注意的是自熄的固体物质不燃烧, 而是分解成蒸气、气体和低分子类形式的副产物。

在燃烧过程中, 除了添加剂、轻磨面剂等在每个阶段都能起阻燃作用外, 就硅氧烷本身而言, 不论是弹性体、塑料或是海绵体, 其结

构主链都是聚硅氧烷:



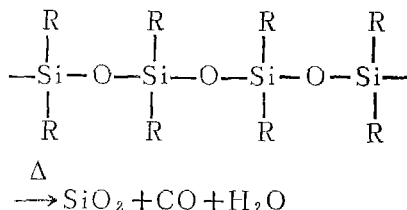
这些聚合物都是有很高热稳定性的硅氧链, 侧基为有机基团, 只是因交联程度不同而形成弹性体或硬质塑性体。它们能阻燃和自熄的主要原因是:

1. 受热阶段

由于硅氧烷耐热温度超过 316℃, 比一般有机聚合物高 149℃。若与高热容量相结合, 就需要更高温度火焰和热流才能使之开始分解。

2. 分解阶段

不管硅氧烷的侧基的类型和数量以及组成有何变化, 但它的分解主要是生成二氧化硅, 其反应如下:



式中, R 可以是 CH_3 —甲基, \bigcirc —苯基, $-\text{C}=\text{C}-$ 乙烯基

3. 着火阶段

硅氧烷在非常高的温度下才能开始着火, 而且侧基碳会转变为坚固的碳质炭。由于具有高的绝热性 (低热传导性), 所以能阻止或减

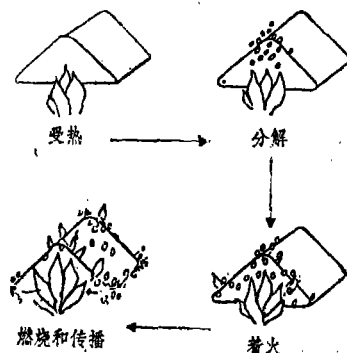


图 1 燃烧过程的模式

轻继续着火。着火后的主要副产物——凝结的二氧化硅能够进一步阻止火焰蔓延。

三、硅氧烷聚合物的性能特点

硅氧烷聚合物与其它有机聚合物相比具有以下特点：

1. 优异的物理特性

硅橡胶与有机橡胶经400°F空气老化后, 硅橡胶的拉伸强度、伸长率、硬度 随时间 (d) 的变化很小, 而有机橡胶的这些性能随时间 (h) 的变化则极显著; 随温度的变化, 硅橡胶的压缩变形明显地优越于有机橡胶 (见图 2)。

2. 高的绝热性

实验证明, 硅氧烷防火壁密封胶 (18-4号化合物) 能持续绝热和保护主结构免受火焰穿透 (见图 3)。当火焰温度超过1093°C时, 由于密封胶具有良好的绝热性能, 即使燃烧30 min, 底层结构的温度仅升高138°C。

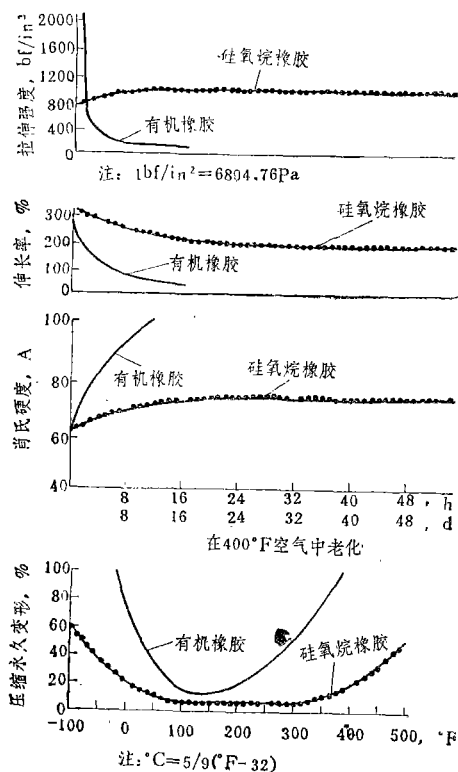


图 2

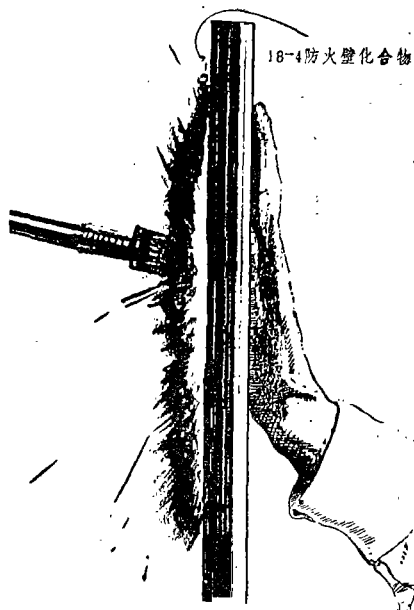


图 3

3. 低的易燃性

硅氧烷 (SMC 655 FR) 与有机聚合物 (XBMS1-63) 易燃性能的比较见表1。

4. 燃烧产物的低毒性

硅氧烷 (SMC655FR) 与混有轻磨面剂的有机聚合物燃烧毒性副产物的比较见表2。

5. 燃烧图型

硅橡胶燃烧图型见图4。几种含“轻磨面

表 1 易燃性比较

燃烧和自熄	硅 氧 烷	有机聚合物
12秒垂直点燃:		
自熄时间, s	2.0	15.0
燃烧长度, cm	2.8	20.3
60秒垂直点燃:		
自熄时间, s	3.5	15.0
燃烧长度, cm	3.6	15.2
30秒45度点燃:		
自熄时间, s	0.0	15.0
发烟浓度 4分 (D_s)		

表 2 燃烧的毒性副产物比较

化学物质	硅 氧 烷	有机聚合物
Co, ppm	77	3500
HCN	0	150
HF	0	50
HCl	0	500
SO ₂	0	100
NO ₂	痕迹	100

剂”的有机材料的火焰、发烟和自熄的图型分别见图 5、6、7。

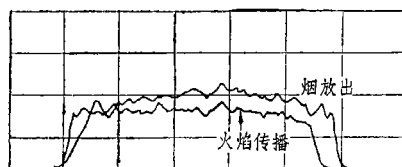


图 4 硅橡胶的燃烧图型

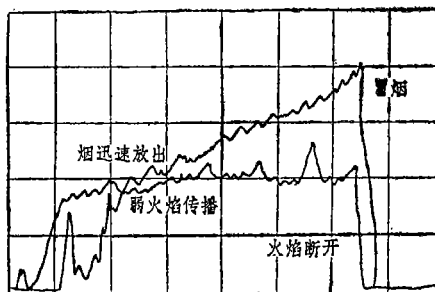


图 5

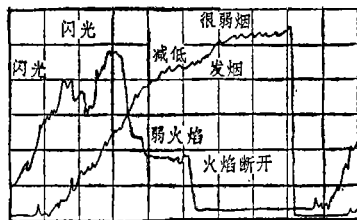


图 6

四、硅氧烷聚合物在飞机结构中作为耐火材料的应用

由于硅氧烷聚合物与其他聚合物相比具有

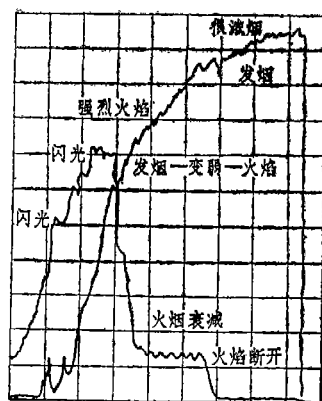


图 7

良好的热稳定性、高的绝热性、低的易燃性和分解产物的低毒性等特性，所以硅氧烷聚合物适合用作飞机结构的耐火材料，如密封件、声屏障、货舱盖、座垫、臂靠、导线绝缘层等。实践证明，当绝缘层已经烧掉很久，但由于二氧化硅生成，仍能继续起绝缘作用。

五、讨论与建议

1. 鉴于硅氧烷聚合物具有优异的防火安全性能，建议在易着火的飞机结构材料中广泛试用推广，如用量较多的座垫和臂靠等。

2. 在飞机结构材料中，用硅氧烷弹性体取代有机弹性体，从安全观点看是必要的。从经济观点看，国外作过统计：五年以前，每磅氯丁橡胶和聚氨酯橡胶的价格分别为0.60和1.00美元，现在它们的价格均接近原价的两倍；而硅氧烷弹性体在同期内仅增加10~15%。从五年间的价格增长率来看，硅氧烷弹性体具有远景效益。

3. 根据美国家材料咨询委员会的防火安全六项评定标准的要求，应建立相应的评定方法。据此，我国在研究航空非金属材料的同时，对飞机现用和将用的聚合物材料进行防火安全性能评定是非常必要的。