

高硅氧玻璃纤维布增强聚四氟乙烯 (PTFE) 复合材料介电性能研究

姜卫陵 赵云峰 罗平

(航天材料及工艺研究所 北京 100076)

摘 要 对高硅氧玻璃纤维布增强聚四氟乙烯 (PTFE) 复合材料的含胶量、成型压力、烧结温度及环境湿度等多种因素对其介电性能的影响进行了较为系统的实验研究。结果表明,高硅氧玻璃纤维布增强聚四氟乙烯复合材料在上述因素影响下,其介电常数在 2.90 ~ 3.30 的范围内变化,其中环境湿度是主要的影响因素。

关键词 高硅氧玻璃布,聚四氟乙烯,复合材料,介电常数,介电性能

Dielectric Properties of High Silica Glass Cloth Reinforced PTFE Composite

Jiang Weiling Zhao Yunfeng Luo Ping

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

Abstract A systematic experimental study was conducted to define the influence of many factors, including PTFE content, processing pressure, processing temperature and environmental humidity, on the dielectric properties of high silica glass cloth reinforced PTFE composite. The results showed that its dielectric constant changes in the scope of 2.90 to 3.30 under the influence of the factors mentioned above, among which the environmental humidity is a dominant one.

Key words High silica glass cloth, PTFE, Composite, Dielectric constant, Dielectric property

1 前言

天线罩的主要作用是在导弹的高速飞行过程中保证必需的气动外形,承受飞行过程中的气动加热及各种载荷,减少飞行环境对罩内电子设备的影响。同时天线罩必须具有良好的电磁波传输特性。多年来,国内外的科技工作者均对天线罩材料的选择及性能进行过较为深入的研究,旨在寻求透波性能、力学性能和耐湿热性能优异的天线罩材料,以满足实际使用要求。研究表明,聚四氟乙烯具有很低的介电强度和介电损耗,具有良好的抗雨蚀和烧蚀性能,经玻璃纤维增强后,性能尤其突出^[1~5]。玻璃纤维增强聚四氟乙烯 (PTFE) 复合材料作为天线罩

材料已有许多成功应用的实例。

本文通过对高硅氧玻璃纤维布增强聚四氟乙烯复合材料制造生产过程中若干影响因素的试验研究和分析,使我们对这种材料介电性能的认识又深入了一步。

2 材料与试验

2.1 材料

高硅氧玻璃纤维增强聚四氟乙烯复合材料是以高硅氧玻璃布高硅—25(陕西兴平玻璃纤维厂生产)作为增强剂,聚四氟乙烯分散液 P—202(上海有机化学研究所实验厂生产)为基体,经浸渍、烘干、热处理、裁剪、冷压、烧结后制成。

收稿日期:1999-05-04;修回日期:1999-06-28

姜卫陵,1957年出生,高级工程师,主要从事氟塑料及成型工艺研究工作

2.2 实验方法

材料介电常数及损耗角正切由北京遥感设备研究所采用矩形波导终端短路法测试。测试误差:

$$= \pm 0.02; \quad \text{tg} = \pm 0.002。$$

3 结果与讨论

3.1 对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介电性能的影响因素

高硅氧玻璃布和 PTFE 分散液的成分及配比基本上决定了其复合材料的介电性能。从成分上讲,它主要由 PTFE 和 SiO_2 组成。PTFE 分子呈对称性,为非极性分子, SiO_2 为弱极性分子,复合材料中的杂质多为极性分子。弱极性分子和极性分子均可以吸引水分子。

复合材料在烧结过程中或多或少总会有低分子物及残留挥发分逸出,从而在板材中留下“空隙”。复合材料中的高硅氧玻璃布由于制造工艺因素也存在“空隙”并具有活性,这些“空隙”的活性可吸附水分子。在相对湿度不同时,贮存水分子的量也不同,导致介电常数在某一范围内发生变化。板材“空隙”含量受 PTFE 浸渍高硅氧玻璃布热处理质量和冷压压力等因素的影响。实际上,常温下复合材料的介电常数取决于 PTFE、 SiO_2 、水、空气和杂质的相对含量,它们的介电常数值见表 1。这些因素又取决于复合材料成型过程中的各种工艺参数及环境条件,如 PTFE 含量、杂质含量、压制密度(冷压压力)、预浸料热处理制度、烧结工艺制度及环境湿度等。

表 1 高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料主要组分的介电常数

Tab.1 Dielectric constant of main components of high silica glass cloth reinforced PTFE composite

组分名称	介电常数()
PTFE	约 2.1
SiO_2	约 3.2
水	77
空气	约 1

3.2 PTFE 含量的影响

高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料中,PTFE 含量增大会使其介电常数值下降,见表 2;这是因为 PTFE 的介电常数值为 2.1,低于 SiO_2 。当 PTFE 含量增加时, SiO_2 含量降低,介电常数值亦降低。这也符

宇航材料工艺 2000 年 第 1 期

合复合材料性能的混合法则。

表 2 PTFE 含量对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介电常数的影响

Tab.2 Effects of PTFE content on dielectric constant of high silica glass cloth reinforced PTFE composite

冷压压力 / MPa	PTFE 含量 / %	介电常数 ()	损耗角正切 (tg)
30	50	3.11	0.035
30	57	2.94	0.028
35	50	3.12	0.035
35	57	2.95	0.028

3.3 成型压力的影响

成型压力不同可造成板材中“空隙”含量不同,造成复合材料介电常数及介质损耗角正切不同(见图 1、图 2)。

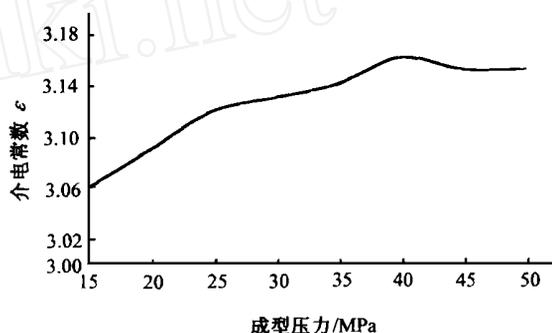


图 1 成型压力对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介电常数的影响

Fig.1 Effects of processing pressure on dielectric constant of high silica glass cloth reinforced PTFE composite

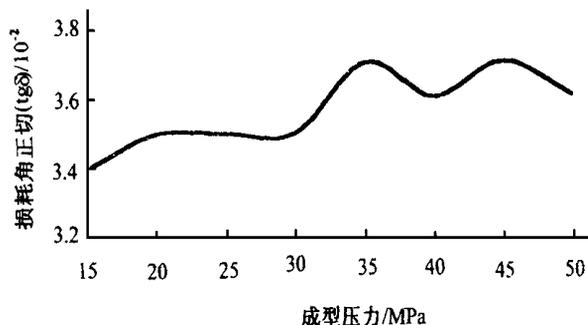


图 2 成型压力对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介质损耗角正切值的影响

Fig.2 Effects of processing pressure on dielectric dissipation factor of high silica glass cloth reinforced PTFE composite

由图 1、图 2 可见,适当增加成型压力可使板材更密实,减少空气对 ϵ' 的作用, ϵ' 值增大。当板材成型压力达到 40 MPa 左右时,介电常数几乎不随成型压力增大而变化(见图 1)。这说明,40 MPa 的成型压力已使板材很致密了,继续增加成型压力也不能使板材更致密,反而当压力过大时,会压碎板材的布层,使强度下降。

3.4 胶布热处理及烧结工艺的影响

浸渍 PTFE 高硅氧玻璃布的热处理是为了去掉随浸胶工序进入胶布的表面活性剂,热处理温度及处理时间的正确性可保证胶布在某一温度下有足够的时间将挥发分去掉,温度过低或过高、处理时间过短容易造成挥发分的滞留和碳化,造成板材“黑心”,介电常数偏大。

在烧结工序中温度在 250℃ 时保温一段时间可弥补热处理工序的不足,在烧结夹具与板材间垫四层高硅氧玻璃布,除了具有脱模作用外,也可使挥发分容易逸出,板材更加洁白,介电常数更稳定。

3.5 相对湿度的影响

前面所说的复合材料的“空隙”会贮存一定量的水,且含水量随空气中相对湿度不同而发生变化,由于水的介电常数值为 77,故在诸多影响介电常数的因素中,相对湿度的影响较大。图 3 是同一组试样在一年不同季节(不同相对湿度条件下)测得的介电常数值。在同一组试样中,当相对湿度由 25% 变化到 85% 时,介电常数值变化范围 < 0.13 。

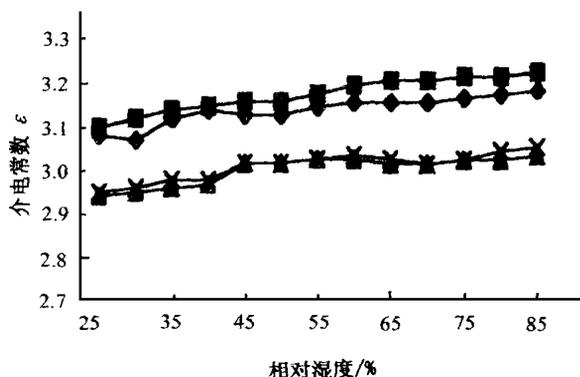


图 3 相对湿度对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介电常数的影响

Fig. 3 Effects of relative moisture on dielectric constant of high silica glass cloth reinforced PTFE composite
为含胶 50%, 30 MPa; 为含胶 50%, 35 MPa;
为含胶 57%, 30 MPa; × 为含胶 57%, 35 MPa。

图 4 是在相对湿度不同时测得的两条曲线。可以看出无论含胶量为多少,当相对湿度增大时,高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料损耗角正切值呈上升趋势。

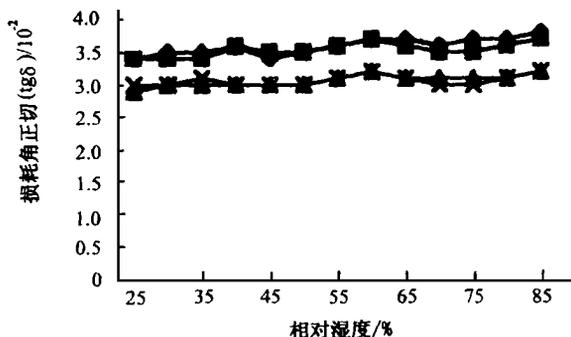


图 4 相对湿度对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介质损耗角正切值的影响

Fig. 4 Effects of relative moisture on dielectric dissipation of high silica glass cloth reinforced PTFE composite
为含胶 50%, 30 MPa; 为含胶 50%, 35 MPa;
为含胶 57%, 30 MPa; × 为含胶 57%, 35 MPa。

图 5 是工艺参数不同的四组试样在一年不同月份的介电常数测量值。由图中曲线明显看出,四组曲线的变化规律是一致的,相对湿度大的月份,测得的介电常数值均较大,否则就小。介电常数的变化方向性,可以由小到大,也可以由大到小。PTFE 含量高时,介电常数在相对低的范围内变化,PTFE 含量低时,介电常数在相对高的范围内变化,变化范围叠加后 < 0.4 。

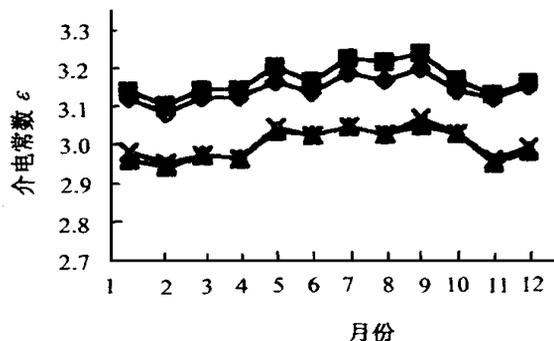


图 5 高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介电常数在一年不同月份的变化规律

Fig. 5 Dielectric constant of high silica glass cloth reinforced PTFE composite at different month in a year
为含胶 50%, 30 MPa; 为含胶 50%, 35 MPa;
为含胶 57%, 30 MPa; × 为含胶 57%, 35 MPa。

(下转第 54 页)

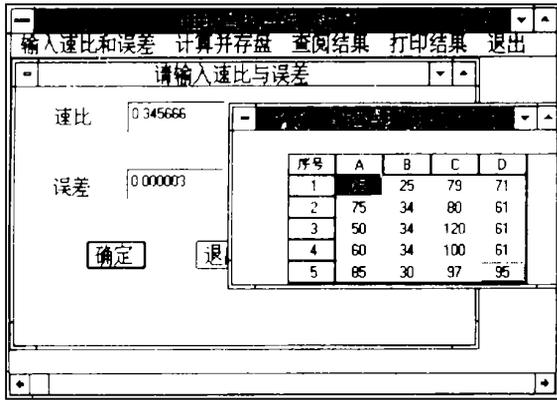


图 3 挂轮查找界面

Fig. 3 Interface of gear searching

2.5 错误处理程序

错误处理程序是任何一个程序不可缺少的部

(上接第 36 页)

3.6 其他影响因素

在介电常数的研究中还发现,即使在相对湿度相同的条件下,在一定时间内,距烧结日期越近,测得的介电常数值越低,随时间延续,介电常数增大,到达某一稳定值后,不再发生大的变化。经分析认为,高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料在经过十几小时的烧结工序后,其内部水分几乎为零,介电常数自然很低,但这并不是“正常”状态。当高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料在自然条件下放置一段时间与环境水分交换达到相对平衡后,这时介电常数值增大并趋于稳定,测得的介电常数值才能代表高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料实际的介电性能。“放置时间”的长短受当时环境湿度的影响。

通过对高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料介电常数的研究发现,尽管高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料成型工艺参数的变化对其介电常数有影响,但介电常数基本上在 2.94~3.23 范围内变化,因此其介电常数基本上是稳定的。

分,因为使用时有的人不加考虑就将极孔直径的输入值搞得比壳体直径还大,有的人则在应输入数值的地方,输入了含字母或文字去蒙混过“关”,还有的同志在参数值还没有给定就急于进行下一步的计算等等,综合考虑了各种可能出现的因素,在许多对象动作前后或过程中,加入了错误处理语句以应付各种使用者。

3 结论

使用本程序,壳体缠绕所需的各种工艺参数可不脱离开发平台一次到位,提高了设计者的工作效率,软件界面良好,易于掌握。

参考文献

- 1 刘锡礼等. 玻璃钢工艺学. 中国建筑工业出版社, 1979
- 2 邓德祥,马恕. Qbasic 程序设计教程. 清华大学出版社, 1997

4 结论

(1)高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料的介电常数除由材料物性决定外,PTFE 含量、成型压力及环境湿度对其有一定影响。

(2)当 PTFE 含量、成型压力确定后,环境湿度是对其介电性能的主要影响因素,但对其介电常数的影响范围基本上可控制在 2.90~3.30 之间。

(3)当高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料质量良好时,其介电常数尽管随环境湿度变化,但变化范围不大于 0.4,因此高硅氧玻璃布增强 PTFE 复合材料的介电常数是稳定的。

参考文献

- 1 N75—43 034, 1975
- 2 AD—A169 159, 1985
- 3 AD—A1 730 173, 1986
- 4 PB84—236 355, 1984
- 5 姜卫陵,裴肇舜. 双层增强氟材料天线罩材料工艺研究. 导弹与航天运载技术, 1996; (1): 48~55