http://pmse.scu.edu.cn

# 酸酐化LLDPE/PS增容母料对PLA/LLDPE/PS共混物性能的影响

黎官羽[1]，何松迪[1]，陈佳敏[1]，缪培峰[2]，徐建平[1]
（1. 常州大学 材料科学与工程学院，江苏 常州 213164；2. 江苏培达塑料有限公司，江苏 张家港 215600）

**摘要：**在聚乳酸(PLA)/聚苯乙烯(PS)/线型低密度聚乙烯(LLDPE)(质量比40:30:30)共混物中加入酸酐化LLDPE/PS(质量比50:50)增容母料，考察增容母料用量对共混物力学性能、热性能、动态流变性能、微观形貌和孔径分布的影响。红外分析表明，共混体系加入酸酐化增容母料后有(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA接枝共聚物生成；力学性能测试表明，在加入质量分数10%的增容母料后，相较于简单共混物，其拉伸强度提高了160.5%，断裂伸长率提高了184%，继续增大增容母料用量，力学性能提升并不明显；热性能分析表明，共混物中的PLA相结晶规整度提高，加入10%增容母料后，PLA的熔点($T_m$)上升了2.03 ℃，LLDPE的结晶温度($T_C$)上升了1.23 ℃；动态流变测试结果表明，随着增容母料用量的增大，共混物的储能模量($G'$)、损耗模量($G''$)和复数黏度($\eta^*$)均有上升，损耗因子(tan$\delta$)下降；扫描电镜分析表明，加入增容母料使共混物相分散均匀、相尺寸减小；压汞仪测试表明，共混物经正庚烷、环己烷抽提后，遗留的“PLA”形成了分级多孔结构，增容母料的加入，使“PLA”孔径缩小，比表面积增大。

**关键词：**聚乳酸；共混物；相容化；分级多孔结构
**中图分类号：**TB332 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-7555（2024）02-0083-08

聚乳酸(PLA)作为一种人工合成的可生物降解聚酯，被认为是传统石油基塑料的潜在替代品[1]。多孔PLA材料具有可再生、可生物降解和生物相容等特性，使其可应用于生物医疗工程领域[2]，其中，具有大孔利于细胞生长增殖，小孔易于细胞黏附和组织代谢的分级多孔结构PLA倍受关注[3]。研究表明[4]，通过双共连续三元共混物可制备高孔隙率、互相贯通、力学强度高的分级多孔聚合物。双共连续相态结构的形成和稳定取决于各组分体积比、黏度比及表面张力等因素。然而，在熔融状态下，共混物同相易相互聚集，最终双共连续结构受到破坏。为了稳定和细化双共连续相态结构，可采用添加或就地形成接枝或嵌段共聚物，或添加优先分散在聚合物界面的纳米粒子等方法[5,6]。Sarazin等将不相容的聚苯乙烯(PS)与PLA共混，用环己烷从PLA/PS共连续共混物中提出PS，制备出孔径50 μm的多孔PLA，并借助相容剂PS-*b*-PLA使多孔结构进一步细化[7]。最近，Elizabeth等使用噁唑啉官能化的PS与PLA及线型低密度聚乙烯(LLDPE)反应性共混，制备了分级多孔PLA[8]。然而，PLA/LLDPE/PS为互不相容体系，上述共混体系未解决LLDPE与其它两相相容性差的问题，其在冷却过程中易发生相聚集，导致共连续相被破坏。沈帆等使用酸酐化的LLDPE/PS增容母料来增容LLDPE/PA6/PS三元互不相容共混体系，体系相容性得到显著提高[9]。本文将上述酸酐化的LLDPE/PS增容母料应用于PLA/LLDPE/PS共混体系，考察不同用量的增容母料对共混物的微观形貌、力学性能、流变性能和热性能的影响，该研究对提高

doi:10.16865/j.cnki.1000-7555.2024.0034
收稿日期：2023-04-27
基金项目：江苏省研究生科研与实践创新计划（KYCX22-3030）
通讯联系人：徐建平，主要从事聚合物改性及成型加工研究，E-mail: xjp@cczu.edu.cn

PLA/LLDPE/PS三元共混物相容性和分级多孔PLA的制备具有重要参考价值。

## 1 实验部分

### 1.1 原料与试剂

PLA：牌号4032D，Nature Work公司；LLDPE：牌号7042，宁夏宝丰能源集团公司；PS：牌号GPPS525，江苏中信国安公司；马来酸酐（MAH）：国药集团；三氯化铝：连云港庙东化工；DCP：上海沁丰化学试剂公司；环己烷：上海凌峰化学试剂公司；正庚烷：上海凌峰化学试剂公司。

### 1.2 制备过程

**1.2.1** 酸酐化LLDPE/PS(质量比50∶50)增容母料的制备：依据文献[10]的制备方法和最佳反应条件，以$AlCl_3$为催化剂，在SUYUAN-70型密炼机(常州溯源橡胶科技有限公司)中制得LLDPE/PS增容母料。再将50 g增容母料、0.15 g DCP和1.5 g MAH一同放入密炼机，在温度180 ℃、转速60 r/min下混炼10 min后，制得酸酐化LLDPE/PS增容母料。

**1.2.2** PLA/LLDPE/PS（质量比40∶30∶30）共混物的制备：首先将PLA在90 ℃的真空干燥箱中干燥12 h。干燥后的PLA与PS、LLDPE、增容母料按Tab.1配料比预混合，然后将混合好的物料放入180 ℃，60 r/min的密炼机中混炼10 min。最后，将制备好的共混物放入平板硫化机中，热压成100 mm×100 mm×2 mm的片材，并用裁刀制成标准测试样条。

**1.2.3** 分级多孔PLA的制备：将混炼好的PLA/LLDPE/PS共混物迅速放入模具热压制成圆柱状试样(直径25 mm、厚度12 mm)，然后将试样和模具一起放入冷水中，冻结形态。80 ℃真空干燥后的试样置于索式抽提器中，先用环己烷抽提48 h以除去共混物中的PS，再用正庚烷抽提48 h以除去其中的LLDPE，抽提后的试样干燥并在液氮中低温脆断，SEM观察断面形貌。

### 1.3 测试与表征

**1.3.1** 共混物的分离与红外分析(FT-IR)：取2 g共混物样品，使用环己烷、正庚烷抽提48 h后，在平板硫化机中，热压成0.25 mm左右的薄片，然后放入沸腾乙酸乙酯溶液中煮5 h，最后再用乙酸乙酯热溶液淋洗3次，其不溶物烘干后进行红外测试分析。所用仪器为美国赛默飞公司的红外光谱仪Nicolet iS10，扫描范围为400~4000 $cm^{-1}$，分辨率为4 $cm^{-1}$，重复扫描32次。

**1.3.2** 熔体流动速率测试(MFR)：依据国标GB/T3682-2018，使用深圳凯强利试验仪器公司生产的ZRZ-1402型熔体流动速率仪进行测试。测试温度设定为190 ℃、负荷为2.16 kg。

**1.3.3** 差示扫描量热(DSC)分析：称取共混物样品3~5 mg，在氮气(20 mL/min)氛围下使用上海久滨仪器公司生产的DZ-DSC300A型差示扫描量热仪进行测试。测试时，以50 ℃/min的升温速率升温至250 ℃，恒温3 min消除热历史，再以10 ℃/min降温至30 ℃，最后以10 ℃/min升温至250 ℃。

**1.3.4** 力学性能测试：依据国标GB/T1040-2006，使用深圳凯强利试验仪器公司生产的WDT-30型微机控制电子万能试验机进行测试。每组样条测5次取平均值，设定拉伸速率为50 mm/min。

**1.3.5** 动态流变测试：试样为厚度1.5 mm、直径25 mm的圆片，使用德国安东帕公司生产的MRC301平板式旋转流变仪对共混物样品进行频率应变扫描。频率扫描范围0.1~100 rad/s，实验温度为200 ℃。

**1.3.6** 扫描电镜（SEM）表征：将抽提后共混物试样的断面喷金处理2 min后，使用日本电子株式会社生产的JSM-IT100型扫描电子显微镜观察断面形貌。

**1.3.7** 压汞仪测试（MIP）：称取抽提后共混物试样0.2~0.5 g，使用麦克Autopore V9620型压汞仪测试其平均孔径分布及比表面积。

## 2 结果与讨论

### 2.1 酸酐化LLDPE/PS母料的增容反应机理及红外分析

依据文献[9]中的酸酐化LLDPE/PS增容母料，其中含有的接枝物(PS-*g*-LLDPE)-MAH能够与PLA分子链上的羟基反应形成化学键，反应机理如Fig.1所示，(PS-*g*-LLDPE)-MAH中的环形酸酐与共混体系中PLA的端羟基发生了开环酯化反应。

为了证明酸酐化LLDPE/PS增容母料能与共混物中的PLA发生反应，将含有10%增容母料和10%酸酐化的增容母料的2种PLA/LLDPE/PS共混物按照实验方法进行分离，分离所得不溶物的红外图谱

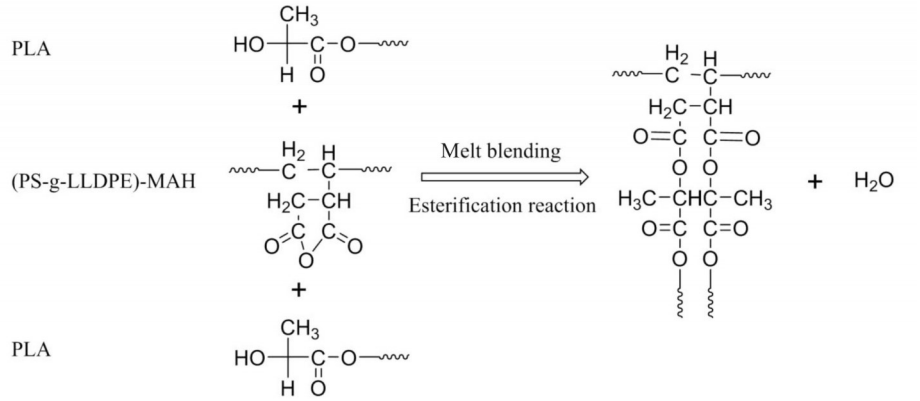



**Fig. 1 Reaction mechanism between (PS-*g*-LLDPE)-MAH and PLA**

**Tab. 1 Composition of PLA/LLDPE/PS blend**

| Samples | *m*(PLA)/g | *m*(PS)/g | *m*(LLDPE)/g | *m*(maleated master batch)/g |
|---|---|---|---|---|
| M1 | 40 | 30 | 30 | 0 |
| M2 | 40 | 27.5 | 27.5 | 5 |
| M3 | 40 | 25 | 25 | 10 |
| M4 | 40 | 22.5 | 22.5 | 15 |

如Fig.2所示。Fig.2(a)是含有10%LLDPE/PS增容母料的共混物分离物，依据文献中的红外特征峰[10,11]，在1600 $cm^{-1}$处出现了PS的苯环特征吸收峰，并且在1720~1770 $cm^{-1}$没有酯键上的C=O的伸缩振动，说明该分离方法可以将PLA完全分离。Fig.2(b)为含有10%酸酐化增容母料的共混物分离产物，其在1758 $cm^{-1}$处出现了羰基C=O特征吸收峰，在1189$cm^{-1}$，1130$cm^{-1}$，1091$cm^{-1}$处出现酯醚键C—O—C基团特征强吸收峰，同时在1600 $cm^{-1}$处仍然有PS的苯环特征吸收峰。这说明酸酐化增容母料可以与PLA发生反应，有接枝物(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA生成。

## 2.2　共混物的力学性能

不同酸酐化增容母料用量的PLA/LLDPE/PS共混物的力学性能和熔体流动速率测试结果如Tab.2所示。由表可知，随着增容母料用量增加，共混物的力学性能得到明显提高。以简单共混物为基准，当加入质量分数10%的增容母料时，共混物的拉伸强度从9.82 MPa提升至25.58 MPa，增加了160.5%，断裂伸长率从5.42%提升至15.44%，增加了184.8%。这是由于增容母料中的酸酐官能团与PLA中的羟基发生了化学反应，生成(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA接枝共聚物，该接枝物处于相界面，降低了界面张力，提高了共混物各相的界面结合力。此外，随着增容母料用量的增加，共混物的MFR逐渐降低，这一方面是由于生成了接枝共聚物，体系相对分子质量增大，使共混物的黏度增大；另一方面，酸酐化的增容母料本身黏度相对较大，加入共混物的量越多，共混体系的黏度也会提高。

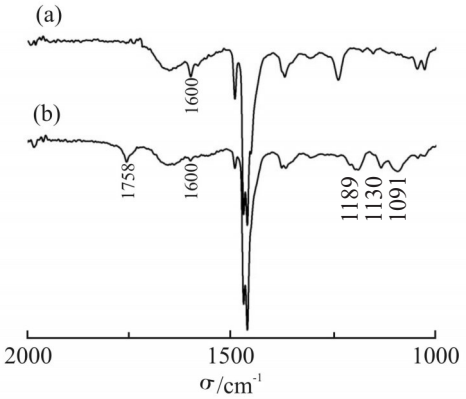



**Fig. 2 FT-IR spectra of residue from the PLA/LLDPE/PS blends extracted with n- heptane, cyclohexane and ethyl acetate respectively**
(a): adding 10% LLDPE/PS compatibilized master batch; (b): adding 10% maleated LLDPE/PS compatibilized master batch

## 2.3　共混物的DSC分析

Fig.3(a)显示了不同酸酐化增容母料用量的

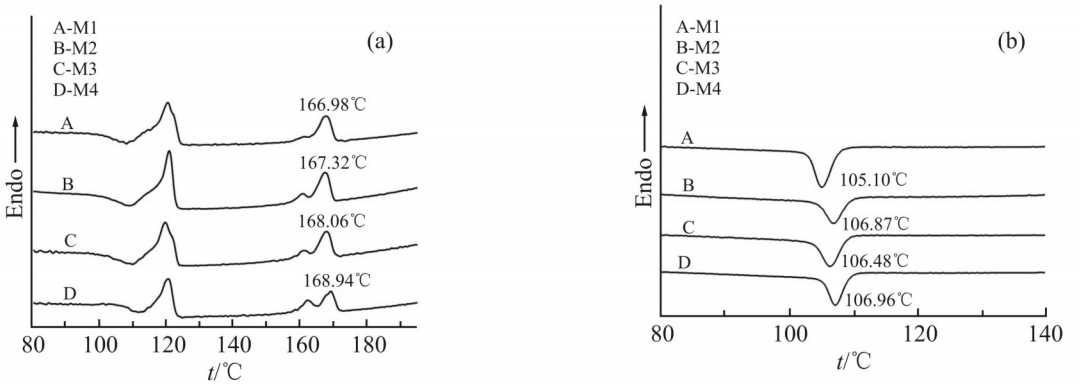



**Fig. 3 (a)Heating and (b)cooling curves of PLA/LLDPE/PS blends with different maleated LLDPE/PS compatibilized master batch**

**Tab. 2 Mechanical properties and melt flow rate(MFR) of PLA/LLDPE/PS blends**

| Samples | *w*(maleated master batch)/% | Tensile strength /MPa | Elongation at break/% | MFR/(g·(10 min)$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| M1 | 0 | 9.82±2.12 | 5.42±0.84 | 3.2 |
| M2 | 5 | 19.58±2.70 | 11.76±1.02 | 2.1 |
| M3 | 10 | 25.58±1.35 | 15.44±0.97 | 1.3 |
| M4 | 15 | 26.13±1.80 | 15.96±0.75 | 1.2 |

PLA/LLDPE/PS共混物的DSC升温曲线。由图可知，对于简单共混物，120 ℃的峰是LLDPE的$T_m$，166.98 ℃的峰为PLA的$T_m$。增容母料质量分数为5%的PLA/LLDPE/PS共混物相较于简单共混物，其PLA的熔融峰由166.98 ℃提升至167.32 ℃，增容母料质量分数为10%的PLA/LLDPE/PS共混物中PLA的熔融峰升至168.06 ℃。随着酸酐化增容母料的加入，共混物中PLA的$T_m$提升，这是由于共混反应生成的少量(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA接枝共聚物穿插在刚性PLA链段之间，使其相互作用减弱，PLA链段活动能力增强，起到反增塑作用，结晶更加完善。从图中还能看出，在曲线B，C和D的165 ℃附近都出现了双峰，这可能是因为共混物中PLA的晶区结晶不完善，在较低温度时已经开始熔融，部分熔融过程又由于反增塑作用，可以再结晶而出现重结晶现象，随着温度的升高，重结晶的晶区融化，从而出现2个熔融峰。

Fig.3(b)是加入不同量酸酐化增容母料的PLA/LLDPE/PS共混物的DSC降温曲线。共混物中的PLA由于结晶缓慢，除非时间足够长或加入成核剂帮助结晶，否则很难观察到PLA的结晶峰。图中曲线A的105.1 ℃的峰是简单共混物中LLDPE的结晶峰，当加入质量分数5%的酸酐化增容母料后，其结晶峰提升到106.87 ℃，当加入质量分数15%的酸酐化增容母料后，其结晶峰提升到106.96 ℃，这主要是因为生成的(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA接枝共聚物在降温过程中起到异相成核的作用，使共混物中的LLDPE在较高温度就开始结晶。

### 2.4 共混物的动态流变性能

Fig.4是PLA/LLDPE/PS共混体系的流变行为曲线。由Fig.4(a)和Fig.4(b)可以看出，酸酐化LLDPE/PS增容母料的加入提高了PLA/LLDPE/PS的储存模量($G'$)与损耗模量($G''$)，且随着母料含量的增大而逐渐增大。这是因为酸酐化母料中的PS-*g*-LLDPE与PS和LLDPE具有较好的物理相容性，增加了LLDPE和PS界面作用力；另一方面，母料中酸酐基团与PLA反应生成的(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA接枝共聚物，起到明显的增容作用，进一步增强了LLDPE，PLA，PS三相互间界面的黏结力。此外，随频率($\omega$)的增大，不同共混物的$G'$和$G''$也增大，这是因为在低频率下，共混物分子链的缠结状态不易受到破坏或者受到破坏后有足够的松弛时间来形成新的缠

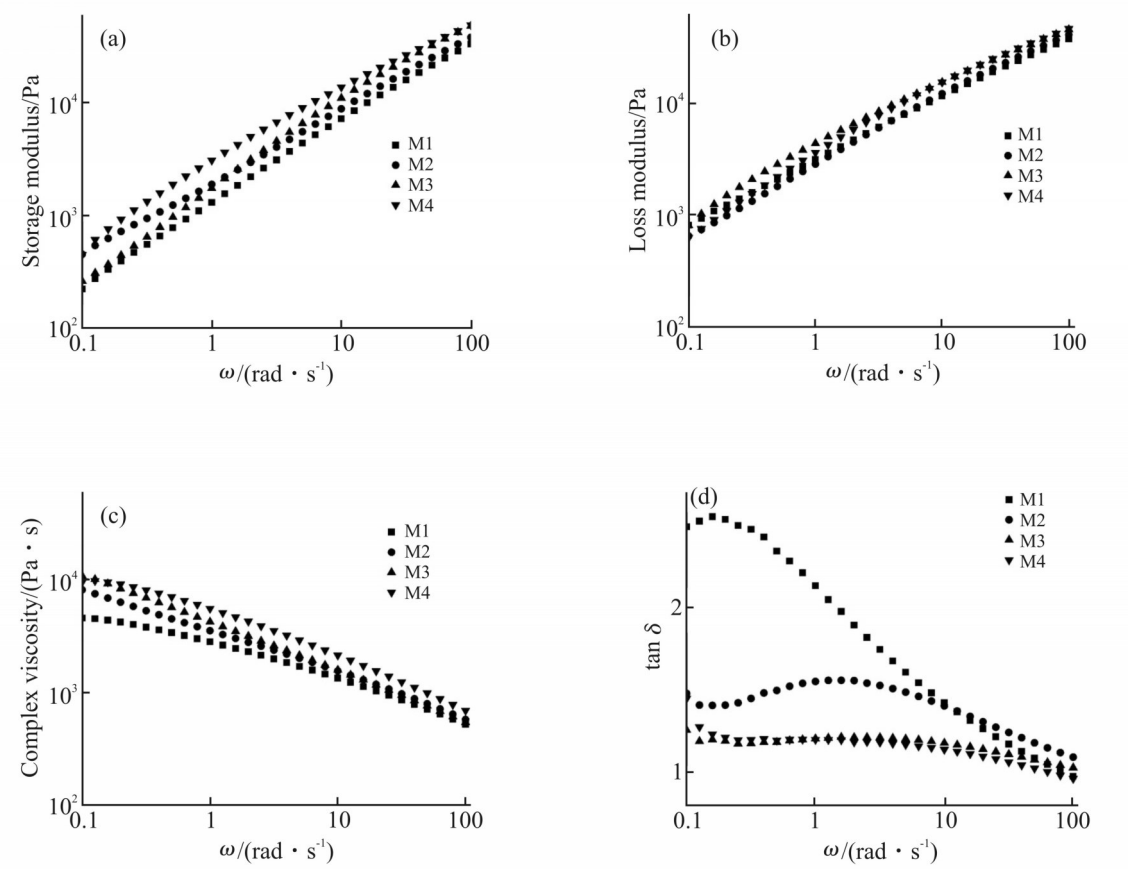



**Fig. 4 Dynamic rheological behavior of all kinds of PLA/LLDPE/PS blends at 200 ℃**
(a): storage modulus; (b): loss modulus; (c): complex viscosity; (d):tan$\delta$

结，导致共混体系在低频区的$G'$和$G''$较低；当$\omega$继续增加时，分子链的松弛时间远远大于体系的变形时间，分子链的松弛跟不上外力的变化，因此$G'$和$G''$升高。

如Fig.4(c)所示，PLA/LLDPE/PS共混体系的复数黏度($\eta^*$)随酸酐化母料用量的增加而逐渐升高。与简单共混物相比，当加入5%酸酐化增容母料时，$\eta^*$上升了约1个数量级，这是因为酸酐化母料与PLA反应形成的(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA接枝共聚物使体系相对分子质量增大，并使三相在界面处的相互作用增强，大分子链段运动变得困难，物料的黏性提高。母料用量越多，上述作用更强，$\eta^*$也越高。

Fig.4(d)是不同酸酐化LLDPE/PS增容母料用量的共混物的tan$\delta$随角频率的变化曲线图。图中增容共混物的tan$\delta$均低于简单共混物，且随着酸酐化增容母料用量增加，共混物的tan$\delta$逐渐下降。这是因为酸酐化增容母料加入后PLA/LLDPE/PS三相界面作用增加，大分子链运动受到限制，因此由链运动产生的内耗减少，tan$\delta$随之下降。

### 2.5　共混物的SEM分析

共混物经正庚烷、环己烷抽提48 h后的微观结构如Fig.5。图中基体相为“PLA”，溶剂抽提留下的空穴为LLDPE和PS相区域。Fig.5(a)为简单共混物，图中球形粒子是分散在LLDPE和PS基体中的少量PLA粒子，其外观呈球形，且大小分布不均，说明PLA与LLDPE和PS不相容；添加5%酸酐化增容母料后，如Fig.5(b)所示，分散的PLA粒子数明显减少，尺寸也减少，LLDPE和PS相区域形成相互贯通的连续通道，空洞尺寸也减少；添加10%酸酐化增容母料后，分散在LLDPE和PS基体中的PLA粒子几乎消失，LLDPE和PS留下的空洞尺寸进一步下降。上述现象可见，酸酐化增容母料的加入，有利于连续通道的形成和相态结构尺寸的减小。

### 2.6　共混物的孔径分布

为了进一步探究共混物经溶剂选择性抽提后是否出现分级多孔结构，将选择性抽提后的M1和M3

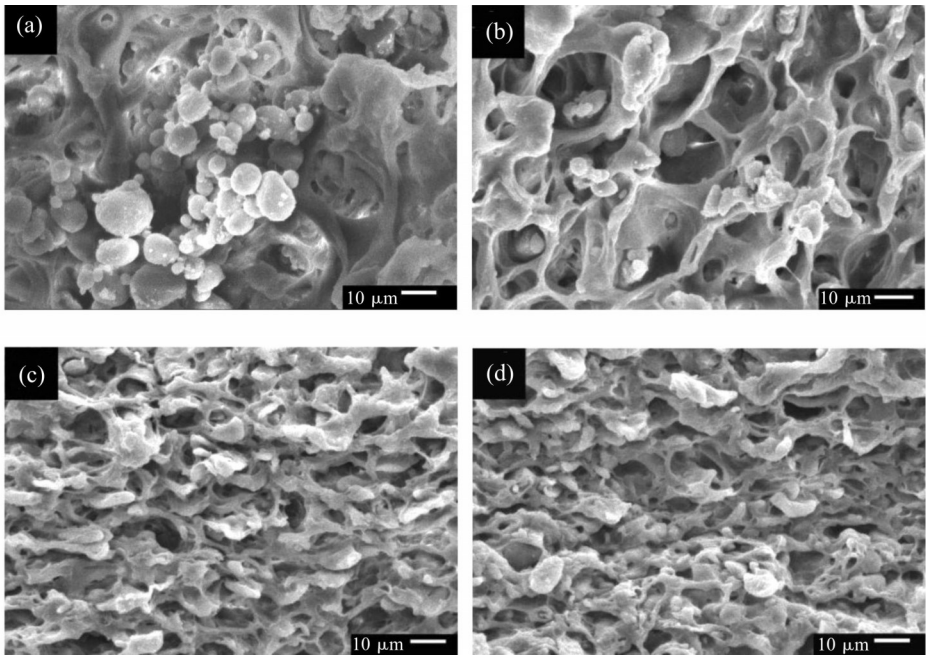



**Fig. 5 SEM morphologies of the porous "PLA" extracted from M1, M2, M3 and M4**
(a): M1; (b): M2; (c): M3; (d): M4

**Tab. 3 Average pore size and specific surface area of the porous"PLA"**

| | Large holes diameter /μm | Small holes diameter /μm | specific surface area /($m^2 \cdot g^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| M1 | 52 | 7.2 | 3.42 |
| M3 | 6.0 | 1.6 | 4.76 |

进行压汞孔隙率测试，结果如Fig.6和Tab.3所示。M1和M3均形成了分级多孔结构，其中M1的大孔平均孔径为52 μm，小孔平均孔径为7.2 μm，比表面积为3.42 $m^2/g$；M3大孔平均孔径为6 μm，小孔平均孔径为1.6 μm，比表面积为4.76 $m^2/g$。上述数据说明，加入酸酐化增容母料后，LLDPE和PS相平均尺寸减少，导致"PLA"孔径尺寸显著降低，孔比表面积增大，这与扫描电镜观察结果一致。简单共混物M1的MIP测试结果也表现出分级多孔结构，这是由于淬火处理保存了其熔融状态下的共混物连续相形态，但这种形态并不稳定，当退火时间大于10 min时，此形态将会消失[8]。有关分级多孔PLA的制备的影响因素，有待进一步研究。

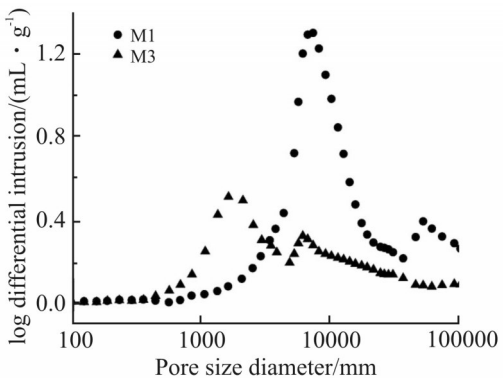



**Fig. 6 Mercury injection porosity(MIP) test results of the porous "PLA"from M1 and M3**

## 3 结论

(1)结果表明，该酸酐化LLDPE/PS增容母料能

有效增容PLA/LLDPE/PS三元共混体系，增容过程中生成了(LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA接枝共聚物，并且使共混物中PLA的$T_m$和LLDPE的$T_c$升高，共混体系黏度增加，有利于相态尺寸减小和稳定。

(2)PLA/LLDPE/PS共混物经过溶剂选择性抽提后，产生了分级多孔结构，增容后的PLA孔径尺寸减小，比表面积增大。

(3)本文明确了酸酐化LLDPE/PS增容母料对PLA/LLDPE/PS互不相容的多元共混体系的影响，为分级多孔PLA材料的制备提供了新途径，同时为未来发展尺寸受控的多孔材料的制备方法提供了新思路。

**参考文献:**


[1] Hamad K, Kaseem M, Ayyoob M, *et al*. Polylactic acid blends: the future of green, light and tough[J]. Progress in Polymer Science, 2018, 85: 83-127.

[2] Liu S, Qin S H, He M, *et al.* Current applications of poly(lactic acid) composites in tissue engineering and drug delivery[J]. Composites Part B: Engineering, 2020, 199: 108238.

[3] 薄冬营, 郭振招, 李红, 等. 分级多孔结构聚乳酸支架的制备与性能研究[J]. 功能材料, 2016, 47(4): 4210-4213.
Bo D Y, Guo Z Z, Li H, *et al.* Fabrication of PLLA scaffolds with hierarchical porous structure[J]. Journal of Functional Materials, 2016, 47(4): 4210-4213.

[4] Huang Y, Gancheva T, Favis B D, *et al*. Hydrophobic porous polypropylene with hierarchical structures for ultrafast and highly selective oil/water separation[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2021, 13: 16859-16868.

[5] Huang S, Bai L, Trifkovic M, *et al.* Controlling the morphology of immiscible cocontinuous polymer blends via silica nanoparticles jammed at the interface[J]. Macromolecules, 2016, 49: 3911-3918.

[6] 刘瑞来, 丁晓红, 赵璟云, 等. 相分离法制备聚乳酸/醋酸纤维素三维微-纳米纤维多孔支架及其生物矿化活性[J]. 高分子材料科学与工程,2021, 37(12):137-146.
Liu R L, Ding X H, Zhao J Y, *et al.* Fabeication and bio-mineralization activity of poly(L- lactic acid)/cellulose acetate there- dimensional micer- nanofibrous porous scaffolds by phase separation[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2021, 37 (12):137-146.

[7] Sarazin P, Favis B D. Morphology control in co-continuous poly (L-lactide)/polystyrene blends: a route towards highly structured and interconnected porosity in poly(L- lactide) materials[J]. Biomaterials, 2003, 4: 1669-1679.

[8] Gu L, Nessim E E, Macosko C W, *et al.* Reactive compatibilization of poly(lactic acid)/polystyrene blends and its application to preparation of hierarchically porous poly(lactic acid)[J]. Polymers, 2018, 134: 1753-1759.

[9] 沈帆, 董银春, 黄煜峥, 等. 酸酐化LLDPE/PS增容母料对LLDPE/PS/PA6三元共混物结构及性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2018, 34(7):72-77.
Shen F, Dong Y C, Huang Y Z, *et al.* Effect of maleated LLDPE/PS compatibilized master batch on the structures and properties of LLDPE/PS/PA6 ternary blends[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2018, 34(7): 72-77.

[10] Zhu N Q，Chen H L，Gao X X，*et al*. Fabrication of LDPE/PS interpolymer resin particles through a swelling suspension polymerization approach[J]. e-Polymers, 2020, 20:361-368.

[11] Wasti S, Triggs E, Farag R, *et al.* Influence of plasticizers on thermal and mechanical properties of biocomposite filaments made from lignin and polylactic acid for 3D printing[J]. Composites Part B: Engineering, 2021, 205: 108483.

# Effect of Maleated LLDPE/PS Compatibilized Master Batch on Properties of PLA/LLDPE/PS Blends

Guanyu Li[1], Songdi He[1], Jiamin Chen[1], Peifeng Miao[2], Jianping Xu[1]

(1.*School of Materials Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China;*
*2. Jiangsu Peida Plastic Co., Ltd, Zhangjiagang 215600, China*)

**ABSTRACT:** The maleated LLDPE/PS (50:50, mass ratio) compatibilized master batch was added into the PLA/LLDPE/PS (40:30:30, mass ratio) ternary blend, the effects of amount of the master batch to the mechanical properties, thermal properties, dynamic rheological properties, microstructure and pore size distribution of the blends were investigated. The results of FT-IR analysis show that (LLDPE-*g*-PS)-*g*-PLA was formed in the mixing-system with the master batch added. The mechanical property tests show that when 10%(mass fraction) the master batch was added, the tensile strength and elongation at break of the blends are increased by 160.5% and 184%, respectively, compared with the simple blend. However, when the amount of the master batch is increased further, there is no significant improvement in the mechanical properties. The thermal property tests show that adding the master batch could improve the crystallization regularity of PLA in the blends. When 10% (mass fraction) the master batch was added, the melting point($T_m$) of the PLA is increased by 2.03 ℃, and the crystallization temperature($T_c$) of LLDPE is increased by 1.23 ℃. The results of dynamic rheological tests show that with the increase of amount of the master batch, the storage modulus ($G'$), loss modulus ($G''$) and complex viscosity ($\eta^*$) of the blends all increase, and the loss factor ($\tan\delta$) decreases. The SEM tests show that adding the master batch makes the blend phase disperse evenly, and the phase size decrease. The mercury intrusion porosity tests reveal that the "PLA" remains of the blends after extracted with n-heptane and cyclohexane form a hierarchical porous structure , its pore size is reduced and specific surface area is increased with the addition of the master batch.

**Keywords**: polylactic acid; blends; compatibilized; hierarchical porous structure