

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.09.025

润滑剂对 PE 木塑复合材料性能的影响

刘点¹, 郭勇¹, 李大纲², 陈玉霞¹, 刘盛全¹, 李伟³

(1. 安徽农业大学, 合肥 230036; 2. 南京林业大学, 南京 210037; 3. 宿州市东大木业有限公司, 安徽宿州 234000)

摘要: 以高密度聚乙烯为基体, 木粉为填料, 分别采用硬脂酸 (HSt), HSt/乙撑双硬脂酸酰胺 (EBS) 复合物以及复合脂肪酸盐 3 种不同润滑剂体系, 通过微型注塑和挤出成型制备了 3 种木塑复合材料 (WPC), 研究了 3 种润滑剂体系对 WPC 力学性能、线性热膨胀系数 (CLTE)、熔融结晶行为及热稳定性的影响。结果表明, 添加 HSt 和 HSt/EBS 复合物的 WPC 拉伸性能相差不大, 而添加复合脂肪酸盐的 WPC 拉伸强度和拉伸弹性模量相对较低, 断裂伸长率相对较高。使用温度为 -40~40℃ 时, 添加 HSt 的 WPC CLTE 最高, 添加复合脂肪酸盐的 WPC 最低; 而使用温度为 40~80℃ 时, 添加 HSt 的 WPC CLTE 最低, 添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 最高。润滑剂对 WPC 的熔融温度和结晶温度影响不大, 其中添加 HSt 的 WPC 结晶度最高, 添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 结晶度最低。热重分析表明, 与其它两种润滑剂相比, 添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 热分解温度最高, 失重率最小, 具有最好的热稳定性。

关键词: 润滑剂; 聚乙烯; 木塑复合材料; 力学性能; 结晶; 线性热膨胀系数; 热稳定性

中图分类号: TQ321.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)09-0137-05

Effect of Lubricants on Properties of PE Wood Plastic Composites

Liu Dian¹, Guo Yong¹, Li Dagang², Chen Yuxia¹, Liu Shengquan¹, Li Wei³

(1. Anhui Agriculture University, Hefei, 230036, China; 2. Nanjing Forest University, Nanjing 210037, China;

3. Suzhou Dongda Wood Industry Co. Ltd., Suzhou 234000, China)

Abstract: Taking high-density polyethylene as plastic matrix, wood powder as filler, stearic acid (HSt), HSt/ethylene distearate amide (EBS) compound and compound fatty acid salt as three lubricating systems, the three kinds of wood plastic composite (WPC) were prepared by micro injection and extrusion molding equipment. The effects of the three lubricating systems on the mechanical properties, coefficient of linear thermal expansion (CLTE), melting and crystallization behaviors and thermal stability of WPC were studied. The results show that the tensile properties of WPC with HSt and HSt/EBS are similar, the tensile strength and modulus of elasticity of WPC with compound fatty acid salt are relatively low, but the elongation at break is relatively high. When the using temperature is -40~40℃, the linear thermal expansion coefficient (CLTE) of WPC with HSt is the highest, the CLTE of WPC with compound fatty acid salt is the lowest, but when the using temperature is 40~80℃, the WPC with HSt has the lowest CLTE and the WPC with HSt/EBS has the highest CLTE. The three lubricating systems have slight influences on the melting and crystallization temperature of WPC, the crystallinity of WPC with HSt is the highest and the crystallinity of WPC with HSt/EBS is the lowest. Thermogravimetric analysis show that, compared with the other two lubricants, the WPC with HSt/EBS has the highest decomposition temperature and the lowest weight loss rate, which indicates that the WPC has the best thermal stability.

Keywords: lubricant; polyethylene; wood plastic composite (WPC); mechanical property; crystallization; coefficient of linear thermal expansion; thermal stability

近年来, 木塑复合材料发展较为迅速, 相关学者选用了不同种类、形态、用量的植物纤维原料与树脂基体共混制备了不同的木塑复合材料 (WPC)。

除植物纤维和树脂基体外, 还需在 WPC 中加入各种助剂, 因而对于不同的偶联剂、润滑剂以及其它助剂的选择相关学者也做了大量的研究^[1-5], 而在这些

基金项目: 安徽省科技重大专项项目 (16030701087)

通讯作者: 郭勇, 副教授, 主要研究方向为生物质复合材料加工及利用 E-mail: fly828828@163.com

收稿日期: 2018-07-10

引用格式: 刘点, 郭勇, 李大纲, 等. 润滑剂对 PE 木塑复合材料性能的影响 [J]. 工程塑料应用, 2018, 46(9):137-141.

Liu Dian, Guo Yong, Li Dagang, et al. Effect of lubricants on properties of PE wood plastic composites[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(9):137-141.

助剂中,润滑剂在 WPC 的加工及成型过程中具有至关重要的作用:一方面,适量的润滑剂可以提升材料的加工性能,使得 WPC 更易成型;另一方面,相关研究表明润滑剂可以有效改善 WPC 的制品表面性能,微观结构分析表明 WPC 中植物纤维与基体之间有更好的结合^[6]。

不同润滑剂的选择会直接影响 WPC 的加工性能和物理力学性能^[7]。目前的相关研究主要集中在偶联剂的选用以及植物纤维表面改性方面^[6],而在润滑剂的选用方面研究较少。在 WPC 的工业生产中,硬脂酸(HSt)和乙撑双硬脂酸酰胺(EBS)是两种常用的润滑剂,其中 HSt 具有较好的稳定性,可作为 WPC 的增塑剂、稳定剂以及脱模剂等,是最常用的一种润滑剂,EBS 可以提高 WPC 的熔体流动速率,改善 WPC 的脱模性,而由 HSt 与 EBS 组成的复合润滑体系被称为 WPC 用工业标准润滑剂^[8]。另外,复合脂肪酸盐(脂肪酸酯和脂肪酸盐的混合物)可以有效拓宽 WPC 的加工温度范围,降低熔体压力,从而有效地降低成本^[9]。但目前综合研究这 3 种润滑剂对 WPC 性能影响的相关文献还较少。

笔者通过研究 HSt, HSt/EBS 复合物以及复合脂肪酸盐 3 种润滑剂体系对 WPC 的力学性能、熔融结晶行为、热稳定性以及不同使用温度下尺寸稳定性等性能的影响,对比了这 3 种润滑剂体系对 WPC 性能的影响程度,从而为 WPC 的生产应用提供相应的技术参考。

1 实验部分

1.1 主要原料

木粉:意杨木粉,粒径 0.250~0.425 mm,中国江苏泗阳木粉厂;

高密度聚乙烯:回收料,宜兴市华鸿塑料制品厂;

HSt:上海延安油脂厂;

EBS:南京天鑫化工有限公司;

复合脂肪酸盐:北京 Sunway 化学有限公司;

马来酸酐接枝聚乙烯(PE-g-MAH):上海日升化学有限公司。

1.2 主要仪器与设备

微量双螺杆挤出机:HAAKE MinilabII 型,德国 HAAKE 公司;

微量注塑机:HAAKE MiniJetII 型,德国 HAAKE 公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9070A 型,上海精

宏实验设备有限公司;

游标卡尺:W0579B 型,哈尔滨量具刃具有限公司;

万能力学试验机:AUTOGRAPH AG-IC 型,日本岛津公司;

热机械分析(TMA)仪:TMA402F1 型,德国 Netzsch 公司;

差示扫描量热(DSC)仪:DSC200 型,德国 Netzsch 公司;

热重分析(TG)仪:TG209 型,德国 Netzsch 公司。

1.3 试样制备

(1) 力学性能试样制备。

首先将木粉在 105℃下干燥 12 h,然后将高密度聚乙烯、意杨木粉、润滑剂、相容剂 PE-g-MAH 按质量比 50:47:2:1 在微量注塑机中注射成哑铃型试样,采用 ASTM D638-2014 中的 Type V 模具,熔体温度为 170℃,模具温度为 60℃,注塑压力为 70 MPa,注塑时间为 5 s,保压压力为 650 MPa,保压时间为 5 s。采用的润滑剂分别为 HSt, HSt/EBS 复合物(HSt 与 EBS 质量比为 1:1)以及复合脂肪酸盐。

(2) TMA 试样制备。

首先将木粉在 105℃下干燥 12 h,然后按照上述的相同配方将各组分加入到微量双螺杆挤出机中,通过高温熔融,螺杆推送及挤出制备相应的 WPC 板材,挤出温度为 170℃、螺杆转速为 55 r/min、共混时间为 5 min。

1.4 性能测试

(1) 力学性能测试。

拉伸性能参照 ASTM D638-2014 测试,加载速度为 2 mm/min。测试温度为 25℃,相对湿度为 45%~55%。哑铃形试样厚度 3.18 mm,宽度 3.18 mm,原始标距 11.5 mm。

(2) TMA 测试^[10]。

将 WPC 板材截成 15 mm×4.5 mm×1 mm 的测试试样,利用 TMA 仪测试其热膨胀性能,采用拉伸加载模式,试样从 -40℃升温至 150℃,升温速率 5℃/min,记录其形变,然后按照式(1)求其线性热膨胀系数(CLTE):

$$CLTE=(\Delta L/\Delta T)/L \quad (1)$$

式中: $\Delta L/\Delta T$ ——温度每升高 1℃试样长度的变化值,mm/℃;

L ——试样原始长度, mm。

(3) DSC 测试^[11]。

采用氮气保护模式,将力学性能测试的 WPC 试样磨成 5~10 mg 的粉末,置于铝坩埚中进行 DSC 测试。首先以 10℃/min 升温速率从 25℃升温至 200℃,并保持 5 min,消除热历史的影响;然后以 5℃/min 的降温速率从 200℃冷却至 25℃,得到降温 DSC 曲线以及 WPC 的结晶温度和结晶焓;最后以 10℃/min 的升温速率升温至 200℃,得到二次升温 DSC 曲线以及 WPC 的熔融温度、熔融焓及结晶度。

(4) TG 测试。

采用氮气保护模式,取上述制备的 WPC 粉末 5~10 mg 放入 TG 仪中,以 10℃/min 的升温速率将试样从室温升至 750℃,测试其热稳定性。

2 结果与讨论

2.1 润滑剂对 WPC 力学性能的影响

表 1 为添加不同润滑剂的 WPC 的拉伸弹性模量、拉伸强度和拉伸断裂应变。从表 1 可以看出,添加 HSt 和 HSt/EBS 复合物的 WPC 拉伸弹性模量、拉伸强度、断裂伸长率相差不显著,但添加复合脂肪酸盐的 WPC 拉伸弹性模量、拉伸强度明显小于前者,断裂伸长率明显大于前者。这可能是由于复合脂肪酸盐的加入加大了 WPC 中树脂基体分子间的距离,降低了界面作用力和木粉对基体的束缚作用,从而使强度降低、断裂韧性提高。拉伸实验测试结果表明, HSt 和 HSt/EBS 复合物可使 WPC 中的树脂基体与木粉增强相之间有更紧密的结合,对 WPC 的强度和刚性有利,而复合脂肪酸盐对 WPC 的断裂韧性有利。

表 1 添加不同润滑剂的 WPC 的拉伸弹性模量、拉伸强度和拉伸断裂应变

润滑剂	拉伸弹性模量 / MPa	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %
HSt	21.53(1.83)	20.08(0.87)	20.95(1.63)
HSt/EBS	22.22(1.71)	20.31(1.21)	21.59(1.18)
复合脂肪酸盐	18.75(0.89)	18.15(1.03)	26.06(1.37)

注:表中数据为测试 5 次的平均值,括号内数据为相应的标准差。

2.2 不同使用温度下润滑剂对 WPC 尺寸稳定性的影响

为了研究低温、常温、高温使用环境下 WPC 的尺寸稳定性,分别取低温(-40~20℃)、常温(20~40℃)、高温(40~80℃)3 个温度段,并计算这 3 个温度段内添加不同润滑剂的 WPC 的 CLTE,其结果列于表 2。由表 2 可见,添加不同润滑剂的 WPC 的

CLTE 在 -40~20℃和 20~40℃两个温度范围内相对较低,而在 40~80℃这个温度范围内 CLTE 显著增大。这说明添加 3 种润滑剂的 WPC 在低温和常温条件下尺寸稳定性均较好,而高温条件下,尺寸稳定性较差。另外,添加 HSt 的 WPC 在 -40~40℃范围内 CLTE 相对最高,而在 40~80℃相对最低,这说明,添加 HSt 的 WPC 在低温和常温状态下使用时,尺寸稳定性相对较差,而高温状态下尺度稳定性相对较好。添加 HSt/EBS 复合物和复合脂肪酸盐的 WPC 在 -40~40℃范围内 CLTE 相对较低,而在 40~80℃范围内 CLTE 相对较高,这说明添加这两种润滑剂的 WPC 在低温和常温状态下使用时,尺寸稳定性相对较好(其中添加复合脂肪酸盐的 WPC 尺寸稳定性最好),而在高温状态下使用,尺寸稳定性较差(添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 尺寸稳定性最差)。

表 2 添加不同润滑剂的 WPC 在不同使用温度下的 CLTE $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

润滑剂	使用温度范围 / $^{\circ}\text{C}$		
	-40 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 80
HSt	62.20(2.6)	72.00(3.7)	101.50(5.2)
HSt/EBS	57.48(1.8)	71.64(2.3)	114.86(4.6)
复合脂肪酸盐	56.85(2.5)	67.32(2.8)	106.44(4.9)

注:表中数据为测试 5 次的平均值,括号内数据为相应的标准差。

2.3 润滑剂对 WPC 熔融结晶行为的影响

图 1 为添加不同润滑剂的 WPC 的 DSC 降温曲线和二次升温曲线,表 3 和表 4 为从相应 DSC 曲线上获得的结晶和熔融相关数据。

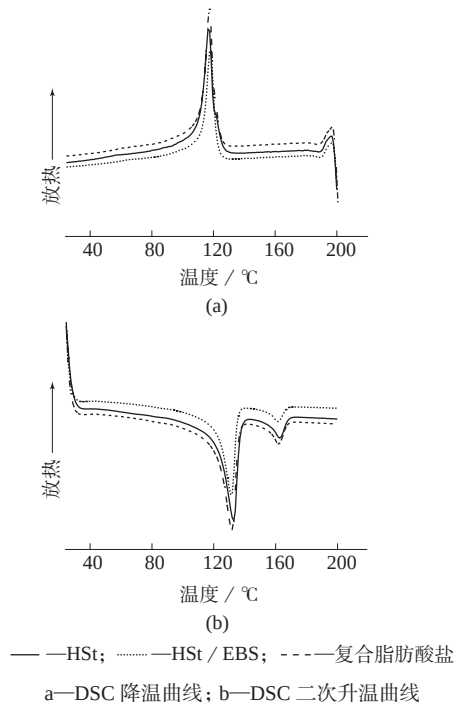


图 1 添加不同润滑剂的 WPC 的 DSC 降温曲线和二次升温曲线

表3 添加不同润滑剂的 WPC 结晶温度、结晶焓

润滑剂	$T_{ci}/^{\circ}\text{C}$	$T_{cp}/^{\circ}\text{C}$	$T_{cf}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta H_c/(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})$
HSt	111.0	116.9	121.0	48.93
HSt/EBS	113.1	117.9	122.0	38.64
复合脂肪酸盐	112.1	117.3	121.5	42.90

注: T_{ci} 为结晶起点温度, T_{cp} 为结晶峰温度, T_{cf} 为结晶终点温度, ΔH_c 为结晶焓。

表4 添加不同润滑剂的 WPC 的熔融温度、熔融焓和结晶度

润滑剂	$T_{mi}/^{\circ}\text{C}$	$T_{mp}/^{\circ}\text{C}$	$T_{mf}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta H_m/(\text{J}\cdot\text{g}^{-1})$	$X_c/\%$
HSt	122.3	132.9	136.8	48.97	16.70
HSt/EBS	122.3	131.4	135.1	34.16	13.19
复合脂肪酸盐	121.8	131.7	135.7	42.98	14.64

注: T_{mi} 为熔融起点温度, T_{mp} 为熔融峰温度, T_{mf} 为熔融终点温度, ΔH_m 为熔融焓, X_c 为结晶度。

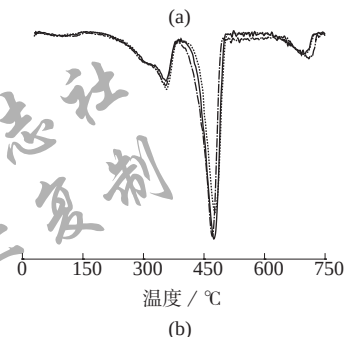
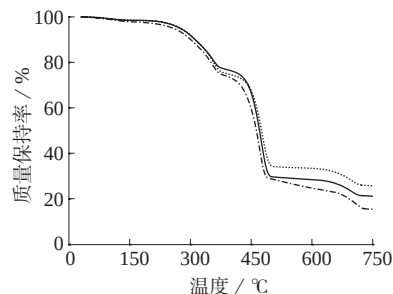
从图 1a 及表 3 相关数据可以看出,添加不同润滑剂的 WPC 在从 200℃ 冷却至 25℃ 过程中均有一个明显的放热峰(结晶峰)(200℃ 附近的小峰可能是测试时产生的干扰峰),3 种润滑剂对 WPC 中高密度聚乙烯基体的结晶温度影响不明显,其中添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 结晶温度略高一些,但结晶焓明显最低,这可能是因为 HSt/EBS 复合物在基体与木粉之间的界面润滑作用抑制了木粉-基体界面间晶层的形成。另外,添加 HSt 的 WPC 结晶焓最高,表明其对 WPC 中高密度聚乙烯结晶的抑制作用相对较低。

从图 1b 及表 4 相关数据可以看出,添加不同润滑剂的 WPC 在 25~200℃ 范围内均有一个明显的熔融吸热峰(160℃ 附近的小峰可能是测试时产生的干扰峰)。不同润滑剂对 WPC 熔融吸热峰影响不明显,故 3 种 WPC 的熔融温度相差不大,总体来看,添加 HSt 的 WPC 熔融温度稍高一些,其熔融热焓也高于添加其它两种润滑剂的 WPC,由此计算得到的结晶度也最高,而添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 熔融焓最低,由此计算得到的结晶度也最低,这与上述降温曲线方面的相关数据一致。

2.4 润滑剂对 WPC 热稳定性的影响

图 2 为添加不同润滑剂的 WPC 的 TG 与 DTG 曲线,表 5 为相关 TG 数据。从图 2 及表 5 可以看出,添加不同润滑剂的 WPC 热失重过程主要分为两个阶段,第一分解阶段主要是不稳定的半纤维素首先分解,第二分解阶段主要是材料中的纤维素分解以及基体材料高密度聚乙烯的分解,第二分解阶段失重率显著大于第一分解阶段。与添加其它润滑剂的 WPC 相比,添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 热分解温度显著升高,并且最终的失重率最低,这说明与其它两种润滑剂相比, HSt/EBS 复合物的添

加更有利于提高 WPC 的热稳定性。添加复合脂肪酸盐的 WPC 第一分解阶段起始温度与添加 HSt 的 WPC 接近,而第二分解阶段起始温度显著降低,但最终失重率低于添加 HSt 的 WPC。综合来看,添加 HSt 和复合脂肪酸盐的 WPC 热稳定性相差不大,但均低于添加 HSt/EBS 复合物的 WPC。



——HSt; HSt/EBS 复合物; ----复合脂肪酸盐
a—TG 曲线; b—DTG 曲线

图2 添加不同润滑剂的 WPC 的 TG 与 DTG 曲线

表5 添加不同润滑剂的 WPC 的 TG 数据

润滑剂	第一分解阶段				第二分解阶段			
	$T_i/$ $^{\circ}\text{C}$	$T_p/$ $^{\circ}\text{C}$	$T_f/$ $^{\circ}\text{C}$	失重率/ %	$T_i/$ $^{\circ}\text{C}$	$T_p/$ $^{\circ}\text{C}$	$T_f/$ $^{\circ}\text{C}$	失重率/ %
HSt	292.3	355.8	370.2	16.05	448.8	474.5	489.6	41.33
HSt/EBS	299.1	357.1	372.1	17.63	452.1	477.1	492.2	35.66
复合脂肪酸盐	293.8	354.4	369.3	16.52	444.3	471.2	483.7	37.71

注: T_i 为热分解起始温度, T_p 为热分解速率达到最大时的温度, T_f 为热分解终止温度。

3 结论

(1) 添加 HSt 和 HSt/EBS 复合物的 WPC 在拉伸弹性模量、拉伸强度、断裂伸长率方面相差不显著,与这两种 WPC 相比,添加复合脂肪酸盐的 WPC 的拉伸弹性模量和拉伸强度相对较低,但断裂伸长率相对较高。

(2) 添加 3 种润滑剂的 WPC 在 -40~40℃ 时的 CLTE 较低,而在 40~80℃ 时的 CLTE 较高。添加 HSt 的 WPC 在 -40~40℃ 时的 CLTE 较其它两种 WPC 的高,而在 40~80℃ 时的 CLTE 相对最低。添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 在 40~80℃ 时的 CLTE 最高,添加复合脂肪酸盐的 WPC 在 -40~40℃ 时的

CLTE 最低。

(3) 润滑剂对 WPC 的熔融温度和结晶温度影响程度较小,其中添加 HSt 的 WPC 结晶度最高,添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 结晶度最低。

(4) 与其它两种润滑剂相比,添加 HSt/EBS 复合物的 WPC 热分解温度最高,失重率最低,具有相对较好的热稳定性。

参考文献

- [1] Sain M. Interface modification and mechanical properties of natural fiber-polyolefin composite products[J]. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2005, 24:121-130.
- [2] 王霞. 润滑剂对 PP 基木塑复合材料流变性能的影响[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2016.
Wang Xia. Effect of lubricants on rheological properties of PP based wood plastic composites[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2016.
- [3] 焦高健. SEBS 基弹性木塑复合材料的研究[D]. 太原: 中北大学, 2017.
Jiao Gaojian. Study on SEBS based elastic wood plastic composites[D]. Taiyuan: North University of China, 2017.
- [4] 张涛, 杨双燕, 高晓菊. 木塑复合材料力学性能的影响因素探讨[J]. 科技创新导报, 2015(25):64-65.
Zhang Tao, Yang Shuangyan, Gao xiaojia. Discussion on influencing factors of mechanical properties of wood plastic composites[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2015(25):64-65.
- [5] 方晓钟, 黄旭东, 钟世云. 润滑剂对 PE 木塑复合材料力学性能和加工性能的影响[J]. 上海塑料, 2006(2):24-27.
Fang Xiaozhong, Huang Xudong, Zhong Shiyun. Effects of lubricants on mechanical properties and processability of PE wood plastic composites[J]. Shanghai Plastics, 2006(2):24-27.
- [6] 陈灿成, 林卓辉. 生产工艺对 PE 基木塑复合材料性能的影响[J]. 广东化工, 2015, 42(3):44-45, 34.
Cheng Cancheng, Lin Zhuohui. Effect of production process on properties of PE based wood plastic composites[J]. Guangdong Chemical Industry, 2015, 42(3):44-45, 34.
- [7] Hristov V, Vlachopoulos J. Thermoplastic silicone elastomer lubricant in extrusion of polypropylene wood flour composites[J]. Adv Polym Technol, 2007, 26(2):100-108.
- [8] Klyosov A A, Klesov A A. Wood-plastic composites[M]. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley-Interscience, 2007.
- [9] 郭勇, 李大纲, 陈玉霞. 高填充木塑复合材料热性能的研究[J]. 工程塑料应用, 2013, 41(5):10-12.
Guo Yong, Li Dagang, Chen Yuxia. Thermal properties of wood plastic composites with high content of wood powder[J]. Engineering Plastics Application, 2013, 41(5):10-12.
- [10] 赫玉欣, 张丽, 朱伸兵. 核壳聚合物粒子对环氧树脂热膨胀系数的影响[J]. 热固性树脂, 2012, 27(1):5-8.
He Yuxin, Zhang Li, Zhu Shenbing. Effect of core-shell polymer particles on the coefficient of thermal expansion of epoxy resin[J]. Thermosetting Resin, 2012, 27(1):5-8.
- [11] 陆立明. 热分析应用基础[M]. 上海: 东华大学出版社, 2011.
Lu Liming. Thermal analysis in practice[M]. Shanghai: Donghua University Press, 2011.

环保增塑剂 DOTP 连续化生产工艺实现新突破

中国林业科学院林产化工研究所承担的环保型增塑剂连续化生产关键技术开发项目通过了江苏省环境科学学会组织的成果鉴定。由中国工程院欧阳平凯院士和陈勇院士、南京工业大学校长乔旭教授等组成的专家组认为, 该项目总体技术水平达到国际先进, 其中对苯二甲酸二异辛酯(DOTP)的连续化生产技术达到国际领先水平。采用该项技术可使单位产品的能耗降低 20% 以上, 生产时间缩短 10% 以上。

鉴定意见显示, 该成果以油脂、对苯二甲酸等为原料, 科研人员从现有的工艺条件入手, 发明了浆态化预处理和复合催化新技术, 创新研发了无增塑剂迁移的反应型增塑剂、高闪点环氧二聚脂肪酸甲酯增塑剂等环保型产品, 首创了环保型增塑剂 DOTP 连续化生产新工艺, 解决了间歇法生产工艺能耗高、质量不稳定等问题。该成果经济和环境效益显著, 对环保增塑剂产业发展具有良好的示范和推动作用。

据介绍, 这种新型流化床连续化合成 DOTP 工艺, 先将原料浆化后再反应, 反应充分、时间短、能耗低, 且可实现连续化生产。连续化制备工艺中的装置, 包括反应釜, 依次由浆料罐、进料泵、反应釜等串联组成, 反应釜和循环泵组成闭

合回路, 反应釜、油水分离器、辛醇罐、回流泵和预热器一起组成闭合回路, 反应釜中的物料通过循环代替搅拌实现均匀混合, 并降低能耗。反应起始阶段的保压不高于 0.3 MPa, 有利于反应体系尽快进入主反应阶段, 快速达到最佳反应温度, 提高反应速率; 反应后期的负压使反应向正方向转移, 增加异辛醇回流量和脱水速率来提升反应速率。

据了解, 采用该技术成果, 项目单位已经建成年产 1 万 t 环保型增塑剂连续化示范生产线, 实现了 DOTP 生产的连续化, 使单位产品能耗降低 20% 以上, 生产时间缩短 10% 以上。产出的环保型增塑剂 DOTP 产品达到行业标准并通过了 SGS 认证, 在江苏上上电缆集团、江苏东峰电缆有限公司等企业应用后, 效果优良。此外, 该项目还发表学术论文 53 篇, 其中 SCI 收录 29 篇; 获得国家授权专利 9 件, 其中发明专利 8 件。

随着公众对健康的日益关注, 越来越多的国家对邻苯类增塑剂颁布禁令。DOTP 是一种性能优良的新型环保增塑剂, 可广泛应用于各个领域, 特别是耐高温电缆。并且 DOTP 的原料对苯二甲酸可从废矿泉水瓶等废弃聚酯中提取, 可以降低生产成本, 减少环境污染, 实现废物再利用。

(中国化工报)