

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.12.012

改性 EP/S-GF 单向复合材料缠绕成型工艺及性能^{*}

张丹丹,王汝敏,江浩,楚桥,海一飞

(西北工业大学理学院应用化学系,陕西省高分子科学与技术重点实验室,西安 710129)

摘要:以4,4'-二氨基二苯甲烷、苯酚和甲醛为原料合成二胺型苯并恶嗪(MDA-BOZ),并用其改性环氧树脂(EP)。采用湿法缠绕成型方法制备单向高强玻璃纤维(S-GF)增强改性EP基复合材料。用 $T-\beta$ 外推法和凝胶化时间法确定了复合材料的成型工艺,并测试了其在室温和高温下的拉伸强度、弯曲强度、层间剪切强度等力学性能。与EP/4,4'-二氨基二苯砜(DDS)/S-GF复合材料相比,EP/MDA-BOZ/DDS/S-GF复合材料综合力学性能有较大提高。EP/MDA-BOZ/DDS/S-GF复合材料室温弯曲强度达1428.3 MPa,层间剪切强度达79.92 MPa,纵向拉伸强度1134.1 MPa,拉伸弹性模量为40.15 GPa。复合材料在100℃时,弯曲强度保持率为78.95%,层间剪切强度保持率为81.06%。扫描电子显微镜分析发现,改性树脂与玻璃纤维界面粘结性较好。

关键词:环氧树脂;苯并恶嗪;单向纤维;湿法缠绕;复合材料

中图分类号: TQ327.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)12-0054-06

Winding Molding Process and Properties of S-GF Reinforced Modified EP Unidirectional Composite

Zhang Dandan, Wang Rumin, Jiang Hao, Chu Qiao, Hai Yifei

(Shaanxi Key Laboratory of Macromolecular Science and Technology, Department of Applied Chemistry, School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: The diamine-based benzoxazine(MDA-BOZ) was synthesized using the raw material of 4,4'-diamino diphenyl methane, phenol and formaldehyde, and then the epoxy resin was modified by MDA-BOZ. Unidirectional fiber composites were prepared with the method of wet winding molding. The molding process of the composites material was researched using extrapolation method and gel time method. The tensile, bending, inter-laminar shear performance both at room temperature and high temperature of the composites were tested. Compared with the EP/4,4'-diamino diphenyl sulfone(DDS)/S-GF composites, the EP/MDA-BOZ/DDS/S-GF composites have better comprehensive mechanical properties. At room temperature, the bending strength of EP/MDA-BOZ/DDS/S-GF composite is 1428.3 MPa, the inter-laminar shear strength is 79.92 MPa, the tensile strength in longitudinal direction is 1134.1 MPa, the modulus of elasticity in tension is 40.15 GPa. At the temperature of 100℃, the retention rate of bending strength is 78.95%, the retention rate of inter-laminar shear strength is 81.06%. The scanning electron microscope shows that the interface cohesiveness between the modified resin and glass fiber is very good.

Keywords: epoxy resin; benzoxazine; unidirectional fiber; wet winding; composite

环氧树脂(EP)是一种传统航空用复合材料树脂基体。与现阶段应用量较大的不饱和聚酯树脂相比,EP较好的粘结性能、优良的耐化学药品性及力学性能使其在材料领域得到广泛应用^[1-5]。4,5-环氧基环己烷-1,2-二甲酸二缩水甘油酯(简称TDE-85)属于三官能度脂环族EP,其黏度低,环氧值高(0.85)且与固化剂相容性好;因其分子中所含两个缩水甘油酯基的反应活性较高,所以其反应活性高于一般的脂环族EP^[6]。航空航天用复合材料对耐高温性及力学性能要求较高^[7],因此笔者采用4,4'-二氨基二苯砜甲烷型苯并恶嗪(MDA-BOZ)改性EP基体,以满足高性能复合材料的使用要求。

苯并恶嗪作为一类新型的热固性树脂,其耐热性好,分子设计性灵活^[8],成型收缩率几乎为零;同时其力学性能比EP更优异^[9-12]。苯并恶嗪开环后产生的酚羟基活性较高,同时,Minich桥上的N原子可以和酚羟基的O原子形成氢键,因此可用来改善EP的耐热性^[13-14]。研究发现,二胺型苯并恶嗪开环形成酚羟基的邻位和对位均可参与聚合反应,因而产生更多的交联点,聚合物交联密度和分子量

^{*} 西北工业大学研究生种子基金项目(Z2014175)

联系人:王汝敏,教授,博士生导师,主要从事高性能高分子及其复合材料的研究

收稿日期:2015-09-20

也有所提高,从而使其玻璃化转变温度(T_g)、热稳定性和力学性能有所提高^[15]。用湿法缠绕成型制备树脂基复合材料不仅工序少、生产周期较短,而且所用设备较简单,因此可使生产成本降低^[16]。笔者以 4,4'-二氨基二苯甲烷、苯酚和甲醛为原料合成 MDA-BOZ,并用其改性 EP,研究了改性 EP 体系的固化工艺;采用湿法缠绕成型方法制备单向玻璃纤维(S-GF)增强改性 EP 单向复合材料;同时,对其在室温和高温下的力学性能、吸水率以及高温老化性能进行测试,并用扫描电子显微镜(SEM)分析了该复合材料试样室温弯曲测试后的断面形貌,为其良好的综合性能提供有力的证据。

1 实验部分

1.1 主要原材料

MDA-BOZ:自制;

EP:TDE-85,环氧值 0.85,天津晶东化学复合材料有限公司;

4,4'-二氨基二苯砜(DDS):SCR,国药集团化学试剂有限公司;

二氯甲烷:广东光华科技有限公司;

丙酮:天津市天力化学试剂有限公司;

S-GF:南京玻璃纤维研究院。

1.2 仪器与设备

缠绕机:自制;

液压机:SL-45 型,上海第一橡胶机械厂;

引伸计:JYS-4 型,西安世纪测控技术研究所;

电子天平:FA2104B 型,上海精密科学仪器有限公司;

SEM:VEGA3LMH 型;捷克共和国 TESCAN 公司;

差示扫描量热(DSC)仪:MDSC2910 型,美国 TA 公司;

高精度温控器:WK650 型,深圳市新三思材料检测有限公司;

电热鼓风干燥箱: DGH-9240A 型,上海一恒科学仪器有限公司;

微机控制电子万能试验机: CMT5105 型,深圳市新三思材料检测有限公司。

1.3 试样制备

按配比称取一定量的 EP,MDA-BOZ 和 DDS,并将其溶于丙酮和二氯甲烷的混合溶剂中,采用湿法缠绕成型方法制备 S-GF 增强 EP 预浸料;将预浸料晾置以使溶剂挥发,再经剪裁,铺层,用提前制定

的模压成型工艺制备单向复合材料层板。为减少挥发份含量,用前可将预浸料烘干至质量几乎不变。板材按照测试标准切割,后处理即得复合材料试样。测试试样制备流程如图 1 所示。

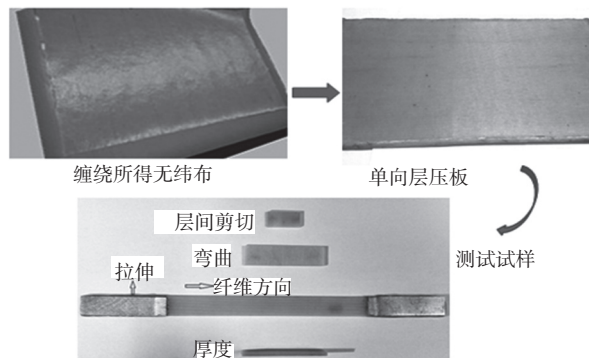


图 1 试样制备的流程图

1.4 性能测试

用平板小刀法测试 EP/MDA-BOZ/DDS 的凝胶化时间:加热平板使其稳定在预定的测量温度点,取 0.2~0.4 g 树脂置于平板表面,待树脂熔融后开始计时,到树脂抽不出丝时停止,此段时间即为树脂在该温度下的凝胶化时间;

弯曲性能按 GB/T 3356-2014 测试;

层间剪切强度按 JC/T 773-1996 测试;

拉伸性能按 GB/T 3354-2014 测试;

吸水率按 GB/T 1462-2005 测试;

耐水性按照 GB/T 10703-1989 测试。

2 结果与讨论

2.1 复合材料成型工艺的确定

聚合物基复合材料的性能在纤维和 EP 体系确定后,主要取决于成型工艺。复合材料的成型工艺主要由固化温度、固化时间、加压历程和后处理等决定。通过测定 EP/MDA-BOZ/DDS 的凝胶化时间及不同升温速率(β)下的 DSC,结合温度(T) $-\beta$ 外推法确定成型工艺。图 2 为 EP/MDA-BOZ/DDS 的凝胶化时间-温度曲线。由图 2 可知,树脂凝胶化时间随着温度升高而缩短,这主要因为树脂在高温下分子间更容易发生交联反应,从而使凝胶化时间减少。当温度低于 140℃时,树脂体系的凝胶化时间较长,体系比较稳定;在 140~180℃时,凝胶化时间迅速降低,凝胶化时间对温度比较敏感,当温度高于 185℃时,凝胶化时间不到 10 min。图 3 为 MDA-BOZ 含量为 7 份时 EP/MDA-DOZ/DDS 在升温速率分别为 5,10,15℃/min 时的 DSC

曲线图。其特征温度峰始温度(T_i)、峰顶温度(T_p)、峰终温度(T_f)分别列于表1中,用表1数据作 T - β 外推曲线,如图4所示。将各直线外推至 $\beta=0$,可近似得到 $T_{\text{凝胶}}=120^\circ\text{C}$, $T_{\text{固化}}=154^\circ\text{C}$, $T_{\text{后处理}}=228^\circ\text{C}$ 。

结合凝胶化时间及 T - β 外推曲线,可将固化工工艺设定为 $140^\circ\text{C}/2\text{h}+160^\circ\text{C}/2\text{h}+180^\circ\text{C}/2\text{h}$ 。加压时机根据成型过程中树脂流动状态来把握,成型压力为1 MPa。

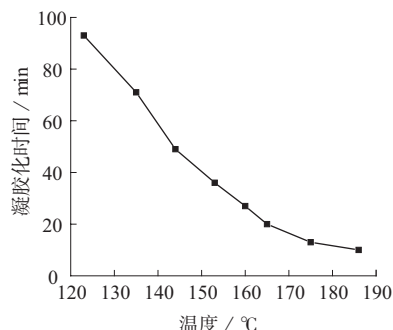
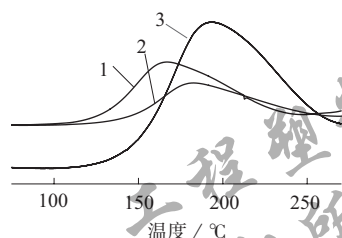


图2 EP/MDA-BOZ/DDS 凝胶化时间-温度曲线



升温速率:1—5K/min; 2—10K/min; 3—15K/min

图3 EP/MDA-BOZ/DDS 不同升温速率下的DSC曲线

表1 不同 β 下的DSC数据

$\beta / (\text{K} \cdot \text{min}^{-1})$	T_i / K	T_p / K	T_f / K
5	386.08	438.91	514.10
10	394.34	455.31	529.5
15	401.89	465.23	542.64

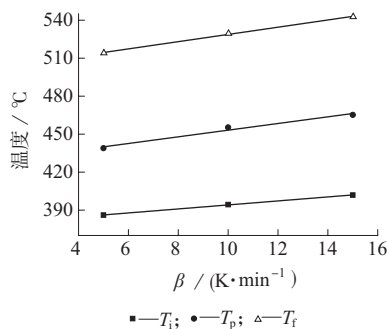


图4 固化反应温度与升温速率之间的关系曲线

2.2 复合材料性能

(1) 室温力学性能。

表2列出了分别以EP/DDS和EP/MDA-DOZ/DDS为基体制得单向纤维复合材料的室温力学性能。

表2 复合材料的室温力学性能

项 目	EP/DDS/S-GF	EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF
0° 拉伸强度 / MPa	945.43	1 134.1
0° 拉伸弹性模量 / GPa	38.01	40.15
0° 弯曲强度 / MPa	1028.9	1 428.3
0° 弯曲弹性模量 / GPa	27.82	33.06
90° 弯曲强度 / MPa	68.91	65.89
90° 弯曲弹性模量 / GPa	10.19	10.12
层间剪切强度 / MPa	77.3	79.92
纤维体积分数 / %	49.92	51.04
含胶量 / %	33.40	32.42
密度 / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	1.728	1.775

从表2可以看出,EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF复合材料的综合力学性能较好,这主要是采用EP/MDA-DOZ/DDS以及湿法缠绕成型方法,优良的固化工艺,以及纤维性能及合适的含胶量共同决定的。该复合材料中纤维在树脂基体中单向排列,当复合材料受到外力作用时,由于复合材料中存在各向异性,使得力的传递方向主要与纤维取向方向一致,从而减缓力对复合材料的破坏作用;且S-GF与EP的界面结合性较好。综合以上原因,在合适的含胶量下,改性EP基复合材料的各项力学性能均有所提高。由于90°方向上,强度和模量主要由树脂基体控制,因此,相比于0°方向EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF各项性能取值较低。改性EP基复合材料力学性能优良,较改性前有明显提高,这是由于MDA-BOZ的加入使得EP/MDA-DOZ/DDS基体固化时小分子生成减少,树脂对玻璃纤维的浸润性较EP/DDS有所提高,使得基体与纤维的界面粘接更好。

(2) 高温力学性能。

复合材料不可避免要在高温条件下使用,所以有必要研究其高温力学性能。EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF复合材料在室温、100°C和120°C下的力学性能如图5所示。

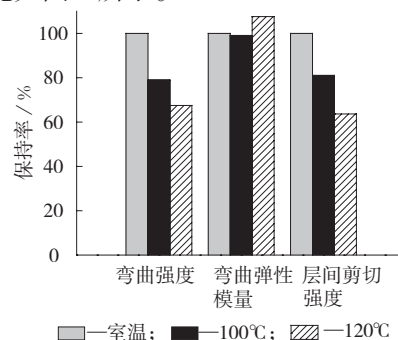


图5 EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料室温、高温力学性能保持率

由图5可以看出,EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF复合材料在100℃和120℃下的弯曲强度、弯曲弹性模量及层间剪切强度保持率分别为78.95%,99.08%,81.06%和67.49%,107.6%,63.68%。由此可知,在100℃和120℃温度下复合材料的弯曲强度、层间剪切强度均有所下降,弯曲弹性模量几乎不变,但弯曲强度保持率、层间剪切强度保持率均较高,这是由于温度对纤维几乎没有影响,但对树脂基体和界面的影响较大。在高温下,树脂基体会发生软化、变形增加,导致树脂基体与纤维之间空隙增加,树脂与纤维间的粘结性减弱,复合材料的弯曲强度和剪切强度降低;由于在0°方向上,模量主要由纤维控制,所以在高温下模量变化很小。

(3) 耐水性。

在湿热环境下,树脂基复合材料会因其内部结构缺陷导致其性能受到影响。EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF复合材料耐水性加速试验结果如图6所示。

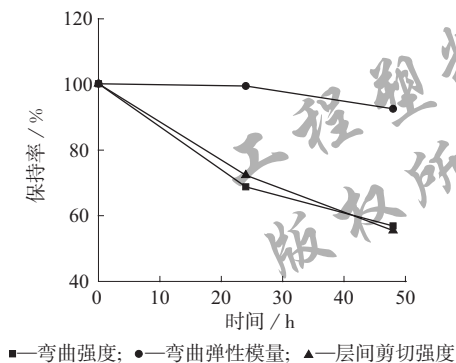


图6 EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料耐水性加速试验

从图6可以看出,改性树脂基复合材料在80℃水中处理24h及48h后的弯曲强度保持率分别为68.57%,56.66%,弯曲弹性模量保持率分别为99.31%,92.36%,层间剪切强度保持率分别为72.13%,55.25%。复合材料在80℃水中24h及48h后的性能都有所降低,这主要是因为分子热运动会随着温度的升高而加快,在高温下,由于材料中存在微裂纹等缺陷,使得水分子更容易进入缺陷部分。材料中大量水分子的存在会使基体中聚合物发生溶胀,同时伴随着聚合物链的重排等过程,从而影响纤维和基体间的界面及树脂的性能。最终使弯曲强度、层间剪切强度等力学性能下降。

(4) 高温老化。

将EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF复合材料试样置于150℃电热鼓风干燥箱中,经过不同时间后

取出在室温下进行性能测试,表3列出了不同老化时间后EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF复合材料的弯曲强度、弯曲弹性模量、层间剪切强度性能保持率。由表3可以看出,复合材料在老化初期,其弯曲强度、弯曲弹性模量、层间剪切强度均未出现下降现象。这主要是因为150℃高温下,复合材料中树脂基体进行后固化,使得固化更完全,从而在短时间(96h)内各项性能略有提高。

表3 EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料高温

老化时间/h	老化后的性能保持率		
	保持率/%		
	弯曲强度	弯曲弹性模量	层间剪切强度
0	100.0	100.0	100.0
24	102.7	105.2	102.6
48	106.5	107.8	105.6
72	108.8	108.5	111.6
96	115.2	116.4	111.9

(5) 吸水率。

图7为EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF复合材料分别在不同温度下的吸水率-时间关系图。

由图7可知,复合材料初始阶段吸水率随温度升高而加快,且吸水量随着时间延长而明显增加;到后期,吸水量增加逐渐变缓,最终吸水量达到饱和,使得吸水率-时间关系曲线出现平台。复合材料在室温下吸水率较低,饱和吸水率接近1.62%。在50,80℃及沸水中的饱和吸水率分别接近2.98%,3.15%,3.42%,均比室温明显增加。复合材料的吸水率随着温度的升高而增大,这是由于温度升高,分子链段的运动加快,水分子在基体交联网络中的运动越剧烈,从而导致复合材料吸水率增大。由于复合材料中改性树脂基体固化程度高,EP/MDA-DOZ/DDS与S-GF之间界面粘结性好,复合材料孔隙率小,从而使整个复合材料表现出较好的耐水性。

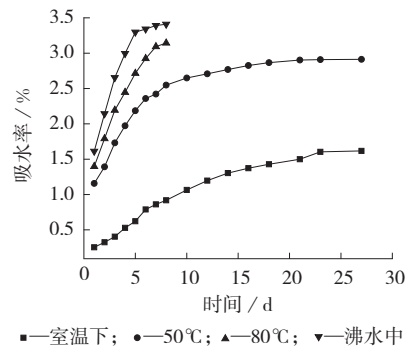
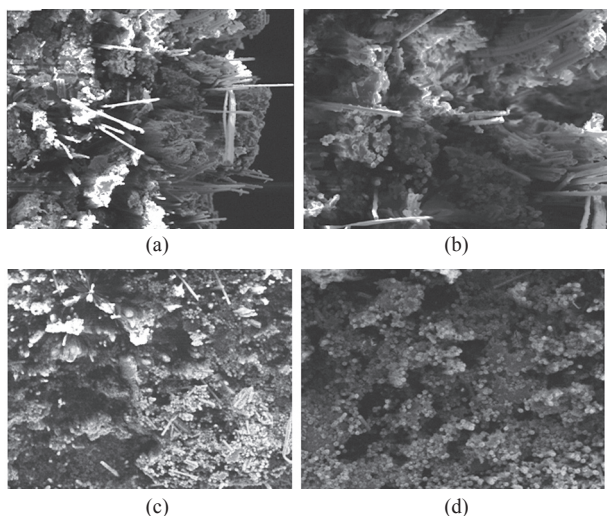


图7 EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料吸水率-时间关系

2.3 断面形貌分析

图8为复合材料在拉应力下断面形貌的SEM



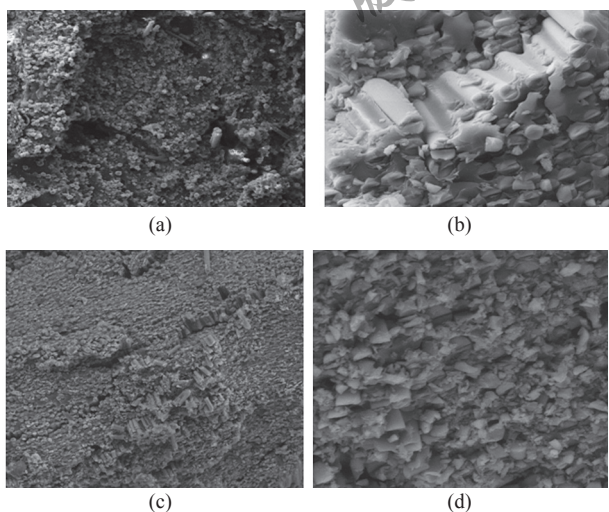
EP/DDS/S-GF 复合材料: a—250 倍; b—500 倍

EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料: c—300 倍; d—500 倍

图 8 复合材料拉应力下断面形貌 SEM 照片

照片。由图 8 可知,在下表面受拉部分,纤维束状拔出,纤维-树脂界面层脱粘开裂;且由图 8a、图 8b 可看出,EP/DDS/S-GF 复合材料纤维与树脂界面层开裂严重,图 8c、图 8d 可知,EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料纤维与树脂界面粘结情况相对较好,从而使 EP/MDA-DOZ/DDS 基复合材料各项力学性能比 EP/DDS 基复合材料好。

图 9 为复合材料压应力下断面形貌的 SEM 照片。



EP/DDS/S-GF 复合材料: a—5000 倍; b—2500 倍

EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料: c—500 倍; d—2500 倍

图 9 复合材料压应力下断面形貌 SEM 照片

由图 9a、图 9b 可以看出,与压头接触的上表面受压部分,断面处存在大量裂纹,这主要是纤维与树脂间粘结不够紧密所致。并且当外力作用在材料上时,压应力和剪切力同时存在于树脂和纤维中,在双

重力的作用下,纤维层在断面处的断裂形貌呈阶梯状。比较图 9b 可知,EP/DDS/S-GF 复合材料中基体断面较平滑,表现为脆性断裂;而图 9d 可知,EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料中基体断面较粗糙,表现为韧性断裂。以上分析为 EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料相对较高的力学性能提供有力的证据。

3 结论

(1) 确定 S-GF 增强 EP/MDA-BOZ/DDS 复合材料成型工艺;EP/MDA-BOZ/DDS/S-GF 复合材料综合力学性能比 EP/DDS/S-GF 复合材料好,EP/MDA-BOZ/DDS/S-GF 复合材料室温下弯曲强度可达 1428.3 MPa,弯曲弹性模量为 33.06 GPa,纵向拉伸强度为 1134.1 MPa,拉伸弹性模量为 40.15 GPa,层间剪切强度为 79.92 MPa。

(2) EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 在 100 ℃ 下弯曲强度保持率为 78.95%,层间剪切强度保持率为 81.06%;在 80 ℃ 水中处理 48 h 后,其弯曲强度保持率为 56.66%,弯曲弹性模量保持率为 92.36%,层间剪切强度保持率为 55.25%;耐高温老化性较好。

(3) EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料吸水率较低,室温下饱和吸水率接近 1.62%,50,80 ℃ 及沸水中的饱和吸水率接近 2.98%,3.15%,3.42%。

(4) EP/MDA-DOZ/DDS 基体与玻璃纤维界面粘结性较好,EP/MDA-DOZ/DDS/S-GF 复合材料是一种综合性能较好的高性能树脂基复合材料。

参考文献

- [1] Czaderski C, Martinelli E, Michels J, et al. Effect of curing conditions on strength development in an epoxy resin for structural strengthening[J]. Composites Part B:Engineering, 2012, 43(2):398-410.
- [2] Wu Jing, Wang Yan, Yu Junrong, et al. Synthesis of hyperbranched polybenzoxazoles and their molecular composites with epoxy resins[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2015, 132(18), DOI: 10.1002/app.41942.
- [3] Jin Fanlong, Li Xiang, Park S J. Synthesis and application of epoxy resins: A review[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015, 29(9):1-11.
- [4] Jeon H R, Park J H, Shon M Y. Corrosion protection by epoxy coating containing multi-walled carbon nanotubes[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2013, 19(3):849-853.
- [5] Pimenta S, Pinho S T. Recycling carbon fibre reinforced polymers for structural applications: technology review and market outlook[J]. Waste management, 2011, 31(2):378-392.

- [6] 郑亚萍, 宁荣昌. TDE—85 环氧树脂应用性能研究 [J]. 宇航材料工艺, 2000, 30(3):30–33.
- Zheng Yaping, Ning Rongchang. A Study on service performance of TDE—85 epoxy resin matrixes[J]. Aerospace Materials & Technology, 2000, 30(3):30–33.
- [7] Guo Hui, Sheng Haitong, Peng Xuegang, et al. Preparation and mechanical properties of epoxy / diamond nanocomposites[J]. Polymer Composites, 2014, 35(11):2 144–2 149.
- [8] Wang Yongxia, Ishida H. Synthesis and properties of new thermoplastic polymers from substituted 3,4-dihydro-2 H-1, 3-benzoxazines[J]. Macromolecules, 2000, 33(8):2 839–2 847.
- [9] Ishida H, Allen D J. Mechanical characterization of copolymers based on benzoxazine and epoxy[J]. Polymer, 1996, 37(20):4 487–4 495.
- [10] Ghosh N N, Kiskan B, Yagci Y. Polybenzoxazines—new high performance thermosetting resins:synthesis and properties[J]. Progress in polymer Science, 2007, 32(11):1 344–1 391.
- [11] Liu Xin, Gu Yi. Study on the volumetric expansion of benzoxazine curing with different catalysts[J]. Journal of applied polymer science, 2002, 84(6):1 107–1 113.
- [12] 刘欣, 顾宜. 苯并噁嗪热固化过程中体积变化的研究 [J]. 高分子学报, 2000(10):612–618.
- Liu Xin, Gu Yi. Study on the volumetric change during ring-opening polymerization of benzoxazines[J]. Acta Polymerica Sinica, 2000(10):612–618.
- [13] Ishida H, Krus C M. Synthesis and characterization of structurally uniform model oligomers of polybenzoxazine[J]. Macromolecules, 1998, 31(8):2 409–2 418.
- [14] Ishida H, Allen D J. Mechanical characterization of copolymers based on benzoxazine and epoxy[J]. Polymer, 1996, 37(20):4 487–4 495.
- [15] 黄进, 刘丽, 顾宜. 苯并噁嗪树脂的应用研究进展 [J]. 化工新型材料, 2008(7):4–6.
- Huang Jin, Liu Li, Gu Yi. Research progress in the application of benzoxazine resins[J]. New Chemical Materials, 2008(7):4–6.
- [16] 苏祖君, 梁国忠, 曾金芳, 等. 树脂基复合材料湿法缠绕成型研究进展 [J]. 玻璃钢 / 复合材料, 2005(1):46–49.
- Su Zujun, Liang Guozhong, Zeng Jinfang, et al. Study progress in wet winding technology of resin matrix composites[J]. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2005(1):46–49.

多材料混合 3D 打印技术的下一个前沿

多材料的混合 3D 打印方式能够创造一个本身具有不同属性的产品而无需组装,其目的是通过减少制造产品的步骤来提高效率。与单一材料 3D 打印相比,它可以一次制造拥有多种功能或物理属性的产品,而不需要再把各种部件组装起来。

多材料混合 3D 打印技术加快了拥有日益复杂部件的产品推向市场的速度,并可以精确计算所需的原材料数量,减少了生产浪费。而在柔性机器人、轻质结构和灵活电子设备等领域,多材料混合 3D 打印技术正在掀起一场前所未有的革命。

美国研发出的主动混合多材料 3D 打印机为全 3D 打印可穿戴设备和电子设备铺平了道路,该打印机可以主动整合不同的材质和属性,包括柔性和刚性材料以及导电和非导电油墨等,并且首次在 3D 打印的普通基体材料上打印嵌入式导体、电线和电池等。

美国一家公司研发出了一款可以一次打印 10 种材料的 3D 打印机,引起了美国国防部的关注,这台打印机不仅能够混合打印多种材料,更是能够将复杂的电子器件、电路和传感器等直接植入对象。

柔性电子设备、可穿戴传感器等具有极高的军事应用价值。电子设备在极端条件下的生存能力对于空军执行常规和特殊任务十分重要,而软电子设备的创造可以延长那些经常暴露于高振动、极端温度条件下的关键设备的寿命,特别是能够保证飞机上武器系统的稳定性。3D 打印机的直接多

材料混合打印和植入能力可以在最初打印器件中直接嵌入复杂的电子器件,省去了手工装配的需要,极大地降低了成本,减少了浪费。另外,除了军事应用,这项技术在柔性机器人、普通的医疗或者消费应用也大有前景。

多材料混合 3D 打印技术目前仍在探索当中,但是可以看到,这种在打印产品中整合不同材料和性质的能力将是 3D 打印技术的下一个前沿。

(广东塑料网)

TER 公司量身定做加强版 PA6

总部设于德国赫恩的 TER Plastics Polymer 集团根据电镀工艺的要求,量身定做了一款加强版聚酰胺 (PA)6 产品,名为 Terez Galvano PA,该产品的特殊之处就在于其表面良好的抛光度以及极强的韧度和强度。

目前,汽车内饰、扶手、家具、卫生设备家具等领域都需要使用到镀锌等制模产品。塑料电镀制品不仅可以实现很好的金属质感,而且能够减轻制品的质量,还能有效地改善塑料外观及装饰性,同时其在结构上的优势,不仅具有优良的综合性能,易于加工成型,而且材料表面具有较高的镀层结合力。

目前市场上一般的 PA 产品无法承受极强的弯曲力以及拉伸力,然而 Terez Galvano PA 的生产线是专门针对电镀生产过程研制的,该产品卓越的镀层结合力,良好的流动性、优秀承受力学强度的能力以及表面良好的抛光性是以前的 PA 产品无法与之抗衡的。

TER 公司表示,该生产线不仅适用于 PA 产品的生产,还适用于生产高光泽以及无光泽镀铬产品。(工程塑料网)