

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.10.009

PPE 改性液晶高分子及其吹膜性能

王雄伟^{1,2}, 周玉波², 楚少生², 刘小青¹

(1. 中国科学院宁波材料技术与工程研究所, 浙江宁波 315031; 2. 宁波长阳科技股份有限公司, 浙江宁波 315201)

摘要: 采用聚苯醚(PPE)和马来酸酐接枝聚苯醚(PPE-g-MAH)对液晶高分子(LCP)进行改性,并通过吹塑法制备了LCP薄膜。采用旋转流变仪分析了改性LCP的熔体流变特性,使用动态热机械分析(DMA)仪表征了PPE与LCP的相容性,采用扫描电子显微镜(SEM)表征了LCP膜的断面形貌,并进一步研究了添加剂含量对薄膜外观、力学性能、线性热膨胀系数和介电性能的影响。结果表明,在PPE-g-MAH作用下,PPE与LCP基体之间呈现部分相容性,PPE的加入可以在不影响LCP熔体黏弹性的前提下有效提高它们的黏度,改善成膜性,并有效缓解LCP分子链的取向性和膜内原纤化现象。当添加剂的质量分数由0%增加至5%时,可以使LCP膜的横向拉伸强度从73 MPa提高到186 MPa,减小性能各向异性的同时并不损失LCP膜本身的优异高频介电性能。

关键词: 液晶高分子; 聚苯醚; 取向; 流变特性; 各向异性

中图分类号: TQ324.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)10-0044-06

PPE Modification LCP and Film Blowing of LCP

Wang Xiongwei^{1,2}, Zhou Yubo², Chu Shaosheng², Liu Xiaoping¹

(1. Ningbo Institute of Materials Technology & Engineering, CAS, Ningbo 315031, China; 2. Ningbo Solartron Technology Co., Ltd., Ningbo 315201, China)

Abstract : Polyphenyl ester (PPE) and maleic anhydride grafted polyphenyl ester (PPE-g-MAH) were used to modify the liquid crystal polymer (LCP) resin, and then the LCP film was prepared by blowing method. The effect of PPE on the rheological behavior of molten LCP was characterized by rotational rheometer, and the compatibility between PPE and LCP and the fractured morphology of LCP films were investigated by dynamic thermomechanical analyzer (DMA) and scanning electron microscope (SEM), respectively. The appearance, mechanical properties, coefficient of linear thermal expansion (CTE), dielectric performances at high frequency of the LCP films were further investigated respect to the contents of PPE. The results reveal that a partial miscibility is found between the PPE and LCP matrix with the effect of PPE-g-MAH. The introduction of PPE can increase the viscosity of LCP melt, but has no visible effect on its viscoelasticity behavior, which is beneficial to improving its film-forming capability and relieving the orientation of LCP chains as well as the fibrillation inside the final LCP films. Moreover, it is further found that when of additives content from 0% to 5% in LCP films can improve their tensile strength from 73 MPa to 186 MPa in the transverse direction, reducing the anisotropy, without sacrificing the high-frequency dielectric properties of the films.

Keywords : liquid crystal polymer ; polyphenyl ester ; orientation ; rheological behavior ; anisotropy

随着第五代移动通信技术(5G)的发展,电子通讯设备对信号的高频/高速传输需求大幅增长,要求其产品中广泛使用的柔性电路板(FPC)必须具备低介电常数、低介电损耗、低吸湿性、良好耐热性和优异尺寸稳定性等特点^[1-3]。液晶高分子(LCP)膜由于具有良好的力学性能、耐化学药品性、低吸湿性(<0.1%)、低介电常数、低介电损耗和优异尺寸稳定

性,被认为是3~6 GHz阶段多层柔性电路板的理想绝缘基材以及5G毫米波阶段高频元件埋置封装形成模块化天线阵列的最佳解决方案^[4-6]。

LCP材料根据其共聚结构不同通常可以分为三类: type I型、type II型和type III型,其中由对羟基苯甲酸和2-羟基-6-萘甲酸共聚得到的II型LCP材料最适合用来制备薄膜^[7]。但LCP膜的成

通信作者: 王雄伟,理学博士,中级工程师,主要从事高性能功能薄膜的开发与研究

收稿日期: 2021-08-03

引用格式: 王雄伟,周玉波,楚少生,等. PPE 改性液晶高分子及其吹膜性能[J]. 工程塑料应用,2021,49(10): 44-49.

Wang Xiongwei, Zhou Yubo, Chu Shaosheng, et al. PPE modification LCP and film blowing of LCP[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(10): 44-49.

型加工技术门槛很高,目前具备量产技术并产生销售的公司仅有可乐丽和村田制作所两家公司。由于具有刚性棒状的分子结构,LCP材料在熔融状态下由不同取向方向的有序微区组成,表现为液晶向列相,既具有液体的流动性又兼具晶体的有序性,加之分子链间很难形成缠结,使得LCP材料的熔体强度显著低于传统高分子,且其黏度随剪切应力和温度的变化极为敏感,分子链极易沿着应力场方向取向排列^[8-10]。因此,在T型模头挤出LCP熔体时,由于仅在纵向(MD)施加有剪切应力,通常得到的是严重各向异性的膜,也即薄膜在MD方向上具有很高的强度和模量,但是横向(TD)强度和模量则较低,造成TD方向极易破膜^[11]。另外,LCP熔体中分子链的有序排布使得该材料冷却固化过程的构象熵很小,因此固化所需跨越的能垒也很低,导致固化速度很快,加工成型窗口比较窄,一旦控制不当很容易产生膜内原纤化^[12]。

由于LCP分子具有强烈的应力诱导取向性特征,如何在制膜加工过程中,平衡MD和TD方向的分子取向分布成为制备合格LCP膜的关键。美国Superex公司借助双向或三向旋转模头来调控不同方向的剪切应力,进一步通过吹胀实现分子链的均匀排布;日本可乐丽公司则通过LCP材料在吹胀制造过程中的系统精准工艺控制,来调控MD/TD方向的薄膜特性;日本村田则通过多孔氟膜保护下的挤出流延-双轴拉伸,来调节两个方向的分子链取向分布^[13]。上述方法虽可以有效地解决LCP分子链的单向取向问题,但均涉及特殊复杂的制膜装备以及具有极高的工艺控制难度。若通过对LCP材料进行改性处理,可以降低其在制膜过程中的工艺控制难度,对于LCP膜的规模化量产具有重要意义。

聚苯醚(PPE)是一种非结晶性的工程塑料,它具有高熔体强度、低吸湿率、高耐热(玻璃化转变温度 $\leq 210^{\circ}\text{C}$)、低介电常数(2.7,1 GHz)和低介电损耗(0.002,1 GHz)等特点^[14]。因此,PPE与LCP在高频介电性能、加工温度、耐热性和吸水率等方面具有良好的匹配性,同时在熔体黏度上又可以实现互补。基于PPE的上述特性,笔者采用PPE改性LCP材料,用马来酸酐接枝PPE(PPE-g-MAH)作为增容剂,并通过吹塑成膜法制备LCP膜,探讨了不同添加量下LCP熔体的流变特性以及所制薄膜的结构和性能。

1 实验部分

1.1 原材料

热致LCP:A950,日本宝理塑料株式会社;

PPE:S201A,日本旭化成株式会社;

PPE-g-MAH:KT-24,沈阳科通塑胶有限公司。

1.2 仪器及设备

双螺杆挤出机:MEDI-22/40型,广州普同实验分析仪器有限公司;

单螺杆吹膜系统:自建;

真空干燥箱:DZF-6050型,上海标承实验仪器有限公司;

旋转流变仪:HAAKE MARS60型,赛默飞世尔科技有限公司;

动态热机械分析(DMA)仪:Q800型,美国TA仪器有限公司;

场发射扫描电子显微镜(FESEM):S-4800型,日本日立公司;

电子万用拉伸机:CTM8010型,协强仪器制造(上海)有限公司;

热机械分析(TMA)仪:TMA450EM型,美国TA仪器有限公司;

高频介电测试仪:E5080B型,美国Keysight科技有限公司。

1.3 LCP改性薄膜的制备

首先将质量分数为90%,92.5%,97.5的LCP树脂、质量分数为2%,4%,6%,8%的PPE粉末和质量分数为0.5%,1%,1.5%,2%的PPE-g-MAH增容剂在 140°C 真空干燥箱中烘烤6 h,然后经双螺杆挤出机在 $280\sim 295^{\circ}\text{C}$ 范围内熔融、混合、切粒得到LCP的功能母粒,随后再将功能母粒加入到自制的单螺杆吹塑成膜设备中,在 $280\sim 290^{\circ}\text{C}$ 下熔融塑化并吹胀成膜(吹胀比为4),得到不同添加剂含量的LCP薄膜,记为 $L_x/P_y/C_z$,其中 x 表示LCP的含量, y 表示PPE的添加量, z 表示PPE-g-MAH的添加量,且固定 y/z 为4,分别制得以下试样L97.5/P2/C0.5, L95/P4/C1, L92.5/P6/C1.5, L90/P8/C2。

1.4 性能测试与表征

流变性能分析:在氮气保护下,快速升温至 295°C 保温2 min使LCP树脂充分熔融,然后进行平行板流变测试,剪切频率扫描范围0.01~100 Hz。

DMA分析:拉伸模式,氮气保护下,从 -50°C 以

5℃/min 升温至 260℃,频率 1 Hz,载荷 1 N。

SEM 表征:薄膜在液氮下进行脆断,然后对样品断面进行喷金处理,在 4.0 kV 电压的高真空条件下观察薄膜断面结构。

拉伸性能测试: ASTM D882 实施,样品尺寸为 100 mm × 10 mm × 0.05 mm,标距为 50 mm,拉伸速率为 20 mm/min。

线性热膨胀系数测试: TMA 拉伸模式,样条尺寸为 16 mm × 4 mm × 0.05 mm,载荷 0.01 N,从室温以 5℃/min 升温至 250℃,取 30~150℃ 范围的尺寸变化率。

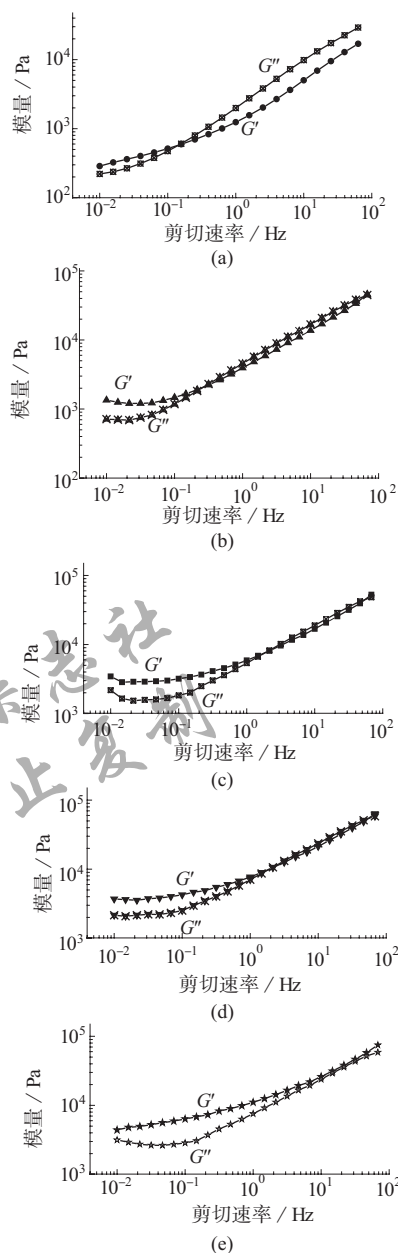
介电性能测试: 空洞共振器法,样品尺寸为 80 mm × 80 mm,测试频率 10 GHz。

2 结果与讨论

2.1 PPE 改性 LCP 的流变性能分析

图 1 为不同 PPE 添加量下, LCP 改性树脂的储能模量 (G') 和损耗模量 (G'') 随剪切速率的变化曲线。由图 1 可以看出, 纯 LCP 树脂的 G' 和 G'' 曲线存在一个交点。在交点右侧的高剪切区, 显示 $G'' > G'$, 表明该状态下的熔体呈现粘性流体特征; 而在交点左侧的低剪切区, 显示 $G' > G''$, 表明此时的熔体呈现弹性体特征。总的来说, 该材料熔体类似传统高分子兼具粘性和弹性特征, 在不同的加工条件下 (温度、剪切力等) 可呈现不同的特性, 这被认为对于制膜加工是有利的。陈颀吟等^[13] 研究指出在整个剪切频率范围内, 若 LCP 熔体仅显示单调的 $G' > G''$ 会使其在加工过程中难以获得良好的分散塑化, 而仅显示单调的 $G'' > G'$ 则易导致制膜过程较难定型。在实际制膜实验中, 295℃ 的加工温度通常对应单螺杆挤出机的料筒温度, 用于对 LCP 固体树脂进行熔融塑化, 此时的剪切速率通常大于 20 Hz, 因此 LCP 树脂的 $G'' > G'$ 流变特征利于材料的均匀塑化和分散。随着 PPE 的加入以及添加量的提升, 改性 LCP 树脂的 G' 和 G'' 曲线依然存在交点, 但由于 PPE 具有高的熔体强度, 使得材料在高剪切区的粘性流体特征逐渐减弱, 而在低剪切区的弹性体特征则逐渐增强。当改性剂含量达到 10% 时, 改性 LCP 树脂在整个频率范围内均呈现 $G' > G''$ 的弹性特征, 不利于材料的均匀分散。

图 2 为 LCP 改性树脂的复数黏度随剪切速率的变化曲线。随添加剂含量的增加, 改性 LCP 树脂的复数黏度显著增加, 说明适量 PPE 的存在可以提高 LCP 树脂在熔融塑化过程中的内摩擦力, 进而有



a—纯 LCP; b—L97.5 / P2 / C0.5; c—L95 / P4 / C1;
d—L92.5 / P6 / C1.5; e—L90 / P8 / C2

图 1 不同 PPE 含量下 LCP 树脂的 G' 和 G'' 随剪切速率的变化曲线

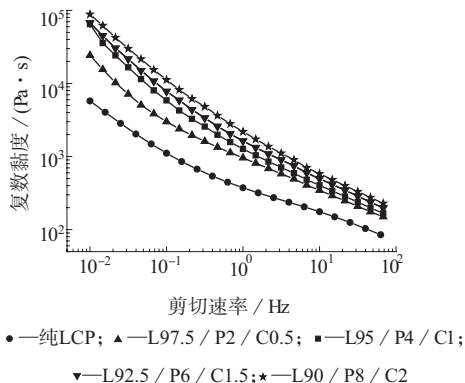


图 2 不同 PPE 含量的 LCP 树脂的复数黏度随剪切速率的变化曲线

利于 LCP 树脂的充分熔融和均匀分散,同时可避免因熔体黏度过低而无法有效挤出成膜。

2.2 PPE 与 LCP 的相容性分析

在聚合物共混体系中,良好的界面相容性对于充分发挥各组分优势,协同改善共混物性能具有重要意义^[15]。由于所涉及 LCP 共混物中 PPE 的添加量较小,笔者采用常规的 DSC 分析时未能检测出 PPE 的玻璃化转变。因此,通过 DMA 研究了添加剂 PPE 和 LCP 基体之间的相容性。纯 LCP, L95 / P4 / C1 改性树脂、L90 / P8 / C2 改性树脂和纯 PPE 的损耗因子 ($\tan\delta$) 随温度的变化曲线如图 3 所示。

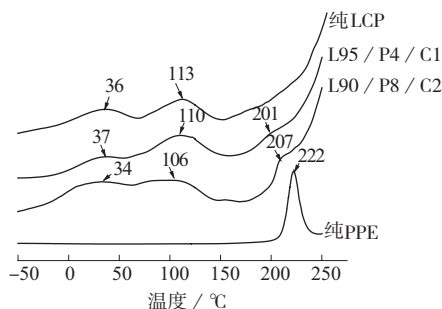


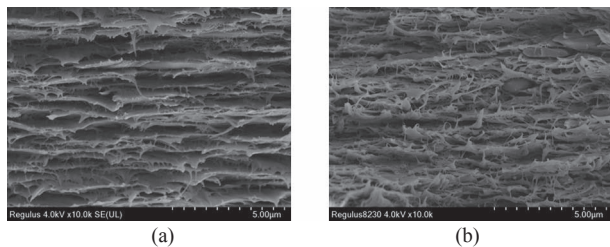
图 3 纯 LCP, L95 / P4 / C1, L90 / P8 / C2 和纯 PPE 的 $\tan\delta$ 随温度的变化曲线

纯 LCP 在 36℃ 和 113℃ 附近显示两个弱松弛峰,分别对应于 LCP 分子链的次级松弛(如链节、侧基等的运动)和玻璃化转变。纯 PPE 在 222℃ 处显示强烈的松弛峰,对应其玻璃化转变。当 PPE 和增容剂 PPE-g-MAH 作为添加剂加入到 LCP 基体后,共混物的 $\tan\delta$ 曲线显示三个松弛峰,包括两个归属 LCP 的松弛峰和一个归属 PPE 的松弛峰,且共混物中 PPE 的松弛峰相比纯 PPE 发生明显左移,表明 LCP 与 PPE 之间具有部分相容性。众所周知, LCP 与 PPE 之间完全不相容,增容剂 PPE-g-MAH 可以通过 MAH 与 LCP 分子链的端羟基在高温剪切过程中发生反应实现 PPE 与 LCP 的界面部分相容^[16]。在增容剂 PPE-g-MAH 作用下, PPE 与 LCP 之间的部分相容性使 PPE 柔性分子可以在一定程度上牵制 LCP 刚性分子的取向运动,这也可以解释 PPE 对于 LCP 熔体流变特性的改善。

2.3 LCP 膜的断面形貌分析

图 4 为纯 LCP 膜和 PPE 改性 LCP 膜的断面 SEM 形貌照片。可以看到,纯 LCP 膜的断面显示明显的层状结构,这是由于 LCP 熔体在挤出吹塑过程中主要受到平面方向的应力,使得分子链在平面方向高度取向并在原位快速聚集固化。这种层状结构是流延法和吹塑法所制 LCP 膜的重要特征,容易

引起薄膜在使用过程中出现摩擦起皮或皮芯分离等不良现象,无法直接用作柔性电路板绝缘基材,通常需要经后续热处理来进一步调控结构。经 PPE 改性后, LCP 膜断面显示分相结构,但 PPE 分散相与 LCP 基体之间的界面结合良好。改性膜的层状结构相比纯 LCP 膜得到一定程度的改善,同时层间的微束连接结构明显增多,这被认为有利于缓解薄膜在摩擦或撕裂过程的皮芯分层现象。

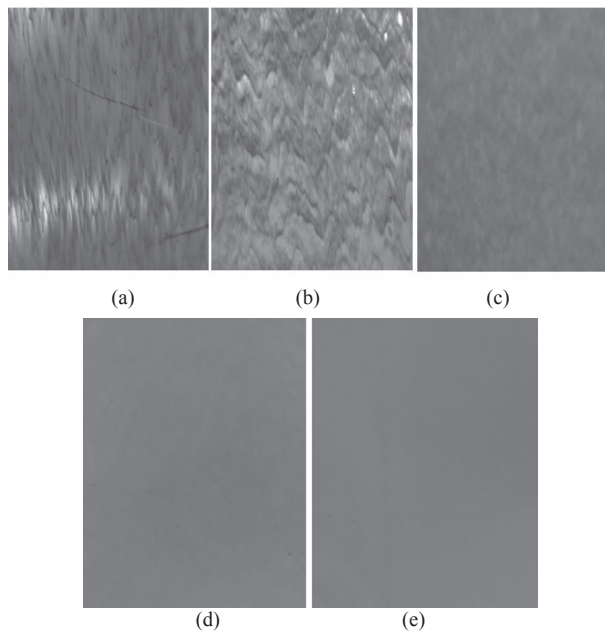


a—纯 LCP 膜; b—L95 / P4 / C1 改性膜

图 4 纯 LCP 膜和 L95 / P4 / C1 改性 LCP 膜的断面 SEM 照片
(放大 10000 倍)

2.4 LCP 膜的外观分析

由于 LCP 熔体具有低黏度、显著的应力诱导取向以及快速聚集固化等特征,制备的 LCP 膜通常存在因塑化不均或固化速度过快引起的局部原纤化等不均匀结构。以上提到 PPE 和 PPE-g-MAH 的加入有助于改善 LCP 熔体的塑化均匀性,缓解取向性,因此笔者进一步研究了不同添加剂含量下的薄膜外观,包括膜面平整度和透光均匀性,不同添加剂含量 LCP 膜的透光照片如图 5 所示。纯 LCP 膜的



a—纯 LCP ; b—L97.5 / P2 / C0.5 ; c—L95 / P4 / C1 ;
d—L92.5 / P6 / C1.5 ; e—L90 / P8 / C2

图 5 不同添加剂含量下的 LCP 膜的透光照片

膜面易存在不规则分布的晶点,且在透光下显示大量原纤化等不均匀结构。经 PPE 改性后,薄膜的外观得到明显改善,内部原纤化现象逐渐消失。当添加剂质量分数达到 5% 后,内部原纤化基本消失,薄膜均匀性良好。笔者认为 PPE 对 LCP 膜外观和均匀性改善的作用机理主要有以下 3 点:一是 PPE 加入提高 LCP 的熔体黏度,促进熔体的充分熔融和塑化;二是 PPE 分子链在增容剂 PPE-g-MAH 的桥连作用下可以在一定程度上牵制 LCP 分子的取向;三是 PPE 分子可以辅助抑制 LCP 分子链在冷却固化过程中的快速聚集形成局部原纤化结构。

2.5 LCP 膜的综合性能分析

表 1 为不同 PPE 含量下 LCP 膜的力学性能、线性热膨胀系数及高频介电性能。根据表 1 的数据计算得到的 LCP 膜的 MD/TD 拉伸强度比如图 6 所示。

表 1 不同添加剂含量的 LCP 膜的力学性能、线性膨胀系数和高温介电性能

项目	LCP	L97.5/P2/C0.5	L95/P4/C1	L92.5/P6/C1.5
拉伸强度 / MPa	MD 443 TD 73	404 127	417 186	408 178
断裂伸长率 / %	MD 3.4 TD 5.6	7.0 7.5	7.2 9.1	6.9 8.5
拉伸弹性模量 / GPa	MD 15.6 TD 2.2	10.0 3.8	11.8 4.8	10.5 5.1
线性热膨胀系数 / $^{\circ}\text{C}^{-1}$	MD -24.1 TD 23.6	-20.6 11.6	-19.6 7.3	-14.8 -2.3
介电常数	3.33	3.34	3.36	3.36
介电损耗	0.001 8	0.001 9	0.001 9	0.002 0

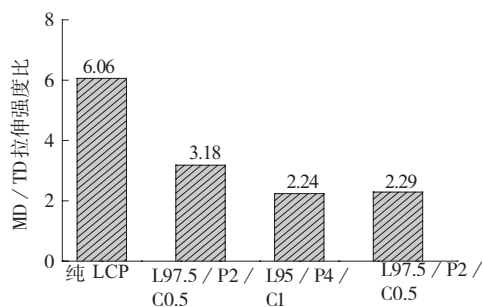


图 6 不同添加剂含量 LCP 膜的 MD/TD 拉伸强度比

纯 LCP 膜因熔体中含有一些未熔融的晶点以及较低的熔体强度,其在吹胀制程中比较容易破膜,且所制薄膜 MD 和 TD 方向的力学性能差异也非常大,如 MD 方向的拉伸强度高达 443 MPa,而 TD 方向的拉伸强度仅为 73 MPa,两者之比达到 6.06,呈现严重的各向异性。加入添加剂 PPE 和 PPE-g-MAH 后,挤出熔体中未熔融的晶点逐渐减小,且连续吹胀能力得到有效改善,使得 TD 方向

拉伸强度也显著提高,从添加剂质量分数为 2.5% 时的 127 MPa 提高至添加剂质量分数为 5% 时的 186 MPa,相对应的 MD/TD 拉伸强度比由 3.18 降至 2.24,表明薄膜各向异性特征得到明显改善。TD 方向拉伸强度的提高主要是由于 PPE 的加入改善了熔体塑化均匀性和黏度,使其与纯 LCP 膜相比更能适应大的吹胀比。另外可以看出, PPE 的加入对 LCP 膜在高频 (10 GHz) 下的介电常数和介电损耗几乎没有影响,介电常数保持在 3.35 左右,介电损耗则维持在 0.001 9 左右,可以满足 5G 通信的使用要求。

3 结论

采用 PPE 改性 LCP 树脂,并用 PPE-g-MAH 进行增容,通过吹塑成膜法制备了 LCP 薄膜。探究了添加剂含量对 LCP 树脂流变特性、LCP 膜断面结构以及力学性能等的影响,得到以下结论:

- (1) 少量 PPE 和 PPE-g-MAH ($\leq 7.5\%$) 的加入可以在不改变 LCP 树脂黏弹性特征的前提下,显著提高 LCP 的熔体黏度,改善塑化均匀性和成膜性。
- (2) 在 PPE-g-MAH 的增容作用下, PPE 与 LCP 基体之间具有部分相容性,界面结合良好。
- (3) PPE 的加入可以改善 LCP 膜的层状结构,诱导产生更多的层间连接微束。
- (4) 随着添加剂含量的增加,所制 LCP 膜内原纤化现象逐渐减弱,最终当添加剂的质量分数为 5% 时得到分散均匀的 LCP 膜。
- (5) 随着 PPE 的增加可以在不影响 LCP 膜高频介电性能的前提下,显著改善 MD/TD 方向的力学性能各向异性。

参考文献

- [1] 李岩,崔继容. 5G 通讯用化工新材料国内外市场现状及未来发展重点分析[J]. 化学工业,2020,38(2):29-33.
Li Yan, Cui Jirong. Current state and development priority of advanced chemical materials for 5G communication industry[J]. Chemical Industry,2020,38(2):29-33.
- [2] Nanbu K, Ozawa S, Yoshida K, et al. Low temperature bonded Cu/LCP materials for FPCs and their characteristics[J]. IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies,2005,28(4):760-764.
- [3] 陶永亮. 液晶聚合物 LCP 在 5G 产品中的应用[J]. 橡塑技术与装备,2020,46(12):32-35.
Tao Yongliang. Application of LCP in 5G products[J]. China Rubber/Plastics Technology and Equipment,2020,46(12):32-35.
- [4] Jilanli S F, Max O, Munoz Q H, et al. Millimeter-wave

- liquid crystal polymer based conformal antenna array for 5G applications[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2018, 18(1):84–88.
- [5] Thompson D C, Tentzeris M M, Papapolymerou J. Packaging of MMICs in multilayer LCP substrates[J]. IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2006, 16(7):410–412.
- [6] Hosono R, Uemichi Y, Hasegawa Y, et al. Development of millimeterwave devices based on liquid crystal polymer(LCP) substrate[J]. IEICE Electronics Express, 2017, 14(20):1–13.
- [7] 肖中鹏, 麦堪成, 曹民, 等. 热致液晶聚合物的研究进展[J]. 广州化工, 2013, 42(3):9–12.
- Xiao Zhongpeng, Mai Kancheng, Cao Min, et al. The research development of thermotropic liquid crystalline polymers[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2013, 42(3):9–12.
- [8] Lusignel R W. Orientation of LCP blown film with rotating dies[J]. Polymer Engineering and Science, 1999, 39(12):2 326–2 334.
- [9] Ahmadzadegan A, Zimmerman M A, Saigal A. Development of a new modeling technique for die geometry for extrusion of LCP films[J]. The Minerals Metals & Materials Society, 2011, 3:349–356.
- [10] Rendon S, Burghardt W R, Bubeck R A. Orientation dynamics in commercial thermotropic liquid crystalline polymers in transient shear flows[J]. Rheol Acta, 2007, 46(7):945–956.
- [11] Friedman M, Walsh G. High performance films: Review of new materials and trends[J]. Polymer Engineering and Science, 2002, 42(8):1 756–1 788.
- [12] Blundell D J. The nature of crystallites in solidified, rigid chain, liquid crystal polymers[J]. Polymer, 1982, 23(3):359–364.
- [13] 陈佩吟, 陈孟歆, 黎彦成, 等. 液晶高分子薄膜加工制程开发与应用[J]. 工业材料杂志, 2019(395):92–98.
- Chen Peiyin, Chen Mengxin, Li Yancheng, et al. Development and application of liquid crystal polymer film processing process[J]. Journal of Industrial Materials, 2019(395):92–98.
- [14] 李爱英, 常杰云. 聚苯醚改性的研究进展与应用[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(2):96–99.
- Li Aiying, Chang Jieyun. Progress and application in modification of PPE[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(2):96–99.
- [15] 马鹏飞, 王鑫, 李栋辉, 等. 聚合物共混物增容技术及发展[J]. 材料工程, 2019, 47(2):26–33.
- Ma Pengfei, Wang Xin, Li Donghui, et al. Progress of compatibilization methods in polymer blends[J]. Journal of Materials Engineering, 2019, 47(2):26–33.
- [16] 李又兵, 孙珍珍, 王恒兵, 等. 聚丙烯/液晶/马来酸酐接枝聚丙烯复合材料结构性能[J]. 四川大学学报:工程科学版, 2012, 44(5):190–194.
- Li Youbing, Sun Zhenzhen, Wang Hengbing, et al. Structure properties of PP/LCP/PP-g-MAH composites prepared by melt blending[J]. Journal of Sichuan University:Engineering Science Edition, 2012, 44(5):190–194.

逾 15 万名观众畅享橡塑科技创新旅程 CHINAPLAS 交出满意答卷荣耀收官

4月16日,“CHINAPLAS 2021 国际橡塑展”在大湾区徐徐落下帷幕。展会首度移师深圳举行,实力书写了一份靓丽的成绩单:35万平方米展示面积,全球41个国家及地区3576家展商争相亮相,85个国家及地区的152134名专业观众如约而至,当中2363名为港澳台地区及海外的观众。

展会主办方雅式展览服务有限公司总经理梁雅琪女士表示,无论展商还是观众,均对此次展会成效表示满意。在这充满不确定性及挑战的一年,感恩通过多方齐心协力交出了一份满意的答卷。中国经济复苏强劲,一季度GDP同比增长18.3%。在中国疫情防控有效、加快构建双循环新发展格局下,CHINAPLAS依托我国无限潜力的内需市场,以及新时代高质量发展对创新科技的不断增长的迫切需求,最终顺利举行并取得斐然成绩。与2019年广州展相比,国内观众人数增长了23.46%,超出预期。为与不能亲临现场的海内外买家共享这一盛会,主办方倾心打造现场直播,获得近100万的线上浏览量。

经过连续两年的技术沉淀,展会现场推出的海量创新解决方案华丽而炫目,并释放出行业未来发展的信号。“双

碳”时代到来,“碳中和”相关展品人气十足,高效生产节能减排、生物降解塑料、生物基塑料、回收再生技术等大量解决方案成为焦点,引人注目。包装领域的单一材料解决方案、消费后回收(PCR)技术势头正旺。应用于5G的LCP、低介电PP、PC改性材料、可电镀PPS等圈粉无数。消费升级激发创新潜能,汽车轻量化材料及工艺,高感官材料等备受青睐。疫情之后,人们的健康意识提高,医用技术更新迭代加速,新一代疫苗冷链包装材料、聚醚醚酮(PEEK)材料、抗菌抗病毒尼龙66、熔喷料等苦练内功的创新成果大放异彩。在机械展区,高速印刷机、超高速薄壁包装机、注塑智能工厂数据管理、远程遥控提升生产自动化等技术震撼演示。塑料橡胶渗透电子、汽车、包装、建材、医疗、体育休闲等多个应用行业,正积极“塑”造着人类美好生活,践行可持续发展。

展会同期举办的活动精彩纷呈。每场活动各具特色,主题鲜明,各界精英云集,纵论塑料行业走势与热点,把脉产业发展。由于疫情关系,上次展会是在2019年举行,相隔两年再重聚,令这场“面对面”的大型盛会更显弥足珍贵。业内人士在这里学习、探讨、提升,既开阔了眼界又刷新认知。展会现场更有不少展商与客户签署新的订单。对于本届展会,展商及观众均普遍表示满意。

(雅氏集团)