

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.04.012

模压高碳酚醛树脂基烧蚀复合材料制备与成型

张俊华,李锦文,张清辉,高延杰,李传校,魏化震

(山东非金属材料研究所,济南 250031)

摘要:采用常规性能分析、傅里叶变换红外光谱分析、差示扫描量热分析、热重分析、凝胶渗透色谱分析等对模压高碳酚醛树脂进行表征,通过模压成型分别制备了碳纤维和高硅氧纤维增强模压高碳酚醛树脂复合材料,测试了不同成型压力下两种复合材料的力学性能和耐烧蚀性能,最后通过超声无损检测方法对复合材料密实度进行表征。结果表明,模压高碳酚醛树脂苯环上以邻位取代为主,其游离酚和游离醛含量较低,180℃的凝胶时间低于50 s,适用于较高温度下的快速模压成型工艺;该树脂分子量小,对纤维的浸润性好,适宜的固化温度为(190±5)℃,900℃的残炭率可达67.13%。随成型压力增加,碳纤维和高硅氧纤维增强复合材料的拉伸和弯曲性能均逐渐提高,但当成型压力大于45 MPa后,增加趋势变缓;当成型压力为45 MPa时,两种复合材料具有最好的耐烧蚀性能,其中碳纤维增强复合材料的线烧蚀率和质量烧蚀率分别为0.0068 mm/s和0.0559 g/s,高硅氧纤维增强复合材料的线烧蚀率和质量烧蚀率分别为0.1164 mm/s和0.0708 g/s。通过超声无损检测方法可以初步判断碳纤维增强复合材料的密实度。

关键词:模压高碳酚醛树脂;碳纤维;高硅氧纤维;增强;成型压力;力学性能;烧蚀性能

中图分类号: TQ323.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)04-0058-06

Preparation and Molding of Compression Molding High Char-yield Phenolic Resin Based Ablative Resistant Composites

Zhang Junhua, Li Jinwen, Zhang Qinghui, Gao Yanjie, Li Chuanxiao, Wei Huazhen

(Shandong Institute of Non-metallic Materials, Jinan 250031, China)

Abstract : High char-yield phenolic resin was analyzed by general performances analysis, FTIR, DSC, TG and GPC etc.. Carbon fiber and high silica fiber reinforced the resin based composites were prepared respectively through compression molding, the mechanical and ablation resistant properties of the two composites at different molding pressure were tested, finally the compactness of the two composites were analyzed by ultrasonic nondestructive testing (UNDT). The result show that, the substitution on benzene ring of the resin is mostly ortho-substituted, the free phenol content and free formaldehyde content are low, the gelation time at 180℃ is less than 50 s, which indicates that the resin can be used for the rapid compression molding at high temperature. The resin has low molecular weight and good soakage for fiber, its appropriate curing temperature is (190±5)℃ and the char-yield at 900℃ can reach 67.13%. With the increase of molding pressure, the tensile and flexural properties of the two composites increase, but when the molding pressure is higher than 45 MPa, the increase trends become slow. When the molding pressure is 45 MPa, the ablation resistant properties of the two composites are best, the linear ablation rate and the mass ablation rate of the carbon fiber reinforced composite is 0.0068 mm/s and 0.0559 g/s respectively, those of high silica fiber reinforced composite is 0.1164 mm/s and 0.0708 g/s respectively. The compactness of the carbon fiber reinforced composite can be determined through UNDT preliminarily.

Keywords : compression molding high char-yield phenolic resin ; carbon fiber ; high silica fiber ; reinforce ; molding pressure ; mechanical property ; ablative resistant property

酚醛树脂作为树脂基烧蚀耐热材料最主要的基体树脂,成本低廉,并且其纤维复合材料成型工艺简单、力学性能和耐烧蚀性能优异,在汽车、航空

航天及国防工业中占据重要地位^[1-6]。我国通过近五十年的发展,已形成低压成型钡酚醛树脂、高碳酚醛树脂^[7]、镁酚醛树脂^[8]、钼酚醛树脂^[9]、钨酚醛树

通讯作者:张俊华,硕士,副研究员,研究方向为热防护材料 E-mail: harveyzhang@163.com

收稿日期:2018-01-08

引用格式:张俊华,李锦文,张清辉,等.模压高碳酚醛树脂基烧蚀复合材料制备与成型[J].工程塑料应用,2018,46(4):58-63.

Zhang Junhua, Li Jinwen, Zhang Qinghui, et al. Preparation and molding of compression molding high char-yield phenolic resin based ablative resistant composites[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(4):58-63.

脂^[10]、酚三嗪改性酚醛树脂^[11]等多个品种的烧蚀复合材料用酚醛树脂基体。传统酚醛树脂基体残炭率不高,常规性能及其纤维增强复合材料力学性能和耐烧蚀性能难以满足新一代复合材料产品要求。

模压高碳酚醛树脂是由华东理工大学研制的一种高残炭率树脂,与传统酚醛树脂相比,主链引进苯基苯酚改性,芳环比提高,烧蚀时不易断裂,从而提高了整个树脂体系的残炭率^[12]。虽然国内已对模压高碳酚醛树脂开展了广泛研究,但是涉及到复合材料方面的应用较少。碳纤维和高硅氧纤维是酚醛树脂基耐烧蚀复合材料的主要增强纤维,模压成型为该复合材料的主要成型方式,其中成型压力对复合材料力学性能和耐烧蚀性能的影响较为重要。因此,笔者首先对模压高碳酚醛树脂进行了表征,同时以碳纤维和高硅氧纤维作为增强体,考察了不同成型压力下复合材料的力学性能、耐烧蚀性能,同时对不同成型压力下成型的复合材料进行超声无损检测质量分析,以优化复合材料的成型工艺,为新一代酚醛树脂基耐烧蚀复合材料的研究与发展提供参考。

1 实验部分

1.1 主要原材料

高硅氧纤维:陕西玻璃纤维总厂;

碳纤维:T700,日本东丽公司;

模压高碳酚醛树脂:华东理工大学。

1.2 主要仪器及设备

数字黏度计:SNB-2型,上海尼润智能科技有限公司;

固化时间测定仪:GT-II型,临安市丰源电子有限公司;

傅里叶变换红外光谱(FT-IR)仪:Spectrum 400型,美国Perkin-Elmer公司;

差示扫描量热(DSC)仪:DSC204型,德国Netzsch公司;

综合热分析仪:STA449C,德国Netzsch公司;

超高温凝胶渗透色谱(GPC)仪:PL-GPC200型,英国PL公司;

恒温干燥箱:101-1型,上海东星建材试验设备有限公司;

塑料制品液压机:YTD71-45A型,天津市锻压机床厂;

电子拉力试验机:RGT-10A型,美国MTS公司;

氧-乙炔烧蚀实验机:YS-iv型,中国航天科技集团44所;

超声扫描成像检测系统:Tomoscan Focus型,加拿大R/D Tech公司。

1.3 试样制备

将高硅氧纤维、碳纤维两种纤维切割成长30~35 mm的短纤维;将模压高碳酚醛树脂及其它助剂溶于乙醇溶液,搅拌10 min,配制成胶液;然后将胶液分别与两种短纤维按质量比1/1均匀混合30 min,制得预浸料,将其晾置于通风处24 h,包装备用。采用模压成型制备试样,成型之前于100℃下预热5 min,然后在设定的成型压力下进行固化,固化时间为1.5 min/1 mm试样厚度,固化温度为 $(190 \pm 5)^\circ\text{C}$,降温至室温出模。

1.4 测试与表征

(1) 模压高碳酚醛树脂的结构表征与相关性能测试。

含胶量按GB/T 1725-1979测试;

黏度按GJB 1059.2-1990测试;

凝胶时间按GJB 1059.4-1990测试;

游离酚、游离醛含量(质量分数)按GB/T 30773-2014测试;

FTIR测试:采用ATR衰减全反射法直接进样,扫描范围为 $400 \sim 4000 \text{ cm}^{-1}$;

DSC测试:采用DSC仪测试树脂的固化特征温度,氮气气氛,升温速率分别为5, 10, 15, 20℃/min;

热重(TG)分析:将树脂在190℃下固化2 h后,采用综合热分析仪测试固化物在900℃的残炭率,氮气气氛,升温速率为10℃/min;

分子量测试:采用GPC测试树脂的分子量及其分布,溶剂为四氢呋喃。

(2) 复合材料力学性能及耐烧蚀性能测试。

弯曲性能按GB/T 1449-2005测试,试验速率为10 mm/min;

拉伸性能按GB/T 1447-2005测试,试验速率为5 mm/min;

耐烧蚀性能按GJB 323A-1996测试,氧气流量为1350 L/h,乙炔流量为900 L/h,喷枪距试样中心距离10 mm。

(3) 超声无损检测。

将复合材料试样置于转盘上,调节探头位置和焦距,设置好参数后进行扫描。系统带宽为

0.25~32 MHz,脉冲宽度为30~500 ns,增益范围为0~100 dB,脉冲重复频率为12 kHz。

2 结果与讨论

2.1 模压高碳酚醛树脂的结构与性能

(1) 常规性能分析。

对模压高碳酚醛树脂分别进行含胶量、黏度、游离酚、凝胶时间、固化失重及游离醛等常规性能测试,结果如表1所示。

表1 模压高碳酚醛树脂常规性能数据

含胶量 / %	黏度 / (mPa·s)	150℃凝胶时间 / s	游离酚含量 / %	游离醛含量 / %
45.9	128	92	1.1	0.7

从表1可以看出,模压高碳酚醛树脂的含胶量、黏度和凝胶时间与传统酚醛树脂相近,但游离酚和游离醛的含量均较小,这说明反应比较彻底^[12]。

目前凝胶时间仍是热固性酚醛树脂质量控制的主要技术指标,为考察模压高碳酚醛树脂是否适用于快速模压工艺,测试了树脂在不同温度下凝胶时间的变化,结果如图1所示。

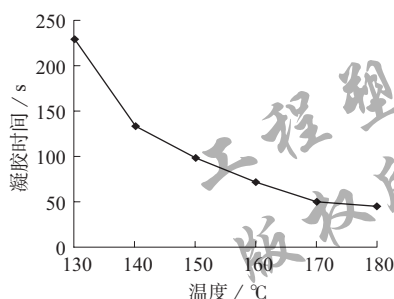


图1 模压高碳酚醛树脂凝胶时间与温度的关系曲线

图1表明,模压高碳酚醛树脂的凝胶时间随温度的升高而明显降低,但温度越高,凝胶时间下降速度越慢,当温度达到180℃时,模压高碳酚醛凝胶时间低于50 s。因此,模压高碳酚醛树脂适用于较高温度的快速模压工艺。

(2) FTIR 分析。

图2为模压高碳酚醛树脂的FTIR谱图。从图2可以看出,模压高碳酚醛树脂在1000 cm⁻¹处具有较强吸收峰,说明其羟甲基含量较高,属于典型的热固性酚醛树脂。此外,在878,823,754,692 cm⁻¹处均出现吸收峰,并且以754 cm⁻¹处吸收峰最强,说明该树脂中苯环上存在各种取代,但以邻位取代为主。

(3) DSC 分析。

为了进一步考察模压高碳酚醛树脂的固化工序,采用非等温DSC分析法在不同的升温速率下得到树脂的DSC曲线,采用外推法计算得到升温速率

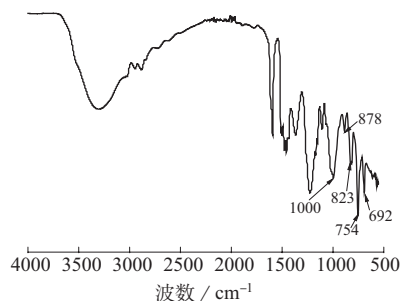


图2 模压高碳酚醛树脂的FTIR谱图

为0℃/min时的固化反应放热峰的起始温度 T_i 、峰顶温度 T_p 和结束温度 T_f ,从而确定最佳固化温度。图3为分别采用不同升温速率(5,10,15,20℃/min)测试所得的树脂DSC曲线。

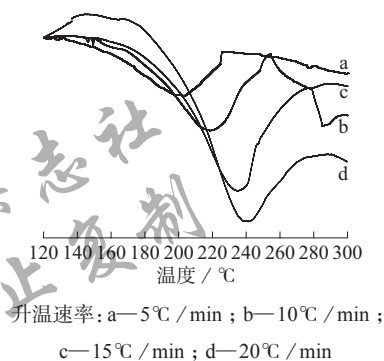


图3 不同升温速率下模压高碳酚醛树脂固化DSC曲线

以升温速率分别对 T_i 、 T_p 、 T_f 作图,如图4所示,利用最小二乘法进行线性回归处理,所得到的3条直线的截距分别对应升温速率为0℃/min时的 T_i 、 T_p 、 T_f ,即分别对应于树脂的凝胶化温度 T_{gel} 、固化温度 T_{cure} 和后处理温度 T_{treat} 。根据图4所示,对于模压高碳酚醛树脂,其 T_{gel} 为153.25℃, T_{cure} 为191.8℃, T_{treat} 为222.25℃。因此,在实际制备高碳酚醛树脂及其复合材料制品时,将固化温度设定为(190±5)℃。

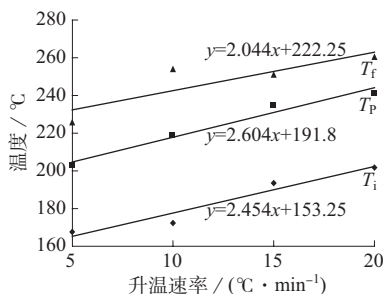


图4 固化反应中模压高碳酚醛树脂升温速率与温度的拟合曲线

(4) TG 分析。

为考察已固化模压高碳酚醛树脂在高温下的热稳定性,对模压高碳酚醛树脂进行了TG分析,如图5所示(图5中低温下曲线纵坐标值高于100%)

是仪器测试误差的缘故)。由图5可以看出,温度达到461℃时模压高碳酚醛树脂开始分解,在900℃残炭率较高,达到67.13%。

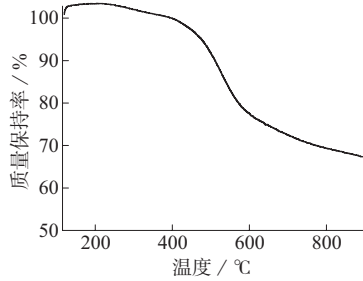


图5 模压高碳酚醛树脂 TG 曲线

(5) GPC 分析。

表2为模压高碳酚醛树脂平均分子量及分散系数。由表2可知模压高碳酚醛树脂的分子量较小,树脂流动性好,有利于浸润增强体。

表2 模压高碳酚醛树脂平均分子量及分散系数

数均分子量	粘均分子量	重均分子量	Z 均分子量	分散系数
276	1464	1763	3834	6.3877

2.2 不同成型压力下复合材料的力学性能分析

不同成型压力下碳(高硅氧)纤维增强模压高碳酚醛树脂复合材料的弯曲性能和拉伸性能见表3~表6。

由表3~表6可看出,随着成型压力升高,复合材料的弯曲性能和拉伸性能逐渐增加,这是因为随着成型压力的增大,复合材料的密实度也逐渐增大,同时成型时会有更多的树脂流出,导致复合材料树脂含量降低,纤维含量增加,从而使复合材料力学性能提高。

当成型压力由20 MPa升至45 MPa时,碳纤维增强复合材料的弯曲、拉伸强度以及弯曲、拉伸弹性模量分别提高了118%,119%,103%和65.4%;当成型压力由35 MPa升至45 MPa时,高硅氧纤维增强复合材料的弯曲、拉伸强度以及弯曲、拉伸弹性模量分别提高了75%,47.8%,63.2%和54.5%。当成型压力由45 MPa升至65 MPa时,碳纤维增强复合材料的弯曲、拉伸强度以及弯曲、拉伸弹性模量分别提高了9.8%,4.6%,4.7%和7.0%;当成型压力由45 MPa升至55 MPa时,高硅氧纤维增强复合材料的弯曲、拉伸强度以及弯曲、拉伸弹性模量分别提高了8.4%,4.2%,12%和6.5%。总体上看,在成型压力达到45 MPa以后两种复合材料力学性能的增加趋势放缓,同时可以发现在成型压力为45 MPa时,复合材料力学性能数据的离散系数总体上相对小,表明成型压力为45 MPa时复合材料的力学性能较为稳定。

表3 不同成型压力下碳纤维增强复合材料的弯曲性能

成型压力 / MPa	弯曲强度			弯曲弹性模量		
	N / MPa	S / MPa	D / %	N / GPa	S / GPa	D / %
20	168	19.4	11.50	18.9	1.72	9.10
25	201	13.7	6.82	22.6	2.17	9.60
30	239	16.8	7.03	25.3	2.25	8.89
35	282	10.9	3.86	29.4	2.21	7.52
40	304	14.1	4.64	33.8	1.69	5.00
45	367	12.8	3.49	38.4	1.55	4.04
50	378	15.6	4.13	38.8	2.44	6.29
55	390	17.9	4.59	39.2	1.56	3.98
60	394	20.1	5.10	39.9	2.78	7.09
65	403	27.3	6.77	40.2	4.12	10.2

注: N 表示性能的数值, S 表示标准差, D 表示离散系数, 下表同。

表4 不同成型压力下高硅氧纤维增强复合材料的弯曲性能

成型压力 / MPa	弯曲强度			弯曲弹性模量		
	N / MPa	S / MPa	D / %	N / GPa	S / GPa	D / %
35	116	12.8	11.00	11.7	1.29	11.00
40	153	10.6	6.93	16.0	2.23	13.90
45	203	8.2	4.04	19.1	1.51	7.90
50	216	25.6	11.80	20.3	1.47	7.24
55	220	17.8	8.09	21.4	2.56	12.0

表5 不同成型压力下碳纤维增强复合材料的拉伸性能

成型压力 / MPa	拉伸强度			拉伸弹性模量		
	N / MPa	S / MPa	D / %	N / GPa	S / GPa	D / %
20	149	15.6	10.50	10.4	2.88	27.70
25	168	19.8	11.80	11.5	2.23	19.40
30	209	22.3	10.70	12.9	1.67	12.90
35	254	17.2	6.77	14.2	2.89	20.40
40	292	12.2	4.18	15.7	1.87	11.90
45	326	13.1	4.02	17.2	1.55	9.01
50	330	16.4	4.97	17.3	1.36	7.86
55	332	22.6	6.81	17.6	1.62	9.20
60	336	28.9	8.60	18.1	2.97	16.40
65	341	18.4	5.40	18.4	2.71	14.70

表6 不同成型压力下高硅氧纤维增强复合材料的拉伸性能

成型压力 / MPa	拉伸强度			拉伸弹性模量		
	N / MPa	S / MPa	D / %	N / GPa	S / GPa	D / %
35	113	16.5	14.6	9.9	2.35	23.7
40	134	23.4	17.5	12.6	1.35	10.7
45	167	15.2	9.1	15.3	1.32	8.6
50	170	26.0	15.3	15.8	2.69	17.0
55	174	12.7	7.3	16.3	1.97	12.1

2.3 不同成型压力下复合材料的耐烧蚀性能分析

不同成型压力下的模压碳(高硅氧)纤维增强模压高碳酚醛树脂复合材料的耐烧蚀性能见表7、表8。由表7、表8可以看出,成型压力小于45 MPa时,随着成型压力的提高,两种复合材料的线烧蚀率和质量烧蚀率逐渐降低,在成型压力为45 MPa时达到最低,耐烧蚀性能最好,其中碳纤维增强复合材料的线烧蚀率和质量烧蚀率分别为0.0068 mm/s和0.0559 g/s,高硅氧纤维增强复合材料的线烧蚀率和质量烧蚀率分别为0.1164 mm/s和0.0708 g/s。但是当成型压力大于45 MPa后,随着成型压

力提高,耐烧蚀性能反而降低。这是因为复合材料成型压力小,导致其密实度不够,耐烧蚀性能低;成型压力过大,导致复合材料成型时有较多的树脂流出,树脂含量降低也会导致耐烧蚀性能降低。因此当成型压力为 45 MPa 时,复合材料的耐烧蚀性能最好,并且该批数据离散系数总体上相对较小,较为稳定。

表 7 不同成型压力下碳纤维增强复合材料的耐烧蚀性能

成型压力 / MPa	线烧蚀率			质量烧蚀率		
	$N/$ (mm · s ⁻¹)	$S/$ (mm · s ⁻¹)	$D/ \%$	$N/$ (g · s ⁻¹)	$S/$ (g · s ⁻¹)	$D/ \%$
20	0.074 3	0.006 8	9.15	0.067 4	0.004 9	7.27
25	0.056 6	0.005 2	9.19	0.063 7	0.005 5	8.63
30	0.028 5	0.002 8	9.82	0.061 9	0.006 9	11.10
35	0.018 9	0.002 2	11.60	0.060 1	0.007 1	11.80
40	0.013 7	0.004 1	29.90	0.057 8	0.005 8	10.00
45	0.006 8	0.001 2	17.60	0.055 9	0.003 7	6.62
50	0.015 6	0.003 3	21.10	0.057 8	0.003 5	6.06
55	0.017 8	0.002 6	14.60	0.059 2	0.004 8	8.12
60	0.026 4	0.003 8	14.40	0.060 4	0.006 7	11.10
65	0.029 9	0.005 6	18.70	0.062 3	0.004 9	7.86

表 8 不同成型压力下高硅氧纤维增强复合材料的耐烧蚀性能

成型压力 / MPa	线烧蚀率			质量烧蚀率		
	$N/$ (mm · s ⁻¹)	$S/$ (mm · s ⁻¹)	$D/ \%$	$N/$ (g · s ⁻¹)	$S/$ (g · s ⁻¹)	$D/ \%$
35	0.131 7	0.010 9	8.28	0.081 2	0.007 1	8.74
40	0.125 3	0.012 7	10.10	0.076 9	0.005 4	7.02
45	0.116 4	0.007 6	6.53	0.070 8	0.003 6	5.08
50	0.119 9	0.008 6	7.17	0.074 6	0.005 6	7.51
55	0.121 3	0.011 5	9.48	0.078 8	0.006 4	8.12

2.4 不同成型压力下复合材料的密实度分析

为了进一步了解不同成型压力下制备的碳(高硅氧)纤维增强模压高碳酚醛树脂复合材料的密实度变化情况,通过超声无损检测方法对复合材料进行了测试分析,结果如图 6 和图 7 所示。

由图 6 可以发现,随着成型压力增加,碳纤维增强复合材料超声检测图像中的深色区域面积总体呈减小的趋势,由于成型压力越大,复合材料的密实度越大,因此这可以说明超声检测图像中深色区域面积与碳纤维增强复合材料的密实度存在着关联,成型压力越大,密实度越大,深色区域面积越小,因而可以借助超声无损检测方法初步判断碳纤维增强复合材料的密实度。进一步可以发现,当成型压力大于 45 MPa 后,图像中的深色区域面积变化不明显,说明成型压力大于 45 MPa 后,复合材料的密实度变化幅度较小,因此力学性能的提升幅度很小。

从图 7 来看,当成型压力低于 45 MPa 时,随着成型压力增加,高硅氧纤维增强复合材料超声检测图像中的深色区域面积呈减小的趋势,但当成型压

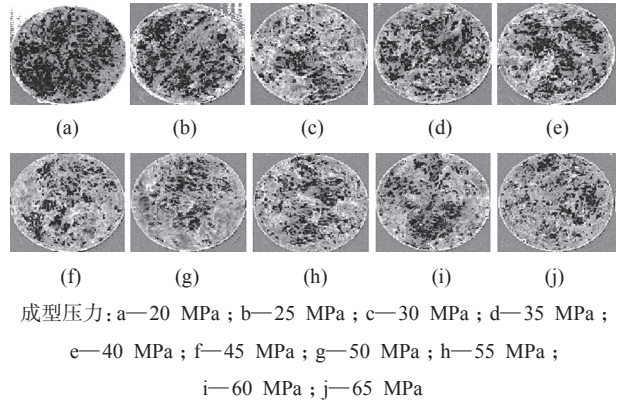


图 6 不同成型压力下碳纤维增强复合材料的超声检测图像

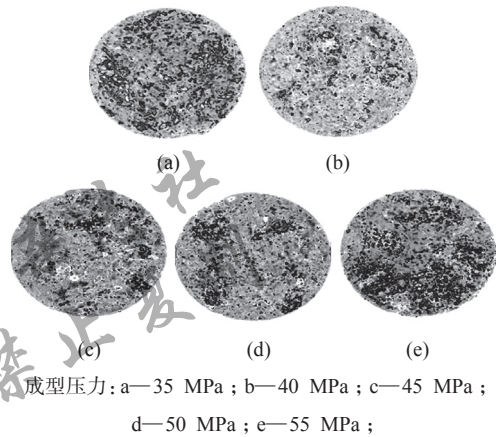


图 7 不同成型压力下高硅氧纤维增强复合材料的超声检测图像

力大于 45 MPa 时,随着成型压力增加,深色区域面积反而有增加的趋势,这说明高硅氧纤维增强复合材料密实度与其超声检测图像中深色区域面积的关联并不紧密,不如碳纤维增强复合材料的明显,这可能与高硅氧纤维和碳纤维的材质有关,因此可以考虑更改超声无损检测方法如工业 CT 对高硅氧纤维增强复合材料进行测试分析。

3 结论

(1) 模压高碳酚醛树脂游离酚和游离醛的含量较低,180℃的凝胶时间低于 50 s,适用于较高温度下的快速模压成型工艺;分子量小,分布宽度窄,对纤维浸润性好;热分解温度为 461℃,900℃的残炭率可达 67.13%,说明其具有较好的耐热性和较高的残炭率。

(2) 模压高碳酚醛树脂的预固化温度为 153.25℃、固化温度为 191.8℃、后固化温度为 222.25℃,因此实际固化温度可定为 (190 ± 5)℃。

(3) 随着成型压力增加,碳纤维和高硅氧纤维增强模压高碳酚醛树脂复合材料的弯曲与拉伸性能提高,但当成型压力达到 45 MPa 以后,增加趋势放缓;

成型压力为 45 MPa 时,复合材料的线烧蚀率和质量烧蚀率最低,耐烧蚀性能最好。

(4) 通过超声无损检测方法可以初步判断碳纤维增强复合材料的密实度。

参考文献

- [1] 周传文,彭影,陶飞,等. 甲阶酚醛树脂的合成、表征及应用研究[J]. 铸造,2017,66(11):1 191-1 195.
Zhou Chuanwen, Peng Ying, Tao Fei, et al. Synthesis, characterization and application of the initial phenolic resin[J]. Foundry, 2017, 66(11):1 191-1 195.
- [2] Zhong Y H, Jing X L, Wang S J, et al. Behavior investigation of phenolic hydroxyl groups during the pyrolysis of cured phenolic resin via molecular dynamics simulation[J]. Polymer Degradation and Stability, 2016, 125:191-195.
- [3] Tahen-Behrooz F, Maher M, Shokrieh M. Mechanical properties modification of a thin film phenolic resin filled with nano silica particles[J]. Computational Materials Science, 2015, 96:91-97.
- [4] Hirano K, Asami M. Phenolic resins-100 years of progress and their future[J]. Reactive and Functional Polymers, 2013, 73(2):120-125.
- [5] Asaro L, Manfredi L B, Pellice S, et al. Innovative ablative fire resistant composites based on phenolic resins modified with mesoporous silica particles[J]. Polymer Degradation and Stability, 2017, 144:78-83.
- [6] 曾艳明,王海云,王敏,等. 复合材料发动机衬管热压罐成型工艺研究[J]. 新技术新工艺, 2017(1):82-84.
Zeng Yanming, Wang Haiyun, Wang Min, et al. Study of the autoclave molding technology for composite engine liner[J]. New Technology & New Process, 2017(1):82-84.
- [7] 高延杰,李锦文,张清辉,等. 尿素功能化石墨烯及其对酚醛树脂性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2015, 42(12):30-34.
Gao Yanjie, Li Jinwen, Zhang Qinghui, et al. Preparation of functionalized graphene with urea and its effects on the phenolic resin[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 42(12):30-34.
- [8] 林松竹,崔巍,贾若琨,等. 高残炭硼酚醛树脂的制备[J]. 应用化学, 2017, 34(6):631-635.
Lin Songzhu, Cui Wei, Jia Ruokun, et al. Preparation of high residual carbon boron phenolic resin[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2017, 34(6):631-635.
- [9] 洪慎章. 镁酚醛树脂在电子电器中的应用[J]. 橡塑技术与装备, 2016, 42(16):64-66.
Hong Shenzhang. Application of magnesium boron phenolic resin in electronic appliance[J]. China Rubber / Plastics Technology and Equipment, 2016, 42(16):64-66.
- [10] 刘国霞,王彩红,党艳秋,等. 高温岩棉用水溶性钼酚醛树脂胶的研制[J]. 应用化工, 2015, 44(11):2 055-2 057.
Liu Guoxia, Wang Caihong, Dang Yanqiu, et al. Preparation of high temperature rock wool with water-soluble molybdenum phenolic resin[J]. Applied Chemical Industry, 2015, 44(11):2 055-2 057.
- [11] 吴轲,王汝敏,曹金芳. 低压钼酚醛树脂改性苯并噁嗪树脂的研究[J]. 中国胶粘剂, 2015, 24(10):23-26.
Wu Ke, Wang Rumin, Cao Jinfang. Study on the modification of benzoxazine resin by low pressure barium phenolic resin[J]. China Adhesives, 2015, 24(10):23-26.
- [12] 陈鸯飞. 高成炭率酚醛树脂的制备及其在 C/C 复合材料中的应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
Chen Yangfei. Research on preparation of high char yield PF resin and its applications in C / C composite material[D]. Changsha: Hunan University, 2013.

科思创推出适用于 LED 照明技术的塑料产品

科思创在法兰克福举办的 Light Building 展览会上介绍了其适用于 LED 照明技术的塑料产品。该产品使用 Makrolon® LED 透明光学元件,通过新型导热材料实现高效冷却效果,是适合大型照明概念的聚碳酸酯半成品,将应用于光学、光导、扩散器、反射器和散热器等应用。

Makrolon® LED5102 具有紫外线稳定、高透明度的特点。透明度高达 90%,使用寿命也较长,远远超越现有的 Makrolon® 等级,使制造商能够轻松满足其客户的严苛要求。其良好的流动性能使加工产品表面更加平滑,特别是适用于尺寸精度要求高、沉降痕迹要求少的较大零件。使用聚碳酸酯制成的新型散热器有着设计自由、质量更轻和易于加工的特点。Makrolon® 产品与传统的铝相比有着更明显的优势。

防眩目照明是未来办公室设计的核心要求,为此科思创在展会上展示了两款全新的透明聚碳酸酯板材: Makrolon® DXSky 和 Makrolon® SXSharp。这两种产品都具有光滑纹理表面,并配有特殊微型光学元件,适用于室内照明,如工作

场所的灯罩等。

(慧聪塑料网)

2017 年塑料制品行业主营业务利润率回升

2017 年,全国塑料制品行业主营业务利润率 5.94%,比上年回升 0.11 个百分点。其中塑料包装箱及容器制造累计主营业务收入利润率为 6.52%,塑料板、管、型材的制造累计主营业务收入利润率为 6.44%,塑料零件制造累计主营业务收入利润率为 5.82%,塑料丝、绳及编织品的制造累计主营业务收入利润率为 5.81%,泡沫塑料制造累计主营业务收入利润率为 5.77%,日用塑料制造累计主营业务收入利润率为 5.74%,塑料薄膜制造累计主营业务收入利润率为 5.47%,塑料人造革、合成革制造累计主营业务收入利润率为 4.5%。

(中经网)

通用公司将碳纤维增强塑料应用于量产车

通用汽车公司与日本帝人化学共同研发的热塑性碳纤维增强塑料目前已被通用汽车公司用于其皮卡车部件中并投入量产。该车车型为将于今秋发售的“2019GMC 塞拉”。其内部座椅使用了碳纤维增强塑料。预计今后在汽车零部件成型以及再利用领域,该材料将得到更广泛的应用。

(塑商汇)