

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.08.009

中空夹芯织物预浸料的制备与性能表征

匡宁,李晋,耿杰,赵大娟
(中材科技股份有限公司,南京 210012)

摘要:采用不饱和树脂与中空夹芯织物进行复合制备中空夹芯织物预浸料,研究中空夹芯织物预浸料的制备工艺,并对中空夹芯织物预浸料的站立性、中空复合材料的力学性能、电性能进行表征。结果表明,高度为3 mm的中空夹芯织物预浸料的树脂含量为50%时站立性最好,预浸料固化后中空复合材料的拉伸强度达40.04 MPa,压缩强度达6.63 MPa,介电常数为1.9,损耗角正切值为0.006。

关键词:复合材料;中空夹芯织物;预浸料;不饱和树脂

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)08-0039-04

Preparation and Characterization of Hollow Sandwich Fabric Prepreg

Kuang Ning, Li Jin, Geng Jie, Zhao Dajuan
(Sinoma Science & Technology Co. Ltd., Nanjing 210012, China)

Abstract: The hollow sandwich fabric prepreg was prepared with unsaturated resin and hollow sandwich fabric. The preparation technology of the prepreg was researched, and the standing performance of the prepreg, mechanical property and electrical property of the hollow sandwich composite were detected. The results show that the standing performance is best when the resin content with 50% of the prepreg of 3 mm height, and tensile strength of the hollow sandwich composite reaches 40.04 MPa, and compressive strength reaches 6.63 MPa, dielectric constant and loss angle tangent is 1.9 and 0.006 respectively.

Keywords: composite; hollow sandwich fabric; prepreg; unsaturated resin

中空夹芯织物是由具有优异性能连续纤维进行织造,上下表层以及垂直于上下表层之间的Z向纤维构成了中空织物的夹芯结构^[1-2]。中空夹芯织物与树脂经过一定的复合工艺及固化工艺形成中空复合材料,中空复合材料具有轻质、高强、可整体成型、结构可设计性强、复合效率高、保温、隔音、阻燃、透波等优异性能,广泛应用于通讯、航天、航空、建筑、轨道交通、风能、双层储罐、船艇等领域^[3-4]。

中空复合材料的一个重要应用是作为通讯领域的天线罩材料。天线罩材料要满足介电性能、力学性能、工艺性能、质量等要求。材料的介电性能指标主要有介电常数和损耗角正切,该指标直接影响天线罩的电性能,是选择材料的主要依据。实心玻璃钢复合材料的介电常数和损耗角正切较大,会导致电磁辐射损耗大、有死角、增益损失大等问题,而中空复合材料的介电常数和损耗角正切以及力学性能、质量等都能够很好地满足要求^[5-6]。

随着中空复合材料的使用需求越来越多,快速、规模化的生产已成为迫切需要^[7-8]。中空夹芯织物预浸料储存期长,使用便捷,且固化周期短,能够

满足中空复合材料高效率制备的要求,实现低成本的批量化生产,因此,对于中空夹芯织物预浸料的研究成为目前复合材料领域研究的热点和重点^[9-10]。

笔者通过一定的成型工艺将树脂与中空夹芯织物复合制得中空夹芯织物预浸料,所得预浸料浸胶均匀,柔软不粘手,综合性能优异,且具有良好的随形性能,能够制备不同形状的制品。中空夹芯织物预浸料的制备,在国内尚属空白,将促进我国复合材料技术水平的提高,对提升行业经济效益、促进行业产品结构调整和行业技术进步具有重要意义。

1 实验部分

1.1 原材料

中空夹芯织物:高度3~5 mm,南京玻璃纤维研究设计院;

不饱和聚酯树脂:金陵帝斯曼树脂有限公司;

固化剂:阿克苏诺贝尔公司;

增稠剂:金陵帝斯曼树脂有限公司。

联系人:匡宁,高级工程师,主要从事高性能纺织复合材料的开发及应用研究

收稿日期:2015-05-12

1.2 主要设备、仪器

复合材料生产线:南京玻璃纤维研究设计院;

电热鼓风干燥箱:GZX-620-2 型,南京环科试验设备有限公司;

电子万能试验机:8032 型,英国 Instron 公司;

介电常数测试仪:GC STD-A 型,北京冠测精密仪器设备有限公司;

损耗角正切值测试仪:GDAT-C 型,北京北广精仪仪器设备有限公司。

1.3 试样制备

(1) 不饱和树脂中空夹芯织物预浸料的制备。

在平台上将中空夹芯织物用同质量的不饱和聚酯树脂复合,中空织物的上下层都要铺放树脂,并用刮板均匀、方向一致地浸润中空夹芯织物,用薄膜完整包覆中空预浸料,整个过程都要确保预浸料不被弯折发生变形等,在 60℃下保温 24 h,得到中空夹芯织物预浸料备用。

(2) 复合材料试样制备。

将已经熟化好的预浸料,放入电热鼓风干燥箱内 150℃保温后固化 10 min,得到中空复合材料,制备标准试样以待测试。

1.4 性能测试

拉伸强度按 GB/T 1447-2005 测试;

压缩强度按 GB/T 1449-2005 测试;

介电常数与损耗角正切值按 Q/HP 32-2012 测试。

2 结果与讨论

2.1 中空夹芯织物预浸料的性能参数

预浸料外观应保持光滑平整,无起皱、起泡等,预浸料内部纤维与树脂浸润良好,树脂分布均匀,无明显富树脂区或贫树脂区,预浸料中无外来杂质和固化的树脂颗粒、毛团等,具体性能参数见表 1。

表 1 中空夹芯结构预浸料的性能参数

项目	数值
高度/mm	3~8
长度/mm	600~3 000
宽度/mm	200~2 000
密度/(g·m ⁻³)	≤0.9
树脂含量/%	40~60
储存周期/d	10~60
介电常数	≤2.0
损耗角正切值	≤0.008
电磁辐射透过率/%	≥80

2.2 树脂含量对中空夹芯织物预浸料高度的影响

选取 3 mm 高中空织物与 5 mm 高中空织物

制备中空预浸料,观察树脂含量对中空预浸料高度的影响,结果见表 2。

表 2 树脂含量对中空夹芯织物预浸料高度的影响

树脂含量/ %	预浸料高度/mm	
	3 mm 高中空夹芯织物	5 mm 高中空夹芯织物
0	3.00	5.01
20	2.32	4.14
40	2.80	4.78
50	2.95	4.92
60	2.93	4.90

从表 2 可以看出,当选用 3 mm 高中空夹芯织物制备预浸料,不饱和树脂含量为 20% 时,中空织物预浸料的高度为 2.32 mm,树脂含量为 40% 时,中空织物预浸料的高度为 2.80 mm,当树脂含量升高到 50% 时,站立高度达到 2.95 mm,继续增加树脂的用量至 60%,中空织物预浸料的高度为 2.93 mm,说明树脂含量对中空织物预浸料的站立性影响不是越高越好,中空织物预浸料的高度先随着树脂含量的增加而增加,当达到一个最大值时,继续增加树脂含量,中空织物预浸料的高度开始下降^[11]。5 mm 高中空夹芯织物预浸料的高度变化趋势类似。

这是由于树脂含量低时,会造成树脂与纤维间浸润不好以及树脂未能浸润到纤维内部,影响中空织物预浸料的站立性;树脂含量低,还会造成纤维干纱,预浸料分层、粘性差,树脂的成膜性差,进而影响预浸料的稳定性,另外,树脂含量降低后可能会对材料物理性能、力学性能、构建内部质量等产生影响。

2.3 预浸料室温储存期对复合材料力学性能的影响

将 3 mm 高的中空夹芯织物与不饱和聚酯树脂进行复合,树脂含量 50%,得到中空夹芯织物预浸料,考察不同的室温储存时间下,预浸料固化后的复合材料的拉伸强度和压缩强度变化,如图 1、图 2 所示。

从图 1 可以看出,预浸料未经过存放直接固化的中空复合材料的初始拉伸强度为 40.04 MPa,储存 3 个月,强度下降幅度较小,这是因为预浸料在存放过程中由于部分苯乙烯等小分子功能单体挥发,使得参与固化反应的有效单体缺失,进而导致复合材料力学性能下降^[12-13];继续存放至 6 个月,复合材料的力学性能下降非常明显,说明预浸料存放 6 个月后树脂中的有效功能性单体已大部分挥发,经过固化得到的复合材料的拉伸强度只有 6.07 MPa。

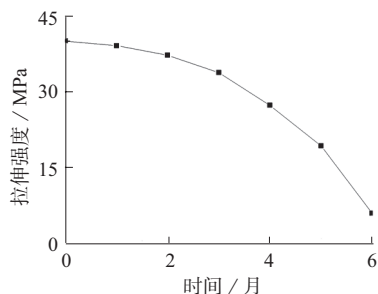


图1 预浸料室温储存时间对中空复合材料拉伸强度的影响

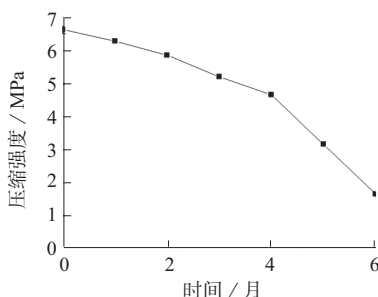


图2 预浸料室温储存时间对中空复合材料压缩强度的影响

从图2可以看出,未经过储存的预浸料直接固化得到的中空复合材料的压缩强度为6.63 MPa;当储存3个月时,强度为5.21 MPa,有所下降;当储存6个月时,压缩强度为1.69 MPa,预浸料的性能下降非常明显。压缩强度同样是因为预浸料在存放过程中,树脂中的苯乙烯等游离小分子功能单体挥发。

2.4 中空复合材料的电性能

将3~5 mm高的中空夹芯织物与不饱和聚酯树脂进行复合,树脂含量50%,得到中空夹芯织物预浸料,然后固化得到中空复合材料,考察其电性能变化(测试温度24℃),同时对比3 mm实心玻璃钢的介电常数与损耗角正切值,如表3所示。

理想的天线罩,要求材料的损耗角正切值低至接近于0,介电常数尽可能低,以达到“最大传输”和“最小反射”的目的。传统实心玻璃钢的介电常数为3.8~4.2,损耗角正切值 >0.008 。从表3的测试数据可以看出,同样高度的复合材料,实心玻璃钢比中空夹芯结构的介电常数与损耗角正切值大;不同高度的中空夹芯结构复合材料,随着高度的增加,介电常数以及损耗角正切值都呈现不同程度的降低,说明中空夹芯结构复合材料的高度影响天线罩的电性能大小,高度越高,天线罩的介电常数越小,则电磁波在空气与天线罩壁分界面上的反射就越小,传输效率越高;另外,高度越高,损耗角正切值

表3 实心玻璃钢与不同高度中空预浸料制备的中空复材的介电常数与损耗角正切值对比

复合材料高度/mm	平均介电常数	平均损耗角正切值
3.0(实心)	3.913	0.009 240
3.0(中空)	1.900	0.006 002
3.5(中空)	1.743	0.005 343
4.0(中空)	1.662	0.004 440
4.5(中空)	1.513	0.004 240
5.0(中空)	1.495	0.004 010

越小,电磁辐射损耗就越小、死角越少、增益损失越小,电磁波能量在穿透天线罩过程中转化为热量而损耗的能量就越小。

2.5 中空复合材料天线罩制品外观

图3为3 mm高的中空织物预浸料,经过特定的固化成模设备固化后得到的天线罩制品的外观。由于预浸料具有良好的随形性,在模具上固化时,能够根据特殊形状要求,制备不同外观的天线罩制品。

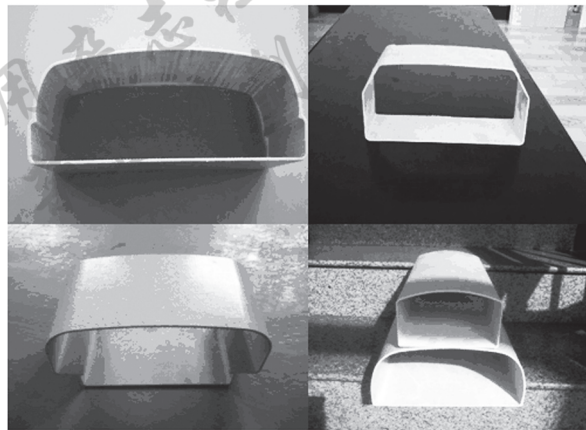


图3 中空复合材料天线罩制品外观

3 结论

(1) 中空夹芯织物预浸料熟化的最佳工艺为60℃保温24 h,所得预浸料浸胶均匀,柔软不粘手,外表光滑,无起泡、起皱现象,综合性能优异;后固化为中空复合材料的工艺为150℃固化10 min。

(2) 不同的树脂含量对预浸料的站立高度影响不同,当预浸料中的树脂含量为50%时,中空织物的站立性最好,增加或减少树脂的含量都使得预浸料的站立高度有所下降。

(3) 预浸料不同的储存时间对中空复合材料力学性能的影响不同,初始拉伸强度为203.04 MPa,压缩强度为6.63 MPa;储存3个月以内,预浸料的性能下降较少,当储存到6个月时,预浸料的性能已大部分损失。

(4) 随着中空夹芯织物高度的增加,复合材料的介电常数与损耗角正切值都减小。

(5) 中空夹芯织物具有良好的随形性,能够根据特殊形状要求制备不同外观的天线罩制品。

参考文献

- [1] 匡宁,周光明,张立泉,等. 三维中空复合材料力学性能研究[J]. 材料工程,2007(s1):117-123.
Kuang Ning, Zhou Guangming, Zhang Liquan, et al. Investigation on mechanical properties of 3-D sandwich woven composites[J]. Journal of Materials Engineering, 2007(s1):117-123.
- [2] 匡宁,陈同海,钱育胜. 中空复合材料的成型工艺及应用进展[J]. 工程塑料应用,2015,43(1):120-124.
Kuang Ning, Chen Tonghai, Qian Yusheng. Progress in molding technology and application of hollow composites[J]. Engineering Plastics Application, 2015,43(1):120-124.
- [3] 王远东,朱涛. 阻燃抗静电预浸料及其性能[J]. 工程塑料应用,2010,38(6):46-48.
Wang Yuandong, Zhu Tao. Flame retardant anti-static pre-impregnated compound and its performance[J]. Engineering Plastics Application, 2010,38(6):46-48.
- [4] 匡宁,张建钟,周光明,等. 整体夹芯中空复合材料的性能研究与开发应用[J]. 材料工程,2008(s1):370-376.
Kuang Ning, Zhang Jianzhong, Zhou Guangming, et al. Investigation on mechanical properties and applications of 3-D sandwich composites[J]. Journal of Materials Engineering, 2008(s1):370-376.
- [5] 冀克俭,邓卫华,张银生,等. 酚醛树脂/玻璃纤维预浸料储存过程中的性能表征[J]. 工程塑料应用,2002,30(10):40-45.
Ji Kejian, Deng Weihua, Zhang Yinsheng, et al. Phenolic resin / glass fiber in materials storage, the performance in the process of characterization[J]. Engineering Plastics Application, 2002, 30(10):40-45.
- [6] 匡宁,张建钟,杨朝坤. 整体夹芯中空复合材料的研究[J]. 航空制造技术,2007(s1):52-57.
Kuang Ning, Zhang Jianzhong, Yang Chaokun. Hollow sandwich composite materials research[J]. Aviation Manufacturing Technology, 2007(s1):52-57.
- [7] 李敏,沈超,钟翔屿. 零吸胶碳纤维增强高温固化环氧复合材料预浸料研制[J]. 材料工程,2011(s1):73-77.
Li Min, Shen Chao, Zhong Xiangyu. Research on zero-bleed prepreg of high-temperature epoxy reinforced by carbon fiber[J]. Journal of Materials Engineering, 2011(s1):73-77.
- [8] 李伟东,刘刚,包建文. 贫胶预浸料 RTM 成型工艺及其复合材料力学性能研究[J]. 航空材料学报,2014,34(3):57-65.
Li Weidong, Liu Gang, Bao Jianwen. Poor glue RTM pre-impregnated material molding process and its compound material mechanics performance[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2014,34(3):57-65.
- [9] 张宝艳,李敏,陈祥宝. 树脂配方方法的改进对双马树脂及预浸料性能影响[J]. 航空材料学报,2007,27(6):59-65.
Zhang Baoyan, Li Min, Chen Xiangbao. Resin formula method improvement of double horse resin and pre-impregnated performance impact[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2007,27(6):59-65.
- [10] 张银生,尤瑜升,刘元俊,等. 环氧树脂/芳纶纤维预浸料的质量控制试验方法研究[J]. 工程塑料应用,2000,28(6):29-34.
Zhang Yinsheng, You Yusheng, Liu Yuanjun, et al. Aramid fiber / epoxy resin pre-impregnated material quality control test method research[J]. Engineering Plastics Application, 2000,28(6):29-34.
- [11] 匡宁,周光明,张立泉. 整体中空夹层复合材料的开发与应用[J]. 玻璃纤维,2007(5):15-21.
Kuang Ning, Zhou Guangming, Zhang Liquan. The development and application of the overall insulating laminated composite materials[J]. Glass Fiber, 2007(5):15-21.
- [12] 周光明,钟志珊,张立泉. 整体中空夹层复合材料力学性能的实验研究[J]. 南京航空航天大学学报,2007,39(1):11-17.
Zhou Guangming, Zhong Zhishan, Zhang Liquan. Experimental investigation on mechanical properties of hollow integrated sandwich composites[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2007,39(1):11-17.
- [13] 张立泉,朱梦蝶,郭洪伟. 浅析三维机织组织结构的可设计性[J]. 玻璃纤维,2003(4):15-19.
Zhang Liquan, Zhu Mengdie, Guo Hongwei. Can design of 3-D woven structure is analysed[J]. Glass Fiber, 2003(4):15-19.

锦湖日丽“钢化塑料”有望亮相

PC 合金塑料是重要的塑料合金之一,因性能优异而得到广泛应用。近年来,随着填充、增强增韧 PP 等品种性能的提升,PC/ABS 的性能优势正受到 PP 低成本挑战。锦湖日丽组织了包括日本、韩国的专家进行研究,探索新一代 PC/ABS,其中的秘密武器就是一种被称为“钢化塑料”的超级 PC/ABS 合金。

众所周知,工程塑料在受到静态及低速外力作用下,体现出良好的韧性,但在高速撞击时,拉伸断裂伸长率迅速下降,体现为脆性。因而,在汽车行业推广以塑代钢轻量化理念时,安全性受到普遍质疑。日本科学家研究发现,通过精

细控制 PC 及 ABS 的相态,达到纳米尺寸、双连续相分布时,PC/ABS 在高速撞击力下,惊奇地体现出了像橡胶一样的延展性。也就是说,可以通过精细控制相态,开发出一种既有工程塑料一样高的结构强度,又在受高速撞击力时,体现出硫化橡胶一样高的韧性的超级塑料合金,锦湖日丽把它形象的定义为“钢化塑料”。

“钢化塑料”在一定受力范围内,不仅具有比钢铁更好的缓释吸收能量的性能,而且被破坏时不会产生尖锐的碎片,因而可以更好地保护人体,制成汽车内外饰件可以大大提高安全性。用“钢化塑料”制成运动器材,还可以保护人体的骨骼,当关节在受到撞击时,冲击力迅速得到缓冲。(环塑网)