

## 两种预浸工艺对玻璃布预浸料性能的影响

刘宝锋, 李佩兰, 廖子龙

(北京航空材料研究院, 北京 100095)

**摘要:**着重研究了用溶液法和热熔胶膜法工艺所制备的 5231/823 玻璃布预浸料的物理性能、工艺性能、力学性能和滚筒剥离性能,旨在探讨不同预浸工艺对预浸料及其复合材料性能的影响,试验结果表明:这 2 种工艺所制的 5231/823 预浸料的工艺性能和剥离性能相当,但在预浸料树脂含量控制精度方面,热熔法工艺高于溶液法工艺;在预浸料挥发分方面,热熔法工艺的较低,一般低于 0.8%。在复合材料常规力学性能方面,一般前者高于后者。

**关键词:**预浸工艺;玻璃布预浸料;力学性能;滚筒剥离性能

**中图分类号:** TQ327.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7432(2006)04-0018-03

### The effects of two impregnating technology on the properties of the 5231/823 glass cloth prepreg

Liu Bao-feng, Li Pei-lan, Liao Zi-long

(Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095)

**Abstract:** The physical properties, processing properties, mechanical properties and peel properties of the 5231 glass cloth prepreg made by the solution method and the hot-melt method respectively were emphatically studied in the paper. The test results showed that the 5231/823 prepreps made by the two methods mentioned above individually were about equal in the processing properties and the climbing drum roll peel properties. But for the tolerance of the prepreg resin content, the prepreg made by the hot-melt method was superior to the one made by the solution method. For the volatile content, the prepreg made by the hot-melt method was lower, generally less than 0.8%. The mechanical properties of the 5231/823 prepreg made by the hot-melt method were generally higher than that of the one made by the solution method.

**Key words:** impregnating technology; glass cloth prepreg; mechanical properties; the climbing drum roll peel properties

### 0 引言

以增强纤维或织物浸渍聚合物基体而成的预浸料是制备复合材料构件的中间材料,其性能直接影响复合材料制件的质量<sup>[1]</sup>。根据制备织物预浸料所用树脂基体的供应状态,一般将其制备工艺分为溶液法和热熔法 2 种。溶液法是织物经过树脂溶液浸渍后,将其中的溶剂挥发掉,并使预浸料达到 B 阶段的一种工艺,其优点是设备投入少、适用于绝大多数树脂基体等,缺点是预浸料树脂含量难以精

确控制、挥发分含量偏高、污染环境等。为了克服溶液法工艺的这些缺点,热熔法工艺应运而生。该工艺通常是先将熔融的树脂基体制成均匀平整的胶膜,然后再将胶膜与纤维或织物在一定温度和压力下进行复合浸渍,制得合格预浸料。其优点是预浸料树脂含量控制精度较高、挥发分含量低,无环境污染的问题,缺点是设备投入成本高。

北京航空材料研究院于 1998 年利用国内技术力量研制成功了我国首台 1.20 m 宽的热熔预浸机,是国内较早进行热熔预浸工艺研究及批量生产热熔法各种预浸料的单位之一。5231/823 预浸料是一种 160 ℃ 下固化的改性阻燃环氧玻璃布预浸料<sup>[2]</sup>,它不但适用于溶液法制备,也适用于热熔胶膜法制

【收稿日期】2006-03-27;【修回日期】2006-04-18

【作者简介】刘宝锋(1967—),男,山东莱州人,工程硕士,高级工程师,主要从事复合材料树脂基体及预浸工艺研究,已发表技术论文 10 余篇。

备,已批量应用于国产某型号飞机的承力结构件上,性能优良,质量稳定。

本文着重研究利用溶液法和热熔法预浸工艺制备的5231/823玻璃布预浸料的主要性能,包括预浸料的物理性能、工艺性能和力学性能,旨在探讨不同预浸工艺对预浸料及其复合材料性能的影响,为复合材料科研、生产中预浸工艺的选择提供技术依据。

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

5231阻燃改性环氧树脂体系,北京航空材料研究院自制;823玻璃布,2×2斜纹,单位面积质量为 $(200 \pm 10) \text{ g/m}^2$ ,幅宽1.2 m,法国进口;Nomex芳纶纸蜂窝,高度19 mm,密度 $48 \text{ kg/m}^3$ ,北京航空材料研究院自制。

### 1.2 主要设备和仪器

热熔胶膜预浸机,幅宽(Max)1.25 m,国产;溶液法织物预浸机,幅宽(Max)1.2 m,国产;平板压机,最大压力2 t,北京航空材料研究院自制;Instron 5582 万能试验机,美国进口。

### 1.3 试验方法

预浸料物理性能按 HB 7736—2004 进行;弯曲性能按 GB/T 3356—1999 进行;层间剪切强度按 JC/T 773—1982 进行;拉伸性能按 GB/T 3354—1999 进行;压缩性能按 GB/T 3856—2005 进行;纵横剪切性能按 GB/T 3355—2005 进行;剥离强度按 Q/6S 1145—1994 进行。

### 1.4 树脂基体的配制

#### 1.4.1 5231 树脂溶液的配制

根据5231树脂体系配方,首先将已称量好的各组分用适量二氯乙烷溶剂完全溶解,然后再将各组分混合在一起,并充分搅拌,形成均匀黏稠的液体。

#### 1.4.2 5231 热熔树脂胶的配制

先将已称量好的基体环氧树脂加热到一定温度,然后向里慢慢加入改性树脂,并不断快速搅拌,直至改性树脂完全熔融,待其降至 $95 \sim 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,再加入其他填料及固化剂等组分,继续搅拌,直至树脂体系的各组分混合均匀。

## 1.5 5231/823 玻璃布预浸料的制造

### 1.5.1 溶液法工艺

首先用二氯乙烷溶剂将已配制好的5231树脂胶液调节至所需的浓度,然后通过调整1.20 m溶液法织物预浸机的车速、烘箱温度等工艺参数制备出符合要求的5231/823预浸料,树脂质量分数为55%左右,挥发分质量分数 $\leq 1.5\%$ 。

### 1.5.2 热熔法工艺

首先用热熔胶膜机制造出均匀、平整、连续的5231树脂胶膜,单位面积质量为 $(100 \pm 3) \text{ g/m}^2$ ,然后将上、下2层胶膜与823玻璃布在热熔浸胶机上复合预浸,通过调整预浸温度、压力、运行速率等工艺参数,制备出符合要求的5231/823预浸料,树脂质量分数为55%左右。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同预浸工艺对5231/823玻璃布预浸料物理性能的影响

预浸料的物理性能主要包括面密度、树脂含量、挥发分含量、纤维面密度等。其中挥发分含量的高低直接影响到复合材料最终制件的孔隙率及质量,是预浸料必须要严格控制的技术指标。为此,分别利用溶液法和热熔胶膜法工艺制备了5231/823玻璃布预浸料50 m,并在其长度和宽度方向上任意取样,试验结果见表1。

表1 5231/823玻璃布预浸料物理性能(平均值)

项 目	面密度/ ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )	树脂质量分数 控制精度/%	$\omega$ (挥发分)/%
指 标	$400 \pm 20$	$\pm 5$	$\leq 1.50$
溶液法工艺	412.7	$\pm 4$	1.34
热熔法工艺	408.3	$\pm 3$	0.33

由表1可见,用溶液法和热熔法工艺所制的预浸料都能满足相应航空材料的指标要求,热熔法工艺所制预浸料的树脂含量控制精度较高,说明其预浸料的树脂含量分布较均匀,这样更有利于保证复合材料制件厚度的均匀性。另外,溶液法工艺所制的预浸料挥发分含量大大高于热熔法,挥发分含量高不利于制造高质量的复合材料制件,可见不同预浸工艺直接影响预浸料的物理性能。

### 2.2 不同预浸工艺对5231/823玻璃布预浸料工艺性能的影响

预浸料工艺性能一般包括黏性/铺覆性、树脂流动度和凝胶时间等。黏性是预浸料质量控制的关键指标,直接影响施工工艺。树脂流动度是复合材料成型时树脂的流动能力表征。适当的流动性可以驱除层与层之间的空气,降低孔隙率,提高复合材料的力学性能。凝胶时间是指预浸料中树脂从开始反应到固化结束所需的时间,也是复合材料成型工艺中的重要参数,为此,分别用上述2种工艺制备的5231/823玻璃布预浸料试验了其黏性、流动度和凝胶时间,结果见表2。

表 2 5231/823 预浸料的工艺性能试验

项 目	树脂流动度/%	凝胶时间 (160 ℃)/min	黏性
溶液法工艺	13.4, 16.8, 12.4, 15.7, 13.6 平均值: 14.4	4~8	合格
热熔法工艺	10.2, 13.4, 11.7, 14.8, 13.1 平均值: 12.6	3~7	合格

由表 2 结果可以看出, 2 种工艺所制得的预浸料黏性、树脂流动度和凝胶时间基本相当, 也就是说其工艺性能相当。溶液法所制预浸料中, 由于残留了一定的溶剂, 与热熔法制得的预浸料相比, 黏性较好。

### 2.3 不同预浸工艺对 5231/823 玻璃布预浸料力学性能的影响

复合材料层压板力学性能决定了复合材料制件的最终性能, 它通常包括拉伸性能、压缩性能、剪切性能和弯曲性能等。分别利用溶液法和热熔法工艺制备了同样规格的 5231/823 玻璃布预浸料, 并在相同的固化工艺条件下制得复合材料层压板, 并测试其力学性能, 试验结果见表 3。

表 3 不同预浸工艺制得的 5231/823 预浸料的力学性能

项 目	指 标	溶液法工艺 (典型值)	热熔法工艺 (典型值)
经向拉伸强度	室温/MPa $\geq 350$	456	461
	100 ℃/MPa	390	410
经向拉伸模量	室温/GPa $\geq 20$	21.9	22.3
	100 ℃/GPa	20.8	20.9
纬向拉伸强度	室温/MPa $\geq 350$	438	461
	100 ℃/MPa	367	410
纬向拉伸模量	室温/GPa $\geq 20$	20.9	22.3
	100 ℃/GPa	20.2	20.9
经向压缩强度	室温/MPa —	436	464
	100 ℃/MPa	328	380
经向压缩模量	室温/GPa —	21.0	22.3
	100 ℃/GPa	20.8	20.8
弯曲强度/MPa	$\geq 450$	660.0	625.5
弯曲模量/GPa	$\geq 17$	22.0	21.5
层间剪切强度/MPa	$\geq 55$	64.0	65.8

表 3 结果表明, 2 种预浸工艺所制预浸料的力学性能都达到了相应材料标准规定的指标, 而且用热熔法所制的预浸料力学性能大都高于溶液法工

艺, 因为热熔预浸工艺所制预浸料的挥发分含量较低, 其层压板的孔隙率较低。

### 2.4 不同预浸工艺对 5231/823 玻璃布预浸料剥离性能的影响

5231 树脂体系的黏度较大, 流动性可控制, 故 5231/823 玻璃布预浸料可以直接与蜂窝共固化制备夹层结构件, 因此, 滚筒剥离强度就成为检验 5231/823 玻璃布预浸料的重要技术指标。分别用 2 种工艺制得的 5231/823 预浸料与 Nomex 蜂窝制成夹层结构试验件, 并测试了 3 批预浸料的滚筒剥离强度, 试验结果见表 4。

表 4 不同工艺所制的 5231/823 预浸料的滚筒剥离强度

项 目	指标值	溶液法工艺			热熔法工艺		
		1 批	2 批	3 批	1 批	2 批	3 批
上 板/ (N·mm·mm <sup>-1</sup> )	$\geq 30$	35.8	41.3	33.5	39.5	42.0	39.8
下 板/ (N·mm·mm <sup>-1</sup> )	$\geq 30$	39.3	43.9	38.8	45.0	41.7	42.3

注: N·mm/mm 为单位宽度上的剥离力矩。

从表 4 试验结果可见, 2 种工艺所制的 5231/823 预浸料的滚筒剥离强度都达到了相应材料标准的指标要求, 滚筒剥离强度的实测值基本相当。

## 3 结 论

a. 用热熔法工艺制得的 5231/823 预浸料树脂含量的控制精度高于溶液法工艺, 而前者的挥发分含量大大低于后者;

b. 热熔法和溶液法工艺所制预浸料的工艺性能相当;

c. 热熔法和溶液法所制的预浸料力学性能比较, 一般前者高于后者;

d. 热熔法和溶液法工艺所制预浸料的滚筒剥离性能基本相当, 均可满足材料技术指标的要求。

试验结果表明热熔预浸工艺是制备高质量预浸料的理想工艺。

### 参考文献:

- [1] 陈祥宝. 聚合物基复合材料手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 50-52.
- [2] 刘宝锋, 李佩兰. 5231 环氧树脂体系及其玻璃布复合材料性能研究 [J]. 高科技纤维与应用. 2004, 29(4): 31-34.

## 拜耳材料科技与毕克化学携手首届聚氨酯学术研讨会

上海一大中华区涂料行业的 140 位决策者参加了在海南三亚召开的聚氨酯学术研讨会。该研讨会由两大享有盛誉的行业领军者拜耳材料科技和毕克化学主办, 来自欧洲和亚太地区的许多专家参加了会议。这次会议还反映了中国涂料市场当前的大趋势。拜耳材料科技自身就派出了 20 多位专家参加此次会议, 并利用此次机会宣布其全新的涂料科技实验室将于 2006 年 9 月在上海投入使用。

(摘编自中国石油化工信息网)