

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2020.07.009

玻璃纤维 / 甲基丙烯酸改性环氧树脂复合材料制备

马开宝, 高守臻, 李大勇, 王晓立, 罗长宏, 魏化震, 郑志才, 于广

(山东非金属材料研究所, 济南 250031)

摘要: 通过甲基丙烯酸(MAA)与环氧基团之间的反应得到MAA接枝改性的环氧树脂,然后采用真空灌注工艺制备了玻璃纤维/MAA改性环氧树脂复合材料,研究了反应时间、催化剂用量对MAA接枝率的影响以及MAA接枝率、苯乙烯含量、纤维含量对复合材料性能的影响。结果表明,反应时间5 h后MAA接枝率达到最大值;催化剂用量为环氧树脂质量的0.35%时MAA接枝率最高且反应平稳;MAA接枝率越高复合材料的力学性能越高;苯乙烯含量为15%时,复合材料的拉伸强度达到最大值,苯乙烯的含量为10%时,复合材料的弯曲强度、层间剪切强度达到最大值;纤维含量为60%时复合材料的力学性能最佳。

关键词: 甲基丙烯酸;环氧树脂;玻璃纤维;接枝改性;复合材料

中图分类号: TQ32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2020)07-0044-06

Preparation and Properties of Glass Fiber / Methacrylic Acid Modified Epoxy Resin Composites

Ma Kaibao, Gao Shouzhen, Li Dayong, Wang Xiaoli, Luo Changhong, Wei Huazhen, Zheng Zhicai, Yu Guang

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

Abstract : The methacrylic acid (MAA) graft modified epoxy resin was obtained by the reaction between MAA and epoxy groups. Then the glass fiber / MAA modified epoxy resin composite was prepared by vacuum infusion process. The reaction time was studied. The effect of catalyst dosage on the grafting rate of MAA and the effect of MAA grafting rate, styrene content and fiber content on the properties of composites was studied. The results show that the grafting rate of MAA reaches the maximum after 5 h reaction time ; the grafting rate of MAA is the highest and the reaction is stable when the amount of catalyst is 0.35% of epoxy resin resin ; the higher the grafting rate of MAA, the higher the mechanical properties of the composite is. When the styrene content is 15%, the tensile strength of the composite reaches the maximum value, the flexural strength and interlaminar shear strength of the composite reach the maximum when the content of styrene is 10%, the mechanical properties of the composite are best when the fiber content is 60%.

Keywords : methacrylic acid ; epoxy resin ; glass fiber ; graft modification ; composite

环氧树脂是指含有2个或2个以上环氧基的有机化合物,不同的固化剂可制得结构和性能各异的环氧树脂固化物^[1-3]。环氧树脂固化后具有良好的物理化学性能,具有超强的粘结力和附着力以及高的力学性能和优异的耐水性^[4-6],一般被当作粘接剂、层压料、涂料等应用于国防及国民经济领域^[7-9]。

环氧树脂固化物由于交联度太大导致其冲击性能较差,产品偏脆^[10],同时环氧树脂具有黏度大等缺点限制了其应用范围。在复合材料使用中通常是将环氧树脂溶于有机溶剂如丙酮或酒精中。有机

溶剂不仅会对空气造成污染,对现场操作人员的身体造成一定的伤害,同时对安全生产提出了更高的要求^[11]。随着人们对环境质量要求的不断提高,环境友好型树脂得到人们的关注和青睐,同时环氧树脂价格高,必须在不影响使用性能的条件下对环氧树脂进行改性,因此改性环氧树脂的研究显得尤为重要^[12]。提高环氧树脂的韧性,扩大其应用范围是环氧树脂在高新技术应用的研究重点^[13-15]。

目前环氧树脂的改性方法包括有机硅改性、聚氨酯改性、丁腈橡胶改性等三种^[16],均是通过诱导

通讯作者: 高守臻, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为非金属复合材料 E-mail : gaoshouzhen@163.com

收稿日期: 2020-04-21

引用格式: 马开宝, 高守臻, 李大勇, 等. 玻璃纤维 / 甲基丙烯酸改性环氧树脂复合材料制备 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(7) : 44-49.

Ma Kaibao, Gao Shouzhen, Li Dayong, et al. Preparation and properties of glass fiber / methacrylic acid modified epoxy resin composites[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(7) : 44-49.

剪切变形,使基体产生耗能,并使裂纹终止、分枝,结果导致环氧树脂断裂韧性的提高,但对耐热性影响较大^[17]。丙烯酸类树脂具有优良的特性:如耐候性佳、光稳定性优异、耐水、耐碱性良好及优异的粘接性能,常用于对环氧树脂的改性^[18-20]。

笔者以环氧树脂与甲基丙烯酸(MAA)为原料,在催化剂、阻聚剂作用下,对环氧树脂进行改性,环氧树脂改性后不但将不饱和键引入环氧分子链的两端,而且环氧树脂的典型分子结构不变,在不降低材料力学性能的同时,大大提高材料的韧性,降低树脂黏度及成本,并且能够提高环氧树脂的耐候性、耐热性及耐化学药品性等。用改性后的环氧树脂做复合材料进行性能测试,验证了改性环氧树脂的性能。

1 实验部分

1.1 主要原材料

双酚 A 型环氧树脂:E-51,工业品,无锡蓝星新材料股份有限公司;

MAA:工业品,上海化学试剂有限公司;

苯乙烯:工业品,淄博协创化工有限公司;

1,4-对苯二酚、N,N-二甲苯胺、过氧化环己酮、环烷酸钴:化学纯,市售;

无碱平纹玻璃布:廊坊大亮化工建材有限公司;

D400 真空袋膜、H100 密封胶条:江苏艾合复合材料有限公司。

1.2 仪器及设备

液压机:Y/TD 71-45A 型,天津市天锻瑞丰压力机制造有限公司;

动态材料试验机:INSTRON 8032 型,英国 INSTRON 公司;

电热鼓风干燥箱:101A-3 型,黄骅市卸甲综合电器厂;

数显集热式恒温加热磁力搅拌器:DF-101S 型,郑州生化仪器有限公司。

1.3 MAA 改性环氧树脂的制备

将适量环氧树脂加入装有带回流装置的四口烧瓶中,开启冷却回流,同时冷凝管通大气,加热至 60℃使环氧树脂黏度降低,搅拌,加入适量 N,N-二甲苯胺、适量 1,4-对苯二酚,滴加适量 MAA,在 1 h 内滴加完毕,温度保持在 70~90℃,反应时间为 5~6 h,反应超过 1 h 后,每间隔 0.5 h 测树脂的酸值,当酸值小于 8 mg KOH/g 以下,停止加热,加入适量苯乙烯,搅拌 5 min 后,迅速降温至室温反应结束,出料。图 1 为 MAA 改性环氧树脂的反应。

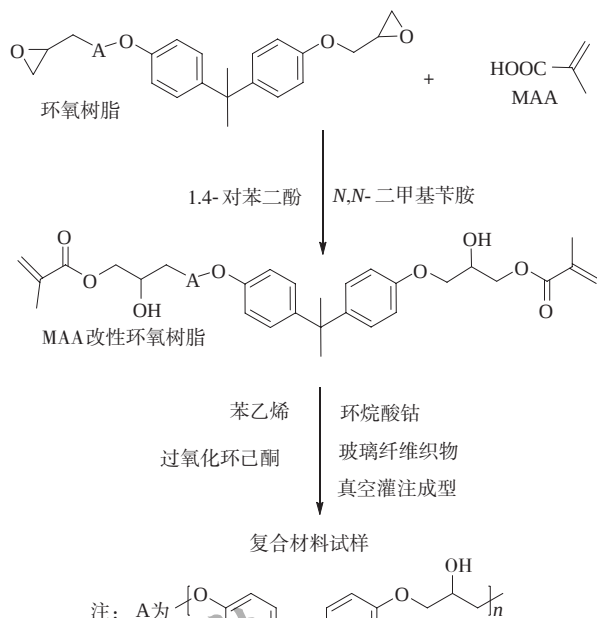


图 1 MAA 改性环氧树脂的反应

1.4 MAA 改性环氧树脂复合材料的制备

将 MAA 改性环氧树脂加入过氧化环己酮、环烷酸钴搅拌 5~10 min,待气泡消失后即可制备复合材料。按一定的配比称取无碱平纹玻璃布、MAA 改性环氧树脂,采用真空灌注工艺制备复合材料,制备工艺流程如图 2 所示。

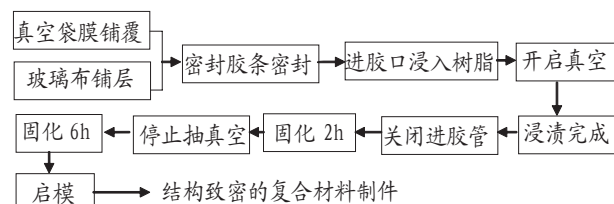


图 2 复合材料制备工艺流程图

1.5 性能测试

酸值按 GB/T 2895-2008 测试;

树脂黏度按 GB/T 7193-2008 测试;

拉伸强度、断裂伸长率按 GB/T 3354-1999 测试,拉伸速率为 2 mm/min;

层间剪切强度按 GB/T 25671450.1-2005 测试,加载速度为 10 mm/min;

弯曲强度按 GB/T 3356-1999 测试,弯曲速率为 5 mm/min;

MAA 接枝转化率测量:取一定量的环氧树脂用去离子水洗 3~4 遍,将未反应的 MAA 洗掉,再用乙酸丁酯洗 2 遍,去除未反应的环氧树脂,放入烘箱烘至恒重,所得质量与初始质量的百分比即为 MAA 转化率。

2 结果与讨论

2.1 树脂反应过程的影响因素

(1) 反应时间对 MAA 接枝率及树脂酸值的影响。

在催化剂 *N,N*-二甲基苄胺定量的条件下, MAA 与环氧树脂在一定温度条件下进行反应, 反应时间对 MAA 转化率及树脂酸值影响如图 3 所示。

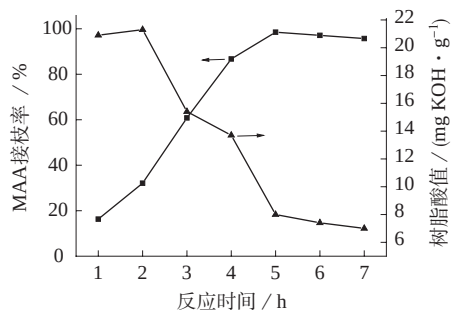


图3 随着反应时间的增加, MAA 接枝率和树脂酸值的变化趋势

反应开始, 树脂中含有大量的游离酸, 酸值大, 树脂接枝率小。随着反应时间不断延长, 酸值逐步变小, MAA 接枝率不断增加, 当反应进行到 5 h 时, 树脂酸值降为 8.0 mg KOH/g 左右, 接枝率最高可达 98.5%, 当反应超过 5 h 酸值下降缓慢, 测得的 MAA 接枝率略有减少。分析原因是: 开环反应不但包括环氧基与羧基的反应, 甚至接枝到环氧分子链的羧基也参与了开环反应, 导致 MAA 反应一定程度的接枝率降低。随着时间的延长, 树脂黏度不断增大, 时间过长会产生凝胶现象, 所以反应时间不易过长, 一般控制在 5 h 左右。

(2) 催化剂用量对 MAA 转化率的影响。

催化剂 *N,N*-二甲基苄胺的量的大小直接影响反应能否进行, 不加或少加催化剂都不能合成出满意的树脂。催化剂量太大, 反应进行太快不易操作, 易产生爆聚, 造成原材料及设备损毁。图 4 是在反应温度为 90℃, 反应时间为 5 h 时的 *N,N*-二甲基苄胺添加量与 MAA 转化率的关系。

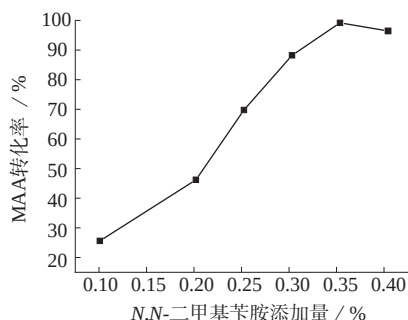


图4 MAA 转化率随 *N,N*-二甲基苄胺添加量的变化趋势图

从图 4 可以看出, 随着 *N,N*-二甲基苄胺添加

量的增加, MAA 转化率先升高后降低。当 *N,N*-二甲基苄胺添加量为 0.35% 时, MAA 转化率最高。原因是: 环氧树脂中微量的双酚 A 阻碍 MAA 单体的聚合, 然而 *N,N*-二甲基苄胺添加量增大后, 自由基数目增加, 双酚 A 的阻聚效应减弱, 接枝反应继续。但 *N,N*-二甲基苄胺添加量过多时, 导致 MAA 的自聚, 链终止的几率增加, 接枝率不升反降。当 *N,N*-二甲基苄胺用量超过 0.4% 时, 随着 *N,N*-二甲基苄胺用量的增加, 开环反应也在增加, 所以控制催化剂的用量对接枝反应很重要。由图 4 可以看出, *N,N*-二甲基苄胺用量为环氧树脂质量的 0.35% 最为适宜。

2.2 MAA 接枝率对复合材料性能的影响

(1) MAA 接枝率对复合材料断裂伸长率的影响。

通过控制反应时间得到了具有不同 MAA 接枝率的改性环氧树脂, 然后采用真空灌注成型工艺得到玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料试样。图 5 为 玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料的断裂伸长率随 MAA 接枝率变化曲线。

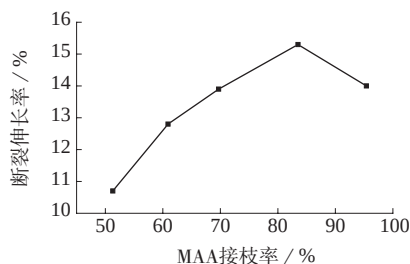


图5 不同 MAA 接枝率的玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料的断裂伸长率

从图 5 可看出, 随着 MAA 接枝率的增加, 玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料的断裂伸长率呈先增加后降低的趋势, MAA 接枝率为 83% 时, 复合材料的断裂伸长率达到最大。说明 MAA 改性能够提高环氧树脂的韧性。

(2) MAA 接枝率对玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料力学性能的影响。

图 6 为不同 MAA 接枝率的玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料的拉伸强度、弯曲强度。图 7 不同 MAA 接枝率的玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料的层间剪切强度。从图 6 和图 7 可以看到, 随着 MAA 接枝率的提高, 复合材料的拉伸强度、弯曲强度、层间剪切强度均提高, 表明 MAA 的接枝率达到或接近 100% 时玻璃纤维/MAA 改性

环氧树脂复合材料具有最优的综合力学性能。是因为 MAA 接枝率越高,树脂中残留的环氧基团越少,而改性环氧树脂依靠碳碳双键之间的反应发生固化,环氧基团并不参与反应,因此 MAA 的接枝率越高,改性环氧树脂的活性点碳碳双键越多,树脂固化后的交联度越高,从而复合材料具有更高的强度。

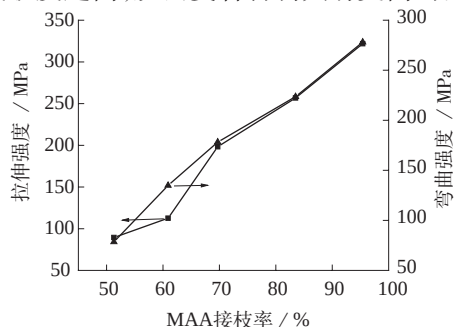


图6 不同 MAA 接枝率的复合材料的拉伸强度、弯曲强度

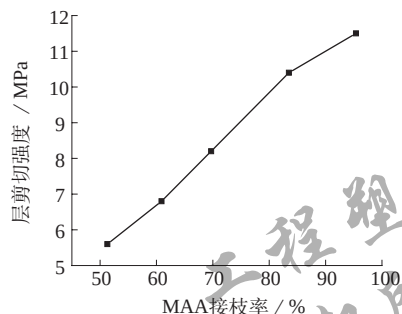


图7 不同 MAA 接枝率的复合材料的层间剪切强度

2.3 活性稀释剂含量对复合材料力学性能的影响

苯乙烯是 MAA 改性环氧树脂重要的活性稀释剂,能起到降低树脂黏度、提高环氧树脂使用工艺性的作用。图8为不同苯乙烯含量的复合材料的拉伸强度、弯曲强度。图9为不同苯乙烯含量的复合材料的层间剪切强度。从图8和图9可以看到,复合材料拉伸强度、弯曲强度和层间剪切强度随着苯乙烯加入量的增加呈现先增大后减少的趋势,当苯乙烯的含量为15%时,拉伸强度达到最大值,苯乙烯的含量为10%时,层间剪切强度及弯曲强度最大。由此可见,当苯乙烯的含量为10%~15%时,复合材料的综合力学性能最佳。苯乙烯含量低时,改性环氧树脂的黏度大,对纤维织物的浸润性差,纤维丝束之间的空隙不能完全被树脂浸润填充,固化后树脂的孔隙率高,因此复合材料的力学性能较低。改性环氧树脂作为交联点,当苯乙烯含量高时,苯乙烯自聚成链的程度高,交联点之间的距离变大,苯乙烯含量越高,树脂固化后交联程度越低,这样使得复合材料的力学性能呈下降趋势。

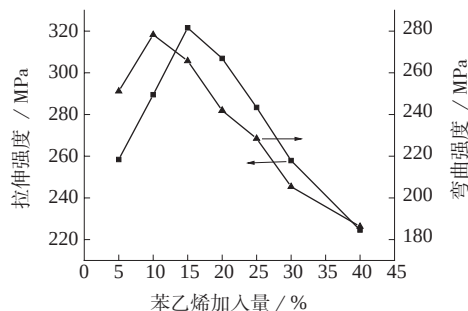


图8 不同苯乙烯含量的复合材料的拉伸强度、弯曲强度

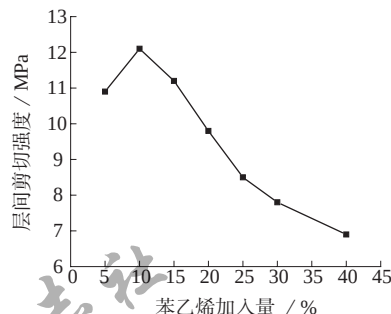


图9 不同苯乙烯含量的复合材料的层间剪切强度

2.4 玻璃纤维含量对复合材料力学性能的影响

玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料的力学性能随纤维含量的变化如图10、图11所示。

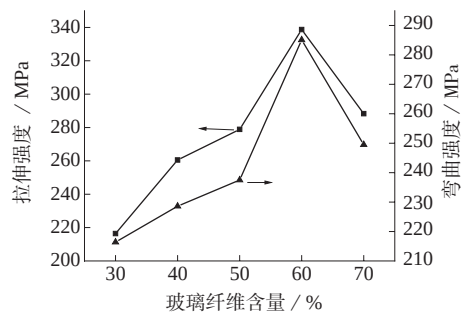


图10 不同玻璃纤维含量的复合材料的拉伸强度、弯曲强度

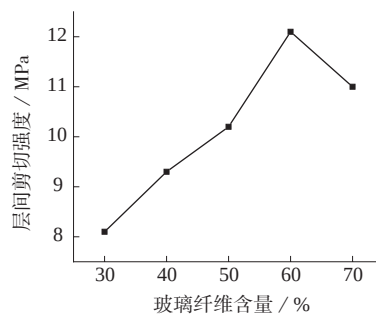


图11 不同玻璃纤维含量的复合材料的层间剪切强度

在纤维含量30%~70%的范围内,当纤维含量为30%时,环氧树脂含量最大,玻璃纤维/MAA 改性环氧树脂复合材料的拉伸强度、弯曲强度和层间剪切强度最低。当纤维含量增加时,复合材料的拉伸强度、弯曲强度、层间剪切强度也在增加,当玻璃

纤维含量达到60%时,玻璃纤维/MAA改性环氧树脂复合材料的拉伸强度、弯曲强度、层间剪切强度达到最大,而后随着玻璃纤维织物含量的增加复合材料的拉伸强度、弯曲强度、层间剪切强度反而下降。原因是玻璃纤维/MAA改性环氧树脂复合材料的力学性能与纤维含量关系密切,纤维含量较多时,树脂含量低,难以浸润纤维,复合材料易出现缺胶现象,力学性能差;纤维含量过低时,树脂含量高,纤维难以起到有效的增强作用,复合材料的力学性能较差。纤维含量为60%时复合材料的力学性能达到最佳。

3 结论

(1) MAA改性环氧树脂的反应时间为5 h时,MAA接枝率达到最高,此后延长反应时间,MAA接枝率不会进一步提高,甚至有所降低。

(2) 催化剂N,N-二甲基苄胺用量为环氧树脂的0.35%时,反应效率高、反应聚合平稳。

(3) MAA的接枝率越高,玻璃纤维/MAA改性环氧树脂复合材料的拉伸强度、弯曲强度、层间剪切强度越高。

(4) 苯乙烯含量为15%时,玻璃纤维/MAA改性环氧树脂复合材料的拉伸强度最高;苯乙烯含量为10%时,复合材料的弯曲强度、层间剪切强度最高。

(5) 在MAA改性环氧树脂/玻璃纤维复合材料中,纤维含量60%时MAA改性环氧树脂/玻璃纤维复合材料的性能最优。

参考文献

- [1] 王亚祥,李彩娜,吴明清,等.氧化铝纳米化修饰对环氧复合材料性能的影响[J].工程塑料应用,2019,47(10):42-46.
Wang Yaxiang, Li Caina, Wu Mingqing, et al. Effect of nano-alumina modification on properties of epoxy composites[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(10):42-46.
- [2] 胡家朋,熊联明,唐星华,等.环氧树脂改性研究新进展[J].工程塑料应用,2005,33(5):73-76.
Hu Jiapeng, Xiong Lianming, Tang Xinghua, et al. New progress in epoxy resin modification research[J]. Engineering Plastics Application, 2005, 33(5):73-76.
- [3] 南洪尧,李岳,李志刚.玻璃纤维增强环氧树脂力学性能研究[J].湘潭大学自然科学学报,2018(3):46-50.
Nan Hongyao, Li Yue, Li Zhigang. Study on the mechanical properties of glass fiber reinforced epoxy resin[J]. Natural Science Journal of Xiangtan University, 2018(3):46-50.
- [4] 鲁程航,李倩蓉,李晶晶,等.单组份自交联环氧-丙烯酸酯复合乳液的结构设计[J].黄冈师范学院学报,2019(3):57-60.
Lu Chenghang, Li Qianrong, Li Jingjing, et al. Structural design of one-component self-crosslinking epoxy-acrylate composite emulsion[J]. Journal of Huanggang Normal University, 2019(3):57-60.
- [5] 陈红霞,曹海建,黄晓梅.玻纤/环氧树脂基间隔复合材料平压性能的数值模拟[J].南通大学学报:自然科学版,2019(2):69-74.
Chen Hongxia, Cao Haijian, Huang Xiaomei. Numerical simulation of flat compression properties of glass fiber/epoxy resin spacer composites[J]. Journal of Nantong University: Natural Science Edition, 2019(2):69-74.
- [6] 苏桂仙,和芹,张宁,等.MAA/MMA/二甲基二氯硅烷改性环氧树脂的制备及性能[J].热固性树脂,2015(1):29-32.
Su Guixian, He Qin, Zhang Ning, et al. Preparation and properties of epoxy resin modified by MAA/MMA/dimethyldichlorosilane[J]. Thermosetting Resin, 2015(1):29-32.
- [7] 王希,史利利,张绪刚,等.丙烯酸酯低聚物改性环氧树脂的研究[J].化学与粘合,2018(1):30-33.
Wang Xi, Shi Lili, Zhang Xugang, et al. Study on acrylate oligomer modified epoxy resin[J]. Chemistry and Adhesion, 2018(1):30-33.
- [8] 郝松松,孙晓峰,宋巍,等.石墨烯改性环氧树脂涂层的制备及其性能[J].中国表面工程,2018,31(3):108-115.
Hao Songsong, Sun Xiaofeng, Song Wei, et al. Preparation and properties of graphene modified epoxy resin coating[J]. China Surface Engineering, 2018, 31(3):108-115.
- [9] 张东致,段正才,王翀,等.环氧树脂复合材料的固化动力学[J].化工设计通讯,2019,45(1):72.
Zhang Dongzhi, Duan Zhengcai, Wang Chong, et al. Curing kinetics of epoxy resin composites[J]. Chemical Engineering Design Bulletin, 2019, 45(1):72.
- [10] 唐玉玲,姜智,周振功,等.碳纤维增强环氧树脂复合材料螺栓连接结构在拉伸载荷下损伤过程的声发射分析[J].复合材料学报,2019,36(8):1854-1863.
Tang Yuling, Jiang Zhi, Zhou Zhengong, et al. Acoustic Emission analysis of the damage process of carbon fiber reinforced epoxy composite bolt structure under tensile load[J]. Acta Materialiae Compositae Sinica, 2019, 36(8):1854-1863.
- [11] 陈杰,卢祉巡.玄武岩纤维布增强环氧树脂复合材料研究[J].吉林化工学院学报,2019,36(1):66-69.
Chen Jie, Lu Zhixun. Research on basalt fiber cloth reinforced epoxy resin composites[J]. Journal of Jilin Institute of Chemical Technology, 2019, 36(1):66-69.
- [12] 阮班超,史同亚,王永刚.E玻璃纤维增强环氧树脂基复合材料轴向拉伸力学性能的应变率效应[J].复合材料学报,2018,35(10):2715-2722.
Ruan Banchao, Shi Tongya, Wang Yonggang. Strain rate effect of axial tensile mechanical properties of E glass fiber reinforced epoxy resin composites[J]. Acta Materialiae Compositae Sinica, 2018, 35(10):2715-2722.

- [13] 甘春诚,边晓艳,赵玉英. 玻璃纤维树脂基复合材料的研究分析[J]. 中国科技投资,2018(17):253.
Gan Chuncheng, Bian Xiaoyan, Zhao Yuying. Research and analysis of glass fiber resin matrix composites[J]. China Science and Technology Investment, 2018(17):253.
- [14] 邓阳,宋助钢. 聚氨酯丙烯酸酯改性环氧树脂用于环保紫外光辐射固化油墨应用[J]. 化工管理,2018(12):22-23.
Deng Yang, Song Zhugang. Polyurethane acrylate modified epoxy resin used in environmental protection ultraviolet radiation curing ink application[J]. Chemical Industry Management, 2018(12):22-23.
- [15] 蒋涛,李爽,赵辉,等. 化学共聚改性环氧树脂研究进展[J]. 湖北大学学报:自然科学版,2017,39(6):633-638,645.
Jiang Tao, Li Shuang, Zhao Hui, et al. Research progress of chemical copolymerization modified epoxy resin[J]. Journal of Hubei University: Natural Science Edition, 2017, 39(6):633-638, 645.
- [16] 麦庆光,盘茂东,钟优德,等. 丙烯酸酯改性环氧树脂的制备及其在抛光轮的应用[J]. 广州化工,2019,47(2):54-57.
Mai Qingguang, Pan Maodong, Zhong Youde, et al. Preparation of acrylate modified epoxy resin and its application in polishing wheels[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2019, 47(2):54-57.
- [17] 赵洪涛,陈国华,田明伟,等. 功能性环氧树脂复合材料研究进展[J]. 盐城工学院学报:自然科学版,2018,31(3):1-9.
Zhao Hongtao, Chen Guohua, Tian Mingwei, et al. Research progress of functional epoxy resin composites[J]. Journal of Yancheng Institute of Technology: Natural Science Edition, 2018, 31(3):1-9.
- [18] 陈鹏群,谢小林,徐迪. 航空复合材料 RTM 工艺用环氧树脂的流变模型[J]. 工程塑料应用,2018,46(8):58-62,74.
Chen Pengqun, Xie Xiaolin, Xu Di. Rheological model of epoxy resin for aerospace composite RTM process[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(8):58-62, 74.
- [19] 李晓雷,包春连,凌钦才. 单官能化改性环氧树脂及其在 UV 固化胶粘剂中的应用[J]. 粘接,2019,40(5):139-143.
Li Xiaolei, Bao Chunlian, Ling Qincan. Monofunctionalized modified epoxy resin and its application in UV curing adhesive[J]. Adhesion, 2019, 40(5):139-143.
- [20] 王亚鑫,谢晖,黄莉,等. 低黏度柔性 UV 固化环氧丙烯酸酯的合成及性能研究[J]. 涂料工业,2019,49(2):56-63.
Wang Yaxin, Xie Hui, Huang Li, et al. Synthesis and properties of low-viscosity flexible UV-curable epoxy acrylate[J]. Coatings Industry, 2019, 49(2):56-63.

欢迎订阅 2020 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘,请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大 16 开本,每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊,是中国合成树脂供销协会会刊,荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2020 年定价 20 元/期,全年 240 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,双月刊,大 16 开本,单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊,荣获多项省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2020 年定价 20 元/期,全年 120 元。目前杂志社尚有部分 2000 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973 年)至 2019 年底共 47 卷 362 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售;同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992 年)至 2019 年底

共 28 卷 133 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文,又可根据读者自定义的关键词进行全文检索,非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 550 元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 250 元。

邮局汇款:

收款地址:济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位:《工程塑料应用》杂志社

邮编:250031

电话:(0531)85878223 85878057 85878278

传真:(0531)85947355

银行汇款:

户名:山东非金属材料研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

帐号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.net>