

# RTM 工艺用耐高温树脂研制

郭世峰

( 中国海鹰机电技术研究院 北京 100074 )

**文 摘** 以某飞行器透波结构件对材料的要求为背景,研制了可用于 RTM 成形工艺的耐高温树脂 SH。SH 树脂 100 ℃ 下 8 h 后粘度仅 200 mPa·s,适于 RTM 工艺成形;该树脂耐热性良好,玻璃化转变温度  $T_g$  为 269 ℃,430 ℃ 热失重仅为 10 %;石英纤维/SH 树脂复合材料 300 ℃ 时的弯曲强度  $\sigma_b = 139$  MPa,弯曲模量  $E_b = 9.5$  GPa,可在 300 ℃ 以上短时使用。

**关键词** RTM 成形工艺,耐高温树脂,粘度,玻璃化转变温度,热失重,弯曲强度,弯曲模量

## Heat-Resistant Resin for RTM Process

Guo Shifeng

( The Third Design Department, The Third Academy of CASC Beijing 100074 )

**Abstract** Heat-resistant resin for RTM process is prepared, which could be used for missile radomes. Viscosity of the resin is only about 200 mPa·s after 8 h at 100 ℃, which is very suitable for RTM process. The cured resin has good heat resistance with  $T_g$  of 269 ℃ and weight loss of 10 % at 430 ℃. Flexural strength of 139 MPa and modulus of 9.5 GPa at 300 ℃ is obtained for quartz fiber/resin composite, which could be used for a short term at this temperature.

**Key words** RTM, Heat-resistant resin, Viscosity,  $T_g$ , Weight loss, Flexural strength, Flexural modulus

### 1 应用背景

航空航天技术的发展对材料提出了越来越高的要求,但应用背景不同,对材料的性能要求也不一样,如飞行器不仅对材料的耐疲劳性、使用期等有严格要求,而且对材料的耐温性能有特殊要求,要求材料能经受短时的高温冲击。飞行器不但要求其透波结构件材料具有优良的介电性能,还要求该材料能经受短时的高温(300 ℃ 以上,2 min)冲击。另外,要研制出透波性能良好的透波结构件,除了要求材料具有优良的介电性能外,还要在工艺上严格保证飞行器的壁厚公差,这样就只能采用 RTM 成形工艺<sup>[1]</sup>。本研究即以飞行器的应用需求为牵引,研制满足 RTM 成形工艺要求的短时耐高温树脂。

### 2 RTM 成形工艺用耐高温树脂研制

RTM 工艺用耐高温树脂研制采用的技术路线为:

(1) 由酚和醛的基本反应出发,通过控制反应条件合成线性酚醛树脂;

(2) 对该线性酚醛树脂进行分子修饰,得到烯丙基化酚醛树脂;

(3) 将该烯丙基化酚醛树脂与一定量的双马树脂进行预聚,最终得到所需的 RTM 工艺用耐高温树脂。

由于该树脂体系的基本构架为酚醛结构,因此它具有酚醛树脂高温强度保持率高、尺寸稳定性好等优点;通过将部分酚羟基烯丙基化,可以有效地削

收稿日期:2000-12-04

郭世峰,1973 年出生,硕士,主要从事复合材料透波结构件研制工作

弱树脂的分子间氢键,从而降低树脂的熔体粘度,与此同时,所修饰的烯丙基可以与双马来酰亚胺基团上的C=C双键进行加聚反应,从而实现固化时不放出低分子挥发物的目标;通过在树脂中引入双马来酰亚胺的结构,该改性酚醛树脂可望引入双马来酰亚胺树脂高 $T_g$ 的特点。因此,采用该技术路线并在一定程度上实现对树脂分子结构的设计和控制,就能得到一种适应先进复合材料RTM工艺要求的耐高温树脂。

### 3 RTM工艺用耐高温树脂性能测试

通过前述的技术路线,经中试生产得到了RTM工艺用耐高温树脂SH,并测试了有关性能。

#### 3.1 工艺性能测试

固体含量:94.4%;100 熔体粘度:125 mPa·s;100 /8 h;熔体粘度:200 mPa·s;180 凝胶时间:43.5 min。

#### 3.2 耐热性能测试

对SH树脂浇铸体进行了差热扫描量热分析(DSC)与热重量分析(TGA),结果表明,树脂的玻璃化转变温度( $T_g$ )为269,5%与10%失重温度分别为387与433。

#### 3.3 力学性能测试

通过RTM成形工艺制作出了石英纤维/SH树脂复合材料并测试了部分力学性能,结果见表1。

表1 复合材料的弯曲性能

Tab.1 Flexural properties of quartz fiber/SH resin composite

温度 /	强度 $\sigma_b$ / MPa	$\sigma_b$ (高温) / %	$\sigma_b$ (室温) / %	模量 $E_b$ / GPa	$E_b$ (高温) / $E_b$ (室温) / %
室温	443	-	-	15.8	-
150	322	72.7	-	14.0	88.6
200	264	59.6	-	12.8	81.0
300	139	31.4	-	9.51	60.2

### 4 结果与讨论

SH树脂具有较高的固体含量(90%以上),其在100 下的熔体粘度8h后仍能维持在200 mPa·s,在180 下的凝胶时间能达到40 min以上,这样的性能完全能满足RTM工艺的使用要求。

SH树脂的 $T_g$ 约270,430 以上仅失重10%,说明树脂耐热性较好。

SH树脂的石英纤维增强复合材料室温弯曲强度与弯曲模量均较高,且在300 仍能保持约140 MPa的强度及9.5 GPa的模量,该复合材料能满足飞行器300 以上短时使用的需要。

#### 参考文献

1 黄家康等主编,复合材料成型技术.化学工业出版社,1999

## 新型航天材料结构演化与安全评定

本成果不仅可用于航天产品先进复合材料结构和时效分析(如固体火箭发动机缠绕壳体与弹翼),而且可用于普通复合材料和结构分析,如建筑、机械、压力容器,特别是航空结构,飞机在飞行一定周期后,确定其剩余寿命。

本成果创造性地利用剩余刚度预报剩余强度和寿命,建立了剩余刚度衰退理论;建立了材料主要力学性能的随机概率模型;给出了刚度强度以及寿命的定量关系;分析了诸多载荷并考虑自由边缘效应情况下的材料可靠性分析规律。研制出HIT—YAN分析含缺陷复合材料层合板的分析软件;建立了层板脱层失效分析的能量理论,为复合材料设计与优化提供了有利工具。本成果有推广应用价值。

·李连清·