

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2016.01.004

模压成型环氧树脂/玄武岩纤维复合材料研究^{*}

吴雪平¹,代建建¹,汤瑛召¹,张先龙¹,李亚旗¹,钱立兵²

(1. 合肥工业大学化学与化工学院, 合肥 230009; 2. 安徽梦谷纤维材料科技有限公司, 合肥 230009)

摘要:以玄武岩纤维平纹布(BF)为增强体,环氧树脂(EP)为基体,采用模压工艺制备环EP/BF复合材料。研究了加压时机、成型压力、纤维体积含量对复合材料弯曲性能和层间剪切强度(ILSS)的影响,并研究纳米添加剂凹凸棒石/炭(PG/C)对复合材料力学性能及导热性能的影响,运用电子扫描显微镜观察并分析复合材料的断面形貌。结果表明,复合材料的最佳加压时机为凝胶45 min;成型压力和纤维体积含量影响复合材料的弯曲性能和ILSS;在BF体积分数为30%、成型压力为1 MPa条件下,添加纳米添加剂PG/C-0.5(PG/C的质量比为1/0.5)时,复合材料的力学性能最优,相比不含纳米添加剂,复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量及ILSS分别提高4.3%、10.7%和6.4%;添加纳米添加剂PG/C-0.5时,复合材料的导热性能最优,在25℃及100℃下的导热系数为0.28 W/(m·K)和0.31 W/(m·K),相对不含纳米添加剂时分别提高64.7%及41.0%。PG与负载在其表面的炭之间的协同作用促进了复合材料力学性能及导热性能的提高。

关键词:玄武岩纤维;复合材料;凹凸棒石/炭;力学性能;导热性能

中图分类号: TQ327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2016)01-0016-06

Study on Epoxy/Basalt Fiber Composites Fabricated via Compression Molding Process

Wu Xueping¹, Dai Jianjian¹, Tang Yingzhao¹, Zhang Xianlong¹, Li Yaqi¹, Qian Libing²

(1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;

2. MG Fiber Material Technology Co. Ltd., Hefei 230009, China)

Abstract: Epoxy resin/basalt fiber (EP/BF) composites were fabricated via compression molding process using BF cloth as the reinforcing agent and EP as the matrix. The effects of conditions as pressure applying moment, shaping pressure and fiber volume content on the flexural properties and the interlaminar shear strength (ILSS) of the composites were investigated. And the effects of incorporating attapulgite/carbon (PG/C) on the mechanical properties and thermal conductivity of the composites were studied. Scanning electron microscope was used to observe the cross section morphology of the composites. Results showed that the optimal pressure applying moment was 45 min; the shaping pressure and fiber volume content had effects on the flexural properties and ILSS of the composites. The incorporation of PG/C-0.5 (in which the mass ratio of cellulose to attapulgite was 0.5, the BF volume fraction was 30% and the forming pressure was 1 MPa) resulted in 4.3%, 10.7% and 6.4% increases in the flexural strength, modulus and ILSS of the composites respectively with respect to those of the neat composites. The thermal conductivities of the composites were 0.28 W/(m·K) and 0.31 W/(m·K) at 25 °C and 100 °C with the increments of 64.7% and 41.0% respectively by incorporating PG/C-0.5 compared with those of the neat composites. Such improvements of the mechanical properties and the thermal conductivity attributed to the synergistic effect between PG and the carbon coated on its surface.

Keywords: basalt fiber; composite; attapulgite/carbon; mechanical property; thermal conductivity

纤维增强树脂基复合材料为先进复合材料,其特点是比强度、比模量高,耐酸碱腐蚀等,在航空航天、汽车、船舶等行业应用广泛^[1]。玄武岩纤维(BF)作为新型无机增强纤维,是由玄武岩经高温熔融、拉丝、冷却工艺制备而成,具有原料简单、无三废排放以及力学性能优异、耐高温、防腐蚀等特性,是非常具有发展潜力的新型材料^[2-3]。相比E-玻璃纤

维,BF具有较高的拉伸性能^[4],而相对碳纤维则具有制备成本低的优势。基于以上优势,以BF为增强体制备树脂基复合材料,具有替代玻璃纤维和碳

^{*} 安徽省科技攻关项目(J2014AKKG0002),教育部留学回国人员启动基金项目(2013 JY LH0774)

联系人:吴雪平,副教授,博士,主要从事纤维及复合材料研究

收稿日期:2015-10-10

纤维增强树脂基复合材料,实现工业化广泛应用的潜能。为提高复合材料的性能,纳米材料如纳米粘土(如蒙脱石^[5]、埃洛石^[6]),以及碳基材料(如碳纳米管^[7]、石墨烯^[8])等作为改性剂广泛应用于纤维复合材料的改性处理。然而,碳基材料作为改性剂存在着价格昂贵,制备工艺复杂的缺点;纳米粘土虽然原料易得、价格低廉,但作为改性剂制备的复合材料不具备功能特性。笔者以一维纳米粘土凹凸棒石(PG)为模板,纤维素为炭(C)源,水热法制备 PG/C 纳米复合材料^[9],将纳米粘土和碳基材料的特性成功结合在一起,具有制备工艺简单以及价格低廉的优势;此外,将 PG/C 作为改性剂加入到复合材料中,可在提高复合材料力学性能的同时,使得其兼具功能特性。

笔者以 BF 平纹布为增强体,环氧树脂(EP)为基体,采用模压工艺制备了 EP/BF 复合材料,研究了工艺条件如加压时机、成型压力以及纤维体积含量对复合材料力学性能的影响。并在确定工艺下,探索不同炭含量的 PG/C 对复合材料力学及导热性能的影响。

1 实验部分

1.1 原材料

BF 平纹布:200 g/m²,安徽梦谷纤维科技有限公司;

EP:E-51,蓝星新材料无锡树脂厂;

二氨基二苯基甲烷(DDM)固化剂:国药集团化学试剂有限公司;

丙酮:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

PG/C 纳米复合材料:PG/C 的质量比控制为 1/0.5,1/1 和 1/2,并依此命名为 PG/C-0.5, PG/C-1 和 PG/C-2,自制。

1.2 仪器及设备

平板硫化机:25 t,青岛金港湾有限公司;

万能材料试验机:CMT-4102 型,深圳市新三思材料检测有限公司;

扫描电子显微镜(SEM):JSM-6700F 型,日本 Jeol 公司;

激光导热仪:LFA 457 型,德国耐驰公司;

差示扫描量热(DSC)仪:STA449F3 型,德国耐驰公司。

1.3 试样制备

(1) 预浸料的制备。

一次性塑料杯中准确称量 EP,加入称量好的固

化剂 DDM(EP/DDM=100/27),用玻璃棒搅拌均匀,使 EP 和固化剂充分混合,然后将其均匀涂覆在称量好的 BF 布上,样品置于真空干燥箱中(60℃, 1 h)抽真空排除气泡并使其预固化,制备预浸料。

(2) 含添加剂预浸料的制备。

将添加剂均匀分散于丙酮溶液中,超声 1 h 后加入准确称量的 EP 并机械搅拌 12 h,得到均一混合液。混合液置于真空干燥箱中抽真空消除丙酮和气泡后加入一定配比的固化剂。重复上述步骤,制备含添加剂的预浸料。

(3) 层压板的制备。

将预浸料裁剪成 10 cm×10 cm 尺寸规格,并堆叠成 8 层,置于平板硫化机上的自制模具中模压成型,制备层压板复合材料。固化制度为 80℃/2 h+160℃/4 h。不含添加剂复合材料命名为 EP/BF,含添加剂的复合材料依次命名为 EP/BF-PG, EP/BF-PG/C-0.5, EP/BF-PG/C-1, EP/BF-PG/C-2。

1.4 性能测试

弯曲性能按 GB/T 1499-2005 测试;层间剪切强度(ILSS)按 JC/T 773-2010 测试;

断裂面形貌用 SEM 观察;

导热系数(λ)按式(1)测定:

$$\lambda = \alpha \rho c_p \quad (1)$$

式中: α ——热扩散系数,由激光导热仪测定;

ρ ——密度;

c_p ——比热容,由 DSC 仪测定。

2 结果与讨论

2.1 加压时机的影响

实验采用的树脂体系为 EP/DDM,其固化温度通过 DSC 曲线确定,如图 1 所示。不同升温速率下,EP/DDM 体系的峰值温度不同,且升温速率越高,峰值温度越高。通过外推法确定出升温速率为 0 时放热峰出现的起始温度 T_i (80℃)和结束温度

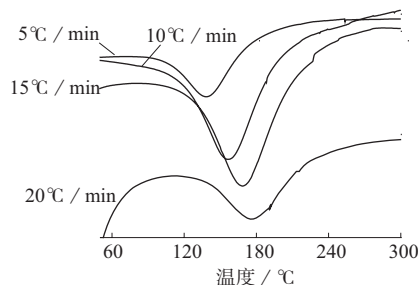
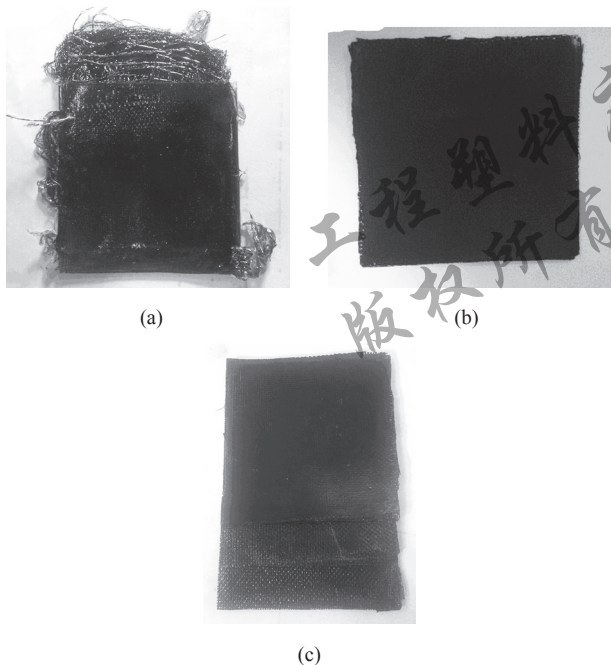


图1 EP/DDM 树脂体系不同升温速率下的 DSC 曲线

$T_2(160^\circ\text{C})$,从而确定树脂体系的固化制度为 $80^\circ\text{C}/2\text{ h}+160^\circ\text{C}/4\text{ h}$ 。

加压时机对于保持一定的纤维体积分数至关重要^[10]。成型压力为 1 MPa 的条件下,探究三组加压时间即凝胶开始 30 min,45 min,60 min 加压对复合材料成型性的影响,如图 2 所示。凝胶开始后 30 min 施加压力,由于树脂交联度低,树脂从模具中流出,不能保证纤维具有恒定的体积分数。凝胶开始后 45 min 施加压力,树脂初步固化,形成较高的交联度,此时施加压力不会使得树脂挤出,且树脂可以实现充分流动并与纤维结合紧密。凝胶开始后 60 min 施加压力,由于加压过晚,树脂固化度较高,预浸料层间存在的孔隙未被充分压实,树脂流动不均匀,纤维层与层之间粘结力低并十分容易撕裂,复合材料力学性能降低。因此,复合材料的加压时机定为凝胶开始后 45 min 最为合适。

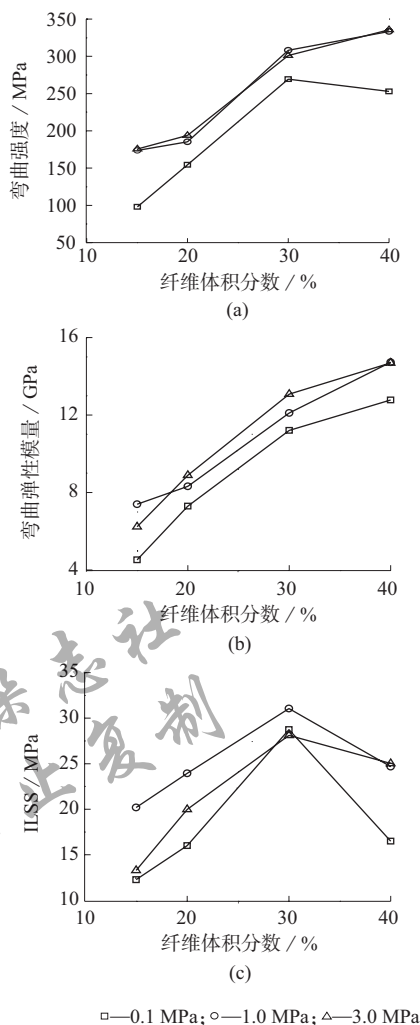


a—凝胶开始 30 min; b—凝胶开始 45 min; c—凝胶开始 60 min

图 2 不同加压时机下 EP/BF 复合材料的图片

2.2 成型压力及纤维含量对复合材料力学性能影响

在不含添加剂的前提下,设定三组不同的成型压力,即 0.1,1,3 MPa,考查成型压力对复合材料力学性能的影响,如图 3 所示。在相同的纤维体积含量下,随着压力从 0.1 MPa 升至 1 MPa,复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量以及 ILSS 均会提高。如纤维体积分数为 30% 的 EP/BF 复合材料,在成型压力为 0.1 MPa 时,其弯曲强度、弯曲弹性模量以及 ILSS 分别为 269.4 MPa,11.2 GPa 以及



a—弯曲强度; b—弯曲弹性模量; c—ILSS

图 3 不同压力下纤维含量对复合材料力学性能影响

28.7 MPa; 成型压力为 1 MPa 时,弯曲强度、弯曲弹性模量以及 ILSS 分别为 308.2 MPa,12.1 GPa 以及 31.1 MPa,分别提高 14.4%,8.0%,8.4%。原因在于,在 0.1 MPa 成型压力下,预浸料中残留的气体分子不能充分排出,滞留在树脂基体中,阻碍了树脂的交联反应,并使得纤维不能被树脂充分浸润,导致成型后的复合材料不能致密化,表面存在空洞,力学性能能较差。提高成型压力至 1 MPa,残留在树脂基体中的气体分子被全部挤出,树脂与纤维之间的结合变得更紧密,纤维得以充分浸润,模压成型后的复合层压板不存在明显的空洞,从而使得力学性能得以提高。当成型压力升至 3 MPa 时,弯曲强度、弯曲弹性模量以及 ILSS 分别为 301.1 MPa,13.1 GPa 以及 28.1 MPa,相比成型压力为 0.1 MPa 的样品,性能分别变化 11.8%,17.0%,−0.2%。由此可见,对纤维体积分数为 30% 的复合材料,压力增

加到 3 MPa 时,与成型压力为 1 MPa 时相比,并未明显提高复合材料的力学性能。

总体而言,随着纤维体积分数的增加,复合材料的弯曲强度及弯曲弹性模量均有所提高。当受到弯曲外力时,树脂首先承受外力后将应力传递给纤维,因而纤维体积分数高的复合材料,可以承受更多的弯曲外力,从而复合材料的弯曲性能得以提高。

由图 3c 可看出,相同成型压力下,随着纤维体积分数的提高,复合材料的 ILSS 先提高后降低,并在纤维体积分数为 30% 达到最大值;继续提高纤维含量到 40%,复合材料的 ILSS 则会下降。原因在于,纤维体积分数过高时,相对来说树脂的含量就会降低,纤维不能被树脂充分浸润,层与层之间的粘结强度较低,从而使得复合材料的层间剪切强度较低。

2.3 PG/C 对复合材料力学性能的影响

在纤维体积分数 30%、成型压力 1 MPa 条件下考察纳米添加剂 PG/C 对复合材料力学性能的影响。

(1) PG/C 对复合材料弯曲性能的影响

不同 PG/C 的区别在于 PG 表面负载的炭含量不同,其对复合材料弯曲性能的影响如图 4 所示。由图 4 可以看出,随着 PG 表面炭含量的增加,复合材料弯曲强度和弯曲弹性模量呈先增大后减小的趋势,并在添加剂为 PG/C-0.5 时达到最优值。不含添加剂的 EP/BF 复合材料的弯曲强度和弯曲弹性模量分别为 308.2 MPa, 11.2 GPa。添加 PG/C-0.5,复合材料的弯曲强度和弯曲弹性模量分别为 321.3 MPa, 12.4 GPa,分别提高了 4.3% 和 10.7%。相对于只添加 PG, PG/C-0.5 的增强效果也是最好的。原因在于 PG/C 在树脂基体中均匀分散,可以起到较好的传递应力作用。相对于 PG/C-0.5, PG/C-1 和 PG/C-2 的增强效果下降,原因在于, PG 表面负载的炭含量增加,使得添加剂在树脂基体中

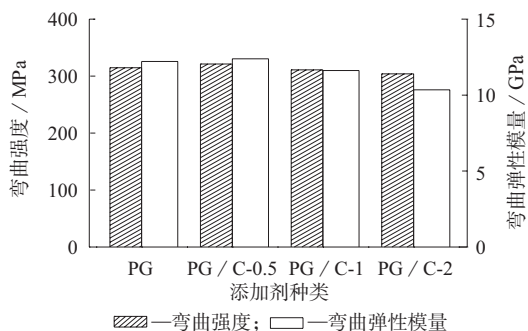


图 4 含不同种类 PG/C 的复合材料的弯曲性能

的分散性变差,并趋于团聚,这些团聚点和树脂不能形成均一相,而是形成应力集中点,使得树脂和纤维的界面结合较差,降低了复合材料的弯曲性能^[11]。

(2) PG/C 对复合材料 ILSS 的影响

不同种类 PG/C 对复合材料 ILSS 的影响如图 5 所示, EP/BF 的 ILSS 为 31.1 MPa。从图 5 可以看出,当添加剂为 PG 时,即 PG 的表面无炭负载时,复合材料的 ILSS 基本没有提高。表面负载一定含量的炭时,如添加剂为 PG/C-0.5,复合材料的 ILSS 为 33.1 MPa。继续提高 PG 表面的炭含量,即添加 PG/C-1 和 PG/C-2 时,复合材料的 ILSS 降低,这同样是由于炭含量增加, PG/C 在树脂基体中趋于团聚极易形成应力集中点所致^[11]。

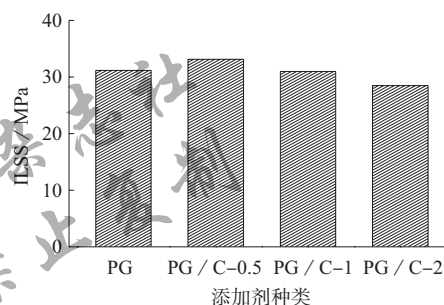
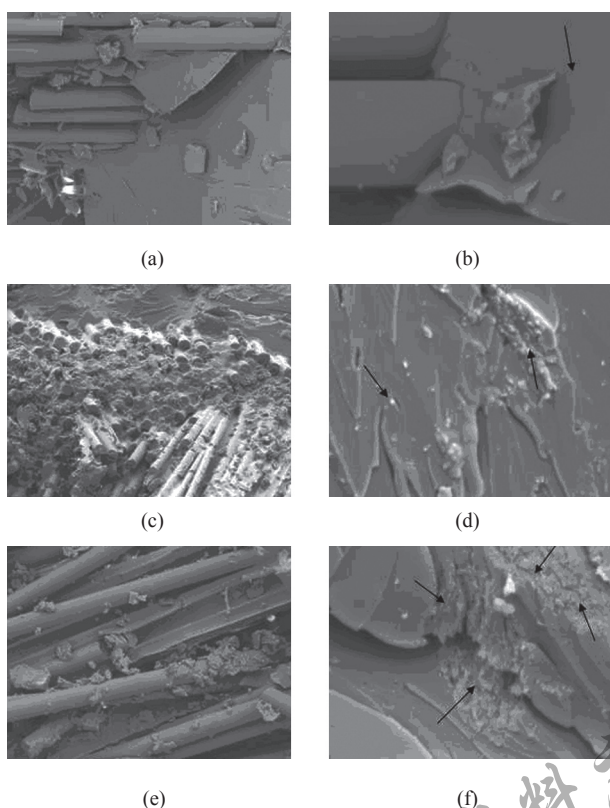


图 5 含不同种类添加剂的复合材料的 ILSS

(3) 复合材料的断裂形貌

复合材料弯曲断裂后的 SEM 照片如图 6 所示。图 6a, 6b 为未添加 PG/C 的 EP/BF 原样, 从图 6a 可以看出, 纤维的断裂方式主要为拔出、断裂以及纤维树脂之间的脱粘, 纤维的表面较为光滑, 树脂残留较少, 为典型的脆性断裂; 图 6b 所示的树脂基体表面也较为光滑, 且纤维和树脂之间的界面存在明显的裂纹和孔隙。图 6c, 6d 为添加 PG/C-0.5 的复合材料, 从图 6c 可以看出, 纤维的周围包围了大量的树脂基体, 树脂和纤维的界面结合紧密, 纤维从基体中的拔出较少, 且纤维拔出后表面的树脂残留较多; 从图 6d 可以看出, PG/C-0.5 均匀分布在树脂基体中, 与树脂基体形成均一相, 且树脂表面变得粗糙, 裂纹呈鱼鳞状, 说明 PG/C-0.5 的加入诱发了大量银纹的产生, 复合材料受到冲击载荷时, 裂缝通过这些银纹向四周扩散, 使得树脂吸收更多的能量, 从而提高复合材料的力学性能^[11-12]。其中, PG 与负载在其表面炭之间的协同作用是 PG/C-0.5 能够在树脂基体中稳定存在并实现均匀分散的原因^[13]。不同于其它文献^[13-14]中提到的将两种不同纳米添加剂加入树脂基体中的方式, 笔者采用水热法制备 PG



a-EP/BF,放大2000倍;b-EP/BF,放大10000倍;c-EP/BF-PG/C-0.5,放大2000倍;d-EP/BF-PG/C-0.5,放大10000倍;e-EP/BF-PG/C-2,放大2000倍;f-EP/BF-PG/C-2,放大10000倍

图6 复合材料弯曲断裂后断面SEM照片

/C,在未分散到树脂基体中之前,首先实现两种纳米材料的复合,且两种纳米材料可以协同作用:PG的存在可以促进表面负载的炭在树脂中的稳定分散,避免团聚,同时,表面炭及PG均具有一定的力学强度,起到传递应力的作用。图6e,6f为添加PG/C-2的复合材料,从图6e可以看出,相比图6c中的EP/BF-PG/C-0.5复合材料,EP/BF-PG/C-2复合材料的纤维表面变得光滑,且纤维和树脂的界面之间存在着裂纹,说明二者的界面结合不紧密,从图6f可以看出,PG/C-2在基体中发生了团聚,这是因为随着PG表面炭含量的增加,由于范德华力的存在,PG表面负载的炭逐渐趋于团聚,PG的存在不足以使负载的表面炭实现在树脂基体中的稳定存在与分散,这些团聚体成为一个个的应力集中点,导致复合材料的力学性能降低。

2.4 PG/C对复合材料导热性能的影响

不同炭含量的纳米添加剂PG/C对复合材料导热性能的影响如表1所示。EP/BF复合材料在25℃及100℃下的导热系数分别为0.17 W/(m·K)

和0.22 W/(m·K)。一维纳米粘土PG的加入,提高了复合材料的导热系数,原因在于,PG作为无机硅酸盐矿物,富含大量的 Al_2O_3 组分,有助于提升复合材料的导热性能^[15]。加入PG/C-0.5,复合材料的导热性能最优,25℃及100℃下导热系数较EP/BF分别提升64.7%和41.0%,达到0.28,0.31 W/(m·K),如前述讨论,这是由于PG和表面炭之间的协同作用,使得PG/C-0.5在树脂基体中均匀分散,并在一定的填充量下PG和炭之间可以实现相互接触,从而构建了体系内部的导热网链,使得热量可以在导热网链中实现有效传递^[16-17],提高复合材料的导热性能。当PG表面的炭含量提高时,即添加PG/C-2时,复合材料的导热系数下降,是由于炭含量增加,PG/C在树脂基体中趋于团聚,而且团聚体之间不能实现相互接触,导致体系内部没有形成有效的导热网链,从而降低了复合材料的导热性能。

表1 不同温度下复合材料的导热系数 W/(m·K)

样品	25℃下导热系数	100℃下导热系数
EP/BF	0.17	0.22
EP/BF-PG	0.23	0.27
EP/BF-PG/C-0.5	0.28	0.31
EP/BF-PG/C-2	0.24	0.25

3 结论

(1) 复合材料的最佳加压时机为凝胶开始后45 min;成型压力和纤维体积含量影响复合材料的力学性能。BF体积分数为40%、成型压力为3 MPa时,复合材料的弯曲性能最优;BF体积分数为30%、成型压力为1 MPa时,复合材料的ILSS最优。

(2) 添加PG/C-0.5制备的EP/BF-PG/C-0.5复合材料的弯曲性能和ILSS性能最优。与不含纳米添加剂的复合材料相比,其弯曲强度、弯曲弹性模量以及ILSS分别提高4.3%,10.7%和6.4%。

(3) 添加PG/C-0.5制备的EP/BF-PG/C-0.5复合材料的导热性能最优,25℃及100℃下导热系数较EP/BF分别提高64.7%和41.0%。

参考文献

- [1] Lee J H, Rhee K Y, Park S J. The tensile and thermal properties of modified CNT-reinforced basalt/epoxy composites[J]. Materials Science and Engineering: A, 2010, 527(26): 6 838-6 843.
- [2] 张俊华,李锦文,李传校,等.连续玄武岩纤维平纹布增强硼酚醛树脂复合材料研究[J].工程塑料应用,2008,36(12):17-19.
Zhang Junhua, Li Jinwen, Li Chuanxiao, et al. Research on CBFTC reinforced boron-phenolic resin composites[J]. Engineering

- Plastics Application, 2008, 36(12):17-19.
- [3] 洪晓东, 杨东旭, 邓恩燕. 改性玄武岩纤维增强环氧树脂复合材料的力学性能 [J]. 工程塑料应用, 2013, 41(2):20-24.
- Hong Xiaodong, Yang Dongxu, Deng Enyan. Mechanical properties of basalt fiber with surface modification reinforced epoxy resin composites[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(2):20-24.
- [4] Wei B, Cao H, Song S. Degradation of basalt fibre and glass fibre / epoxy resin composites in seawater[J]. Corrosion Science, 2011, 53(1):426-431.
- [5] Zhou Y, Pervin F, Rangari V K, et al. Influence of montmorillonite clay on the thermal and mechanical properties of conventional carbon fiber reinforced composites[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 191(1):347-351.
- [6] Ye Y, Chen H, Wu J, et al. Evaluation on the thermal and mechanical properties of HNT-toughened epoxy / carbon fibre composites[J]. Composites Part B:Engineering, 2011, 42(8):2145-2150.
- [7] Lee S O, Choi S H, Kwon S H, et al. Modification of surface functionality of multi-walled carbon nanotubes on fracture toughness of basalt fiber-reinforced composites[J]. Composites Part B:Engineering, 2015, 79:47-52.
- [8] Noh Y J, Kim S Y. Synergistic improvement of thermal conductivity in polymer composites filled with pitch based carbon fiber and graphene nanoplatelets[J]. Polymer Testing, 2015, 45:132-138.
- [9] Zhang X, Cheng L, Wu X, et al. Activated carbon coated palygorskite as adsorbent by activation and its adsorption for methylene blue[J]. Journal of Environmental Sciences, 2015, 33:97-105.
- [10] 邱军, 魏良明. 芳纶纤维 / 环氧树脂复合材料固化工艺的研究 [J]. 沈阳化工学院学报, 2000, 14(3):201-204.
- Qiu Jun, Wei Liangming. Study on shaping process of aramid fiber reinforcing epoxy resin composites[J]. Journal of Shenyang Institute of Chemical Technology, 2000, 14(3):201-204.
- [11] 陈立军, 武凤琴, 张欣宇, 等. 碳纤维 / 环氧树脂复合材料的改性及改性机理 [J]. 合成树脂及塑料, 2008, 25(1):75-78.
- Chen Lijun, Wu Fengqin, Zhang Xinyu, et al. Modification and its mechanism of carbon fiber / epoxy composite material[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2008, 25(1):75-78.
- [12] 王登武, 王芳. 环氧树脂 / 碳纳米管导热复合材料的制备与性能研究 [J]. 中国塑料, 2015, 29(4):54-57.
- Wang Dengwu, Wang Fang. Preparation and properties of novel thermally conductive epoxy / carbon nanotubes composites[J]. China Plastics, 2015, 29(4):54-57.
- [13] Etika K C, Liu L, Hess L A, et al. The influence of synergistic stabilization of carbon black and clay on the electrical and mechanical properties of epoxy composites[J]. Carbon, 2009, 47(13):3128-3136.
- [14] Liu L, Grunlan J C. Clay assisted dispersion of carbon nanotubes in conductive epoxy nanocomposites[J]. Advanced Functional Materials, 2007, 17(14):2343-2348.
- [15] 甘典松, 宋克东, 陈坤, 等. 热致性液晶 / 埃洛石纳米管 / 尼龙 66 导热原位混杂复合材料的结构与性能 [J]. 塑料工业, 2012, 40(7):114-117.
- Gan Diansong, Song Kedong, Chen Kun, et al. Structure and properties of TLCP / HNTs / PA66 in-situ composites[J]. China Plastics Industry, 2012, 40 (7):114-117.
- [16] 胡慧慧, 李凡, 李立群. 环氧树脂基导热绝缘复合材料的研究进展 [J]. 绝缘材料, 2011(5):27-30.
- Hu Huihui, Li Fan, Li Liqun. Progress in epoxy-based thermal conductive insulating composites[J]. Insulating Materials, 2011(5):27-30.
- [17] Kandare E, Khatibi A A, Yoo S, et al. Improving the through-thickness thermal and electrical conductivity of carbon fibre / epoxy laminates by exploiting synergy between graphene and silver nano-inclusions[J]. Composites Part A:Applied Science and Manufacturing, 2015, 69:72-82.

巴斯夫推出轻质阻燃保温新材料“巴数特”

巴斯夫欧洲公司日前推出一种名为“巴数特”的开孔泡沫。该产品具备众多独特性能,其基材赋予了它卓越的阻燃性,可在高达 240℃ 的高温下使用,并在较大的温差范围内保持稳定。得益于其开孔泡沫结构,“巴数特”具有质量轻、吸声效果好、低温下仍保持弹性、具有保温性能等优点。

“巴数特”三聚氰胺泡沫通常用于汽车和建筑物内部的轻质隔音材料,现在这种材料正逐渐用于电梯噪音的消减处理。日前,在与蒂森克虏伯电梯公司和 National Elevator Caband Door 公司联合开展的一个项目中,这种三聚氰胺泡沫被用来降低纽约市一座高层建筑电梯轿厢的噪音水平。尽管电梯速度非常快,轿厢内的噪音水平仍保持在 50 分贝

以下,比两个人交谈时的声音还要低。

“巴数特”的微小开孔结构使其具有高吸声能力。不仅可以满足吸声要求,还能满足其他设计标准。根据 ASTM E84 (建筑材料表面燃烧特性测试方法),这种材料符合火焰蔓延和烟雾浓度防火 A 级标准。此外,暴露于轿厢移动形成的高气流中时,这种材料不会出现纤维或颗粒剥落。为了减少从电梯开始运行到停止整个过程中的能量需求,轿厢还必须越轻越好。“巴数特”的密度较低,这有助于轿厢满足上述要求。

有专家指出,由于其声学性能、轻量化和防火性能,“巴数特”通常用于火车、飞机等运输工具。电梯只是一种垂直运输方式,巴数特自然更能满足要求。(中纺报)