

# 制备 M40/ 环氧 648 预浸无纬布工艺过程中影响质量的主要因素

沃西源

( 北京空间机电研究所 北京 100076 )

**文 摘** 介绍了 M40/ 环氧 648 预浸无纬布在制备时影响其质量的主要因素,如树脂含量、外观质量及制备时的环境条件等。通过合理控制这些影响因素,可制备出工艺状态稳定、质量符合要求的预浸无纬布。

**关键词** M40/ 环氧 648,预浸无纬布,质量控制

## Processing Influence of Several Key Factors on Quality of M40/ 648 Prepreg

Wo Xiyuan

( Beijing Institute of Space Machine & Electricity Beijing 100076 )

**Abstract** M40/ Epoxy 648 composite materials is one of the important materials of satellite structures in China. Its performance is dominantly influenced by the quality of M40/ Epoxy 648 prepreg. Several key factors to influence the quality of M40/ Epoxy 648 prepreg are introduced, such as resin content, surface quality, environmental conditions and etc. Good prepreg with stable processing and according with demands can be fabricated by controlling these factors reasonably.

**Key words** 40/ Epoxy 648, Prepreg, Quality

### 1 前言

M40/ 环氧 648 复合材料已成为我国卫星结构的主要材料之一,其预浸无纬布是制造纤维增强复合材料结构件的主要中间材料。国外在此方面作了大量研究工作,发展速度甚快,大都由专业化厂家生产,已有很多定型预浸料产品供用户选用。其生产方法大致可分为两类:即湿法和干法。湿法是用树脂固化体系溶液浸渍纤维,利用丝杆的螺距使纤维平行地绕在筒体上,每绕过一圈正好移动一个螺距,也即移动一束纤维宽,绕满后沿筒体母线切开,即制成预浸无纬布。干法是在克服湿法存在预浸无纬布尺寸受辊筒限制,树脂含量控制较难和效率低等情况下发展起来的无溶剂生产预浸无纬布的新方法。其优点除不用溶剂外,树脂含量容易控制,生产效率高,环境污染小,是目前推广应用的一种制备预浸无纬布新工艺。鉴于目前预浸无纬布用量有限,距批

量生产有一段距离,故大多数单位仍停留在采用湿法制备预浸无纬布工艺。为保证型号任务研制可靠性要求,对预浸无纬布的质量控制、工艺状态稳定提出了较高要求。近年来改进了湿法缠绕制备单向预浸无纬布的设备,研制 M40/ 环氧 648 预浸无纬布,着重研究解决影响预浸无纬布树脂含量的主要因素、改善外观质量,取得了较好的效果。

### 2 设备与材料

#### 2.1 设备

制备预浸无纬布的设备主要由机体、传动装置、辊筒、浸胶装置、供胶装置、纱架、纵向移动装置、辊压装置和调节间距装置等组成。这台排布设备可制备宽度为 800 mm、展开长度为 5 200 mm 的预浸无纬布。其纤维出胶槽后经过导轮,可充分浸透纤维,并使树脂基体均匀分布。供胶装置采用了恒液面装置,有利于控制预浸无纬布的树脂含量,展平压辊可

收稿日期:1999 - 12 - 10,修回日期:2000 - 04 - 13

沃西源,1942 年出生,高级工程师,主要从事先进复合材料成型工艺研究工作

起到保证预浸无纬布外观均匀平整,且可控制无纬布树脂含量和厚度。排布设备采用调速箱,可调节使用不同丝束的碳纤维间距,制备出符合用户要求的预浸无纬布。

## 2.2 材料

制备 M40/环氧 648 预浸无纬布的主要原材料有<sup>[1]</sup>:M40—3000 40B 碳纤维,环氧 648 树脂,三氟化硼单乙胺,丙酮,硅油隔离纸,高压聚乙烯薄膜。

## 3 影响预浸无纬布质量的主要因素

M40/环氧 648 预浸无纬布的质量直接影响其复合材料制品的质量<sup>[2]</sup>,而影响预浸无纬布的质量因素主要有树脂含量、外观质量和制备环境条件等。

### 3.1 预浸无纬布树脂含量的控制<sup>[3]</sup>

预浸无纬布的树脂含量不仅关系到其成型工艺,而且直接影响到固化成型后复合材料的纤维体积含量。用湿法制备预浸无纬布要得到树脂均匀分布、树脂含量稳定的制品是有一定技术难度的。除设备和人为因素外,胶液密度、展开辊压的压力、纤维运行速度、纤维张力和环境条件等均会影响预浸无纬布的树脂含量。

#### 3.1.1 胶液密度对预浸无纬布树脂含量的影响

采用湿法制备预浸无纬布工艺,在纤维引出胶槽后,经过导轮直接绕在辊筒上,胶液密度大小对预浸无纬布的树脂含量影响是显而易见的,M40/环氧 648 预浸无纬布胶液密度与树脂含量的关系见图 1。

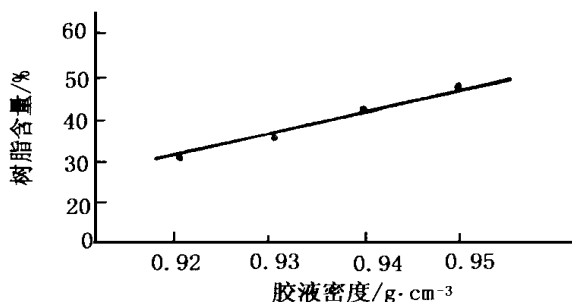


图 1 胶液密度与树脂含量关系曲线

Fig. 1 Resin content of prepreg vs density of resin solution

从图中可以看出,随胶液密度增大,预浸无纬布的树脂含量直线增加,据此说明胶液密度是控制预浸无纬布树脂含量的关键指标。要制备不同树脂含量的预浸无纬布,可以首先考虑变化胶液的密度。为了保持胶液密度尽可能稳定,必须设法减少溶剂的蒸发量,加大胶槽相对可减少蒸发面积,采用恒压面装置,不断补充新的胶液等工艺措施,使胶液密度

宇航材料工艺 2000年 第4期

变化范围降至最低限度,从而保证预浸无纬布的树脂含量。

### 3.1.2 纤维运行速度对预浸无纬布树脂含量的影响

制备预浸无纬布过程中,纤维运行速度的快慢会使树脂含量发生变化。我们主要通过工艺试验摸索后确定纤维运行线速度。其原则是在保证纤维充分浸渍透的前提下,胶液不飞溅。在制备预浸无纬布过程中纤维运行速度太快会引起胶液飞溅现象,这样既浪费胶液又污染环境和损伤设备,而纤维运行速度太慢会降低生产效率,故在胶液密度确定的前提下,按文献[1]要求实施,纤维运行的速度为 1 m/s。

### 3.1.3 纤维施加张力对预浸无纬布树脂含量的影响

在预浸无纬布制备过程中,理想的工艺是纤维进胶槽前希望纤维施加张力不宜太大,使纤维呈松弛状态,易浸透胶液,但纤维从胶槽引出后又要求施加足够的张力,以使纤维呈张紧状态均匀地排布在辊筒上,但此时纤维张力过大会引起切开的预浸无纬布因纤维收缩而产生局部弯曲,所以制备预浸无纬布过程中最佳的张力应是纤维呈直线运行,无松弛现象,此时给纱筒应施加最小的拉力。应考虑的另一问题是施加张力的多少,还与纱筒的自重有关,纱筒质量愈大,惯性越大,此时张力会相应增大。

### 3.1.4 纤维质量对预浸无纬布树脂含量的影响

纤维的质量主要包括碳纤维丝束直径的均匀性、纤维表面毛丝多少、纤维吸湿程度和纤维表面的上胶量等。实践表明,碳纤维表面上胶量、毛丝多少都会直接影响预浸无纬布的树脂含量。因为碳纤维表面上胶量高,不利于胶液浸润,预浸无纬布的树脂含量难以保证。上胶量太少,碳纤维毛丝多。在制备预浸无纬布过程中会形成毛团,毛团又会带有大量胶液,毛团所在部位的树脂含量会明显增大,树脂含量的均匀性就难以保证。通过多年的经验积累表明,M40—3000 碳纤维的表面上胶量为 1%左右,从外观上看其上胶量是颇为均匀的,所以我们在制备 M40/环氧 648 预浸无纬布的树脂含量能够得到较好地控制。

## 3.2 预浸无纬布的外观质量

预浸无纬布的外观要求平整均匀、无明显缝隙、纤维无屈曲和重迭现象,为此在制备预浸无纬布过

程中一旦形成毛团,要设法及时清除毛团,以免预浸无纬布表面不平而引起缝隙。此外值得注意的是硅油隔离纸要保证质量,否则因硅油隔离纸的质量问题而引起预浸无纬布制品表面波纹和起皱,不仅给后道工序带来麻烦,甚至还会影响复合材料构件的性能。

采用湿法制备预浸无纬布工艺是将纤维束连续地绕在辊筒上。实践表明 M40—3000—40A 是有捻碳纤维,其扩展性能较 M40—3000—40B 无捻碳纤维差,纤维较难展开,即使无捻碳纤维在辊筒表面也不易展平。预浸无纬布缠在辊筒上呈凹凸不平状态,故必须采用辊压装置来排除上述凹凸不平现象。在操作过程中辊压压力不宜过大,过大的辊压压力会严重损伤碳纤维,甚至会使制品报废,但辊压压力也不能太小,这样起不到排除预浸无纬布表面不平状态的作用。通常对有捻和粗束碳纤维辊压压力要适当加大,对无捻和细束碳纤维辊压压力应适当减小,能够保证预浸无纬布的外观质量得到一定控制。

### 3.3 环境条件

制备预浸无纬布应在清洁明亮的厂房进行,厂房一般都有空调设施,保持恒温、恒湿,对清洁度有一定要求,以保证预浸无纬布的制备质量。

#### 3.3.1 温度

环境温度对预浸无纬布的树脂含量有影响。环境温度过高,溶液蒸发速度加快,胶液密度增大,使预浸无纬布树脂含量增高,且过高的环境温度会使溶剂大量蒸发,严重污染环境,对操作者身体健康带来一定危害,同时还会加速树脂基体材料的反应,缩短预浸无纬布制品的贮存期。而温度太低对操作带来不便,制备工艺难以控制制品质量。实践表明制备预浸无纬布的环境温度控制在(20±5)范围内是可行的。

#### 3.3.2 湿度

湿度不仅影响到制备工艺,给预浸无纬布性能带来诸多不良后果,还由于环氧树脂有较大的吸湿能力,在制备预浸无纬布工艺过程中伴随丙酮挥发,其吸湿现象甚为严重。如相对湿度过大,预浸无纬布表面会凝结水分,形成一层白色糊状物,胶液粘度增大,甚至会改变树脂基材料的固化特性,还会引起复合材料制件产生空隙,缩短预浸无纬布制品的贮存期,由此可见,湿度对预浸无纬布的质量影响是甚

为严重的。实践证明制备预浸无纬布的厂房相对湿度应控制在不大于 70%。

#### 3.3.3 洁净度

制备预浸无纬布厂房环境不洁净,制品表面会附有灰尘和外来杂质,影响铺层质量和复合材料制品的力学性能。大的颗粒和外来杂质会影响复合材料制品表面性能和外观质量,所以制备预浸无纬布的厂房必须经常除尘,操作人员应严格遵守各项规章制度,保持厂房环境洁净度和设备运转正常,以此来保证预浸无纬布的质量。

通过合理控制这些影响因素,可确保制品质量。目前生产的 M40—3000/环氧 648 预浸无纬布能达到表 1 中的各项质量指标。

表 1 M40—3000/环氧 648 预浸无纬布性能<sup>[14-6]</sup>

质量项目	质量指标	测量方法
外观	无明显缝隙、无毛丝、无屈曲、表面无可见杂质	目测、量具、放大镜
纤维用量	允差 ±5 g/m <sup>2</sup>	称重计算法
树脂含量	38% ±3%	GB6053
挥发份含量	小于 2%	GB6056
凝胶时间	120 以下,大于 10 min	GB5292

\* M40—3000/环氧 648 预浸无纬布的厚度按用户要求可达到 0.08 mm~0.16 mm;挥发份含量一般为 24 h 后测定值。

## 4 结论

由前述内容可见,影响预浸无纬布树脂含量和外观质量因素很多,因此在制备过程中,首先要按照材料技术条件或标准确保质量,且要严格控制各工艺参数,作好各项条件保障工作,才能制备出工艺状态稳定、质量符合要求的预浸无纬布。

致谢 参加本课题研究工作的还有王平、郭志松、黄秀珍、章令辉等同志,谨此深表谢意。

### 参考文献

- 1 Q/W212—91. M40/环氧 648 预浸无纬布制造工艺规范. 中国空间技术研究院标准, 1992:6
- 2 Jones R W. Prepreg tape and fabric technology for advanced composites. Composites, 1983; 14(2): 87~91
- 3 航空航天工业部科技研究院编. 复合材料设计手册. 北京:航空工业出版社, 1990:12
- 4 预浸料树脂含量试验方法. GB7192—87
- 5 预浸料挥发份含量试验方法. GB6056—85
- 6 预浸料凝胶时间试验方法. GB5292—85