

助剂对可生物降解聚碳酸亚丙酯/聚丙烯非织造布切片性能的影响*

田政¹ 潘莉莎^{1**} 高鹏博¹ 徐鼎¹
庞素娟¹ 林强^{2**} 陈龙敏³ 陈喆³

(¹海南省精细化工工程技术研究中心 海南大学材料与化工学院 海口 570228)

(²海南师范大学化学与化工学院 海口 571158)

(³欣龙控股(集团)股份有限公司 海口 570125)

摘要 采用熔融共混法研究助剂马来酸酐(MAH)、马来酸酐接枝聚丙烯(PP-2)对可生物降解聚碳酸亚丙酯(PPC)/聚丙烯(PP)非织造布切片结构与性能的影响.红外谱图表明 MAH 和 PP-2 的酸酐官能团与 PPC 发生了开环反应. MAH、PP-2 可显著提高切片的拉伸强度,当 MAH、PP-2 用量为 1% 和 2% 时,切片拉伸强度较不添加助剂时分别提高了 116% 和 101%. MAH、PP-2 的加入降低了切片的熔体流动速率,提高了特性黏数,同时提高了切片的玻璃化转变温度(T_g)和热分解温度,扩大了切片的使用和加工温度范围.当 MAH 用量为 1% 时,切片 T_g 提高了 4 °C. 当 MAH、PP-2 用量为 1% 和 2% 时,切片 5% 热分解温度分别提高了 44 °C 和 20 °C. 加入 MAH、PP-2 的切片断面的微观形貌图显示切片内部凹陷和空洞较少,较为平整,PP-2 改善切片相容性的效果优于 MAH. PPC 和 PP 置于磷酸缓冲液中 30 天的降解率分别为 4.30% 和 0%,说明 PP 在磷酸缓冲液中几乎不降解.加了助剂的切片 30 天的降解率在 3.80% 以上,说明制备的 PPC/PP 非织造布切片是可降解的,对环境友好.开环反应、增加切片界面黏附力、降低界面张力等可能是助剂提高切片性能的作用机理.

关键词 马来酸酐, 马来酸酐接枝聚丙烯, 聚碳酸亚丙酯, 聚丙烯, 生物降解, 非织造布

非织造布是一种不需要纺纱织布而形成的织物,其生产技术主要有纺粘法、熔喷法、浆粕气流成网法、针(水)刺法、化学粘合和热粘合法.熔喷法是一种年轻而有发展前途的新技术,具有工艺先进、流程短、成本低廉、原料易得等优点.采用熔喷法制备的非织造布纤维直径较小,过滤性能好,主要用作医、药领域和工业上的过滤材料,也可用作吸收性材料、吸附性材料、拭布和包装材料等^[1].在使用的化学纤维原料中,聚丙烯(PP)占 63%,涤纶占 23%,黏胶纤维占 8%^[2].PP 属线性的饱和碳氢化合物,其废弃后若焚烧将产生有害气体,若掩埋难以发生微生物降解^[3].因此,PP 非织造布的可降解研究,已成为目前研究的热点.聚碳酸亚丙酯(PPC)是一种新型完全生物可降解的脂肪族聚碳酸酯,因其具有良好的生物降解性和柔韧性,在国内已工业化生产^[4~7].目前,已有将 PPC 与各类聚合物进行熔融共混改性,得到综合性能较好的共混物的研究^[8~13],但将 PPC 和 PP

切片熔融共混制备可生物降解熔喷非织造布切片的研究尚鲜见报道.

然而,PP 是非极性高聚物,PPC 是极性高聚物,由于它们的极性差异,相容性差.共混物各组分之间若相容性不好,在应力作用下,不仅力的传递受阻,同时相态也不稳定.因此,要提高共混物的使用价值,提高组分间的相容性是关键.马来酸酐(MAH)可以与 PPC 发生封端反应^[14,15],改善 PPC 的力学性能和热学性能等;也可以与 PP 发生接枝反应,赋予 PP 极性,改善 PP 与其他极性高聚物的相容性.MAH 接枝 PP 作为相容剂改善 PP 与 PVA、蒙脱土、纳米黏土、滑石粉的相容性已有相关报道^[16,17].

本文用熔融共混法研究 MAH 和马来酸酐接枝聚丙烯(PP-2)2 种助剂对 PPC/PP 切片的拉伸强度、断裂伸长率、熔体流动速率、特性黏数、热学性能、微观形貌、降解性能的影响,并探讨其作用机理,为制备具有良好综合性能的可生物降解熔

* 2012-07-24 收稿,2012-10-18 修稿;海南省自然科学基金(基金号 212020)、国家自然科学基金(基金号 51263007)、国家非织造材料工程技术研究中心开放课题(项目号 KFKT2011002)和海南大学青年基金(基金号 qnj1167)资助项目.

** 通讯联系人, E-mail: happyilisap@163.com; linqianggroup@163.com

doi:10.3724/SP.J.1105.2013.12228

喷非织造布切片提供了基础数据。

1 实验部分

1.1 原料与试剂

聚碳酸亚丙酯 PPC(重均分子量 $M_w = 1.31 \times 10^5$, 内蒙古蒙西高新材料股份有限公司); 熔喷非织造布聚丙烯 PP 切片(熔体流动速率 MFR = 1243 g/10min; 欣龙控股(集团)股份有限公司); 马来酸酐 MAH(AR, 分析纯, 上海晶纯试剂有限公司); 马来酸酐接枝聚丙烯(型号 PP-2, MAH 接枝率为 1.06%, 南京德巴化工有限公司); 邻氯二苯(AR, 国药集团化学试剂有限公司); 磷酸氢二钠, 磷酸二氢钠(AR, 西陇化工股份有限公司)。

1.2 PPC/PP 熔喷非织造布切片的制备

将 PPC 在 50 ℃ 下真空干燥至恒重, 再将 PPC, PP, MAH 或 PP-2 按一定质量比混合均匀后在 LH60 混合器中熔融共混, 共混温度为 175 ℃, 共混转速为 35 r/min, 共混时间为 5 min, 制得共混物。将共混物粉碎成粉末后通过挤出机和三辊压机压片成型后切片造粒, 挤出机一、二、三、四区温度分别为 180, 170, 175 和 150 ℃, 转速 20 r/min, 压片机转速 70 r/min。代号如 PPC/MAH/PP (80/1/20) 是指切片中 PPC, MAH, PP 的质量比为 80:1:20。

1.3 红外光谱分析

采用 TENSOR27 傅里叶变换红外光谱仪对直接混合的 PPC/MAH/PP(Direct mixture), PPC/PP-2/PP(Direct mixture), 熔融共混的 PPC/MAH/PP(Melt blending), PPC/PP-2/PP(Melt blending) 和 PP-2 进行红外分析, 用溴化钾压片后测定其特征吸收峰。

1.4 拉伸强度和断裂伸长率测试

在室温下采用 XLW 智能子式拉力试验机测试, 把经过压片后的切片裁成 100 mm × 10 mm 的样条进行测试切片的拉伸强度和断裂伸长率, 拉伸速率为 500 mm/min。

1.5 熔体流动速率测定(MFR)

MFR 根据 ASTM D 1238-2004 标准, 采用 RL218-熔体流动速率测定仪测定, 实验温度 230 ℃, 标准载荷 2.16 kg。

1.6 特性黏数测定($[\eta]$)

特性黏数采用 NCY 自动黏度测定仪测定, 用邻氯二苯做溶剂, 溶解切片制成 0.0025, 0.002, 0.0016 和 0.0012 g/mL 4 个浓度溶液, 记录溶液

和溶剂的流出时间, 根据文献[18~20]中的外推法得到特性黏数 $[\eta]$ 。

1.7 差式扫描量热分析(DSC)

示差扫描量热分析采用 NETZSCH DSC Q100 热分析仪分析, 升温速率 10 K/min, 测试温度范围 -50 ℃ 至 200 ℃。

1.8 热重分析(TG)

热重分析采用 NETZSCH TG Q600 热重分析仪分析, 将约 10 mg 的切片装入热重天平样品池中, 通入高纯 N_2 吹扫, 从室温(30 ℃)开始, 以 10 K/min 的升温速率升温至 500 ℃, 得到热失重曲线(TG)和微分热失重曲线(DTG)。

1.9 扫描电镜(SEM)

切片微观形貌分析采用 HITACHI S-3500N 型扫描电子显微镜分析, 切片用液氮脆断后观察其内部微观形貌。

1.10 降解性能测定

将面积为 0.5 cm × 0.5 cm, 厚度为 4 mm 的切片干燥至恒重后, 装入加有用磷酸氢二钠和磷酸二氢钠制成的 pH 值为 7.7 的磷酸盐缓冲液的试管中, 置于 60 ℃ 恒温油浴中加热降解。每隔 6 天更换一次磷酸盐缓冲液, 确保溶液 pH 值的相对稳定。试样每隔 6 天取出, 用蒸馏水反复冲洗, 干燥至恒重。以失重率表示降解率, 初重质量 m_0 , 降解后质量为 m_1 ; 降解率 = $(m_0 - m_1)/m_0 \times 100\%$ 。

2 结果与讨论

2.1 红外光谱分析

将直接混合的 PPC/MAH/PP Direct mixture (80/1/20), PPC/PP-2/PP Direct mixture (80/2/20), 熔融共混的 PPC/MAH/PP Melt blending (80/1/20), PPC/PP-2/PP Melt blending (80/2/20) 和 PP-2 进行红外分析, 结果如图 1 所示。MAH 为环状酸酐, 在 1800 cm^{-1} 左右出现羰基的反对称伸缩振动峰, 在 1750 cm^{-1} 左右出现羰基的对称伸缩振动峰^[21]。由图 1 可知, PP-2 在 1831 和 1781 cm^{-1} 出现羰基特征峰, PPC/MAH/PP Direct mixture 在 1847 和 1758 cm^{-1} 也出现了羰基特征峰, 说明其存在环状酸酐。而 PPC/MAH/PP Melt blending, PPC/PP-2/PP Melt blending 在 1800 cm^{-1} 左右没有出现羰基的反对称特征峰, 说明 MAH 和 PP-2 的环状酸酐基团与 PPC 的端羟基发生了开环反应, 赖明芳等^[14]研究也表明 MAH 的酸酐

基团会和 PPC 发生大分子偶联反应. PPC/PP-2/PPDirect mixture 在 1800 cm^{-1} 左右没有出现羰基的反对称特征峰, 可能是因为 PP-2 用量为 2%, 且 PP-2 中 MAH 的接枝率为 1.06%, 在 PPC/PP-2/PP 体系中 MAH 的含量相对较少, 所以特征峰没在谱图中体现出来, 但可以推测 PP-2 中接枝的 MAH 会和 PPC 发生开环反应.

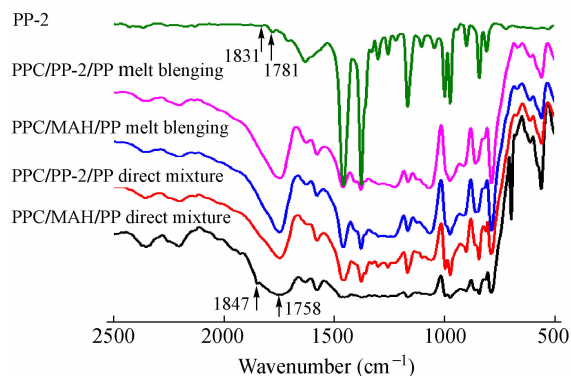


Fig. 1 FTIR spectra of PPC/MAH/PP, PPC/PP-2/PP and PP-2

2.2 助剂对切片拉伸强度和断裂伸长率的影响

2.2.1 MAH 用量对切片拉伸强度和断裂伸长率的影响

固定 PPC/PP 质量比为 80/20, MAH 加入量分别为 PPC 和 PP 总质量的 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1%, 2%, 3% 和 4%, 研究 MAH 用量对切片拉伸强度和断裂伸长率的影响, 结果如图 2 所示. 由图 2 可知, 随着 MAH 的加入, 切片的拉伸强度先增大后减小, 当用量为 1% 时达到了最大值为 22.42 MPa, 这可能是因为高温下 MAH 会与 PP 发生了接枝反应, 同时红外也表明 MAH 与 PPC 发生了开环反应, 化学键将 PP 与 PPC 结合起来, 增加了 PP 和 PPC 的界面黏附力, 提高了拉伸强度. 但加入 MAH 改善切片拉伸强度的同时, 其断裂伸长率降低, 这是因为 MAH 与 PP, PPC 相互作用, 降低了切片的柔性. 所以 MAH 加入量不是越多越好, 过多的 MAH 不利与 PPC 进一步发生大分子偶联反应, 导致拉伸强度和断裂伸长率下降.

2.2.2 PP-2 用量对切片拉伸强度和断裂伸长率的影响

固定 PPC/PP 质量比为 80/20, PP-2 加入量分别为 PPC 和 PP 总质量的 0%, 1%, 2%, 3%, 4% 和 8%, 研究 PP-2 用量对切片拉伸强度和断裂伸长率的影响, 结果如图 3 所示. 由图 3 可知,

随着 PP-2 用量的增加, 拉伸强度逐渐增大, 当用量达到 2% 时, 拉伸强度最大为 20.86 MPa, 继续增加 PP-2 的用量, 拉伸强度没有明显变化, 断裂伸长率一直呈减小趋势. 说明 PP-2 的极性酸酐基团与 PPC 的羟基发生了反应, 同时 PP-2 中的 PP 链段和切片中的 PP 共晶相容, 降低了切片的界面能量, 提高了 PPC 与 PP 间的界面黏附力, 使切片拉伸强度增加, 断裂伸长率降低. 但 PP-2 用量过多会使切片界面层变厚, 易于产生界面层内应力使切片产生界面层破坏, 导致切片的强度和模量下降, 增容作用减弱, 所以, 继续增加 PP-2 用量, 切片的拉伸强度增加不明显, 还有减小的趋势.

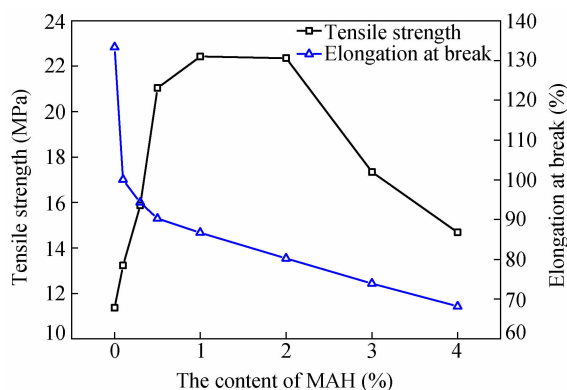


Fig. 2 The effect of MAH on the tensile strength and elongation at break of the slices

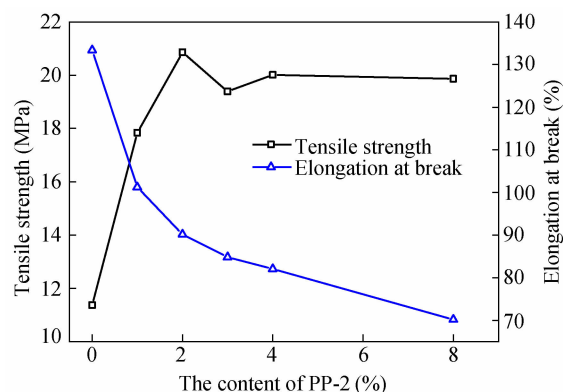


Fig. 3 The effect of PP-2 on the tensile strength and elongation at break of the slices

2.2.3 助剂对不同共混比例切片拉伸强度的影响

由助剂 MAH, PP-2 用量对切片拉伸强度的影响可知, 1% 和 2% 分别是 MAH, PP-2 的最优用量. 将 MAH, PP-2 按 PPC 和 PP 总质量的 1%, 2% 分别加入 PPC/PP 质量比为 90/10, 80/20, 70/30,

60/40 体系中熔融共混,研究助剂对不同共混比例切片拉伸强度的影响,结果如表 1 所示. 由表 1 可知,MAH,PP-2 的加入明显提高了切片的拉伸强度和使用性能. 不加助剂时,随着 PP 含量的增加,切片的拉伸强度增大,但 PP 含量超过 30% 时,拉伸强度减小,这是因为 PP 是熔喷非织造布切片,流动性大,过多的加入不利于压片成型,导致拉伸强度减小. 加了助剂后,随着 PPC 含量增加,切片的拉伸强度增大,这可能是因为过量的 PPC 有利于和助剂 MAH,PP-2 的酸酐基团发生大分子偶联反应,从而提高切片的拉伸强度.

Table 1 The effect of additives on the tensile strength of the slices

Material	No additives (MPa)	1% MAH (MPa)	2% PP-2 (MPa)
PPC/PP(90/10)	5. 82	30. 21	27. 43
PPC/PP(80/20)	11. 37	22. 42	20. 86
PPC/PP(70/30)	13. 02	19. 87	18. 34
PPC/PP(60/40)	11. 07	16. 48	15. 21

2.3 助剂对切片 MFR 和[η]的影响

2.3.1 MAH 用量对切片 MFR 和[η]的影响

MAH 用量对切片 MFR 和[η]的影响如表 2 所示. 由表 2 可知,随着 MAH 用量的增加,切片的 MFR 先减小后增大,[η]先增大后减小. 这是因为 MAH 用量增加,一方面与 PPC 发生封端反应,切片的分子量增加,拉伸强度和热稳定性提高;另一方面在高温下,MAH 与 PP 发生了接枝反应,赋予 PP 极性^[22,23],增加了与极性 PPC 的相容性,二者间相互作用增强,提高了相互间的黏附力. 但过多加入 MAH 不利于与 PPC 进一步发生大分子偶联反应,造成拉伸强度下降,PPC 与 PP 相互间作用减弱,MFR 增大,[η]减小.

2.3.2 PP-2 用量对切片 MFR 和[η]的影响

PP-2 用量对切片的 MFR 和[η]的影响如表 3 所示. 由表 3 可知,随着 PP-2 含量的增加,切片的 MFR 减小. 这是因为 PP-2 上酸酐基团与 PPC 相互作用,同时 PP-2 中的 PP 链段和切片中的 PP

的互容性增强,降低了切片的界面力,提高了界面黏附力,阻碍了分子链的运动,从而使得 MFR 减小,[η]增大.

Table 2 The effect of MAH on MFR and [η] of the slices

Content of MAH (%)	MFR (g/10min)	[η] (dL/g)
0	4876	0. 98
0. 1	1435	1. 10
0. 3	1289	1. 12
0. 5	1190	1. 13
1	1002	1. 14
2	1255	1. 11
3	1560	1. 09
4	2034	1. 06

Table 3 The effect of PP-2 on MFR and [η] of the slices

Content of PP-2 (%)	MFR (g/10min)	[η] (dL/g)
0	4876	0. 98
1	3963	1. 02
2	3703	1. 07
3	2378	1. 10
4	1347	1. 14
8	1060	1. 19

2.3.3 助剂对不同共混比例切片 MFR 和[η]的影响

将 MAH,PP-2 按 PPC 和 PP 总质量的 1%, 2% 分别加入 PPC/PP 质量比为 90/10,80/20,70/30,60/40 体系中熔融共混,研究助剂对不同共混比例切片的 MFR 和[η]的影响,结果如表 4 所示. 由表 4 可知,MAH,PP-2 的加入明显降低了切片的 MFR,提高了[η],所以助剂的加入提高了切片间的黏附力,促进了 PPC 和 PP 的相容,提高了切片的拉伸强度.

2.4 助剂对切片热学性能的影响

选取切片 PPC/PP(80/20),PPC/MAH/PP(80/0.1/20),PPC/MAH/PP(80/1/20),PPC/PP-2/PP(80/2/20)和 PPC/PP-2/PP(80/8/20)做 DSC 和 TG 分析,结果如图 4、图 5 和表 5 所示. 由图 4、图 5 和表 5 可知,PPC 的 T_g 为 25.0℃^[24],

Table 4 The effect of additives on MFR and [η] of the slices

Material	No additives		1% MAH		2% PP-2	
	MFR (g/10min)	[η] (dL/g)	MFR (g/10min)	[η] (dL/g)	MFR (g/10min)	[η] (dL/g)
PPC/PP(90/10)	5907	0. 96	786	1. 20	4213	0. 99
PPC/PP(80/20)	4876	0. 98	1002	1. 18	3703	1. 07
PPC/PP(70/30)	3494	1. 09	1051	1. 17	2578	1. 09
PPC/PP(60/40)	1563	1. 13	1126	1. 16	1532	1. 14

PPC/PP(80/20) 的 T_g 为 24.4℃, 加了 MAH, PP-2 后切片的 T_g 有所提高, 扩大了切片的使用温度范

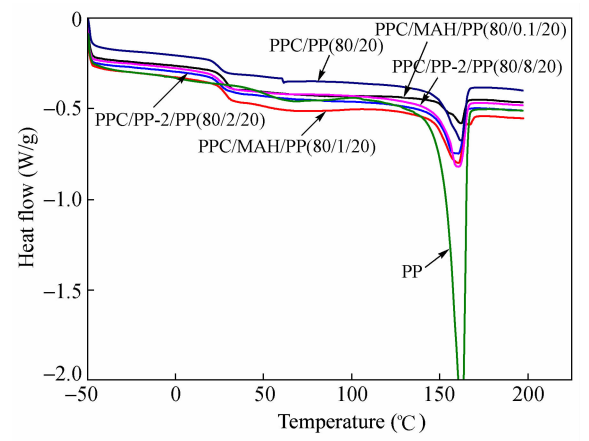
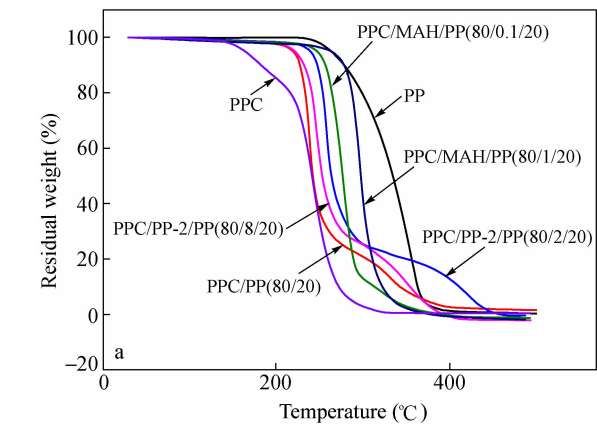


Fig. 4 The DSC curves of the blending slices



围, 且 MAH 对 T_g 的提高较 PP-2 显著. 当 MAH, PP-2 用量分别为 1%, 2% 时, $T_{-5\%}$ 较不添加助剂时提高了 44℃, 20℃. MAH, PP-2 的加入使切片的外延起始分解温度提高, 分解阶段温度范围变宽, 提高了切片的热稳定性, 扩大了切片的加工温度范围.

2.5 切片的微观形貌

选取切片 PPC/PP(80/20), PPC/MAH/PP(80/1/20) 和 PPC/PP-2/PP(80/2/20) 液氮脆断后用 SEM 分析内部形貌, 结果如图 6 所示. 由图 6 可知, 没加助剂的切片断面比较粗糙, 存在凹陷、空洞和裂纹. 加入 MAH 和 PP-2 后断面较为光滑, 呈现出相对较好的相容性, 且 PP-2 的增容效果较 MAH 好.

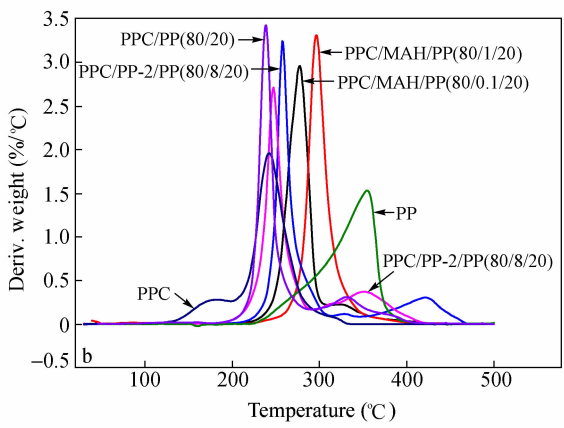


Fig. 5 The TG curves (a) and DTG curves (b) of the blending slices

Table 5 The thermal properties datas of the PPC, PP and the blending slices

Material	T_g (°C)	T_m (°C)	$T_{-5\%}$ (°C)	$T_{-50\%}$ (°C)	T_p (°C)
PPC	25.0	—	164.0	241.5	242.5
PPC/PP(80/20)	24.4	162.0	219.5	242.5	238.5
PPC/MAH/PP(80/0.1/20)	28.8	162.1	247.0	276.5	277.5
PPC/MAH/PP(80/1/20)	28.3	160.2	263.5	297.5	296.5
PPC/PP-2/PP(80/2/20)	25.3	159.7	239.5	264.0	257.5
PPC/PP-2/PP(80/8/20)	25.4	160.2	221.5	253.0	247.0
PP	—	162.6	263.5	334.5	355.0

2.6 切片的降解性能

选取切片 PPC/PP(80/20), PPC/MAH/PP(80/0.1/20), PPC/MAH/PP(80/1/20), PPC/PP-2/PP(80/2/20), PPC/PP-2/PP(80/8/20), PPC 和 PP 切片在磷酸缓冲液中降解, 降解数据如表 6 所示. 由表 6 可知, 切片置于磷酸缓冲液中 30 天, PPC 的降解率达 4.30%, PP 基本不降解, PPC/PP(80/20) 的降解率为 3.82%, 加了助剂的切片 30d 降解率均保持在 3.80% 以上, 所以通过熔融共混

能达到优势互补, 制备出可生物降解的 PPC/PP 熔喷非织造布切片.

2.7 助剂作用机理探讨

2.7.1 MAH 作用机理探讨

基于对以上实验结果的分析, 可以推测 PPC 和 MAH 的酸酐基团发生了开环反应, 大分子偶联反应等, 提高了 PPC 的拉伸强度和热稳定性, PPC 与 MAH 的反应式如图 7 所示. 在高温下, MAH 的双键断开与 PP 发生接枝反应, 赋予 PP 极

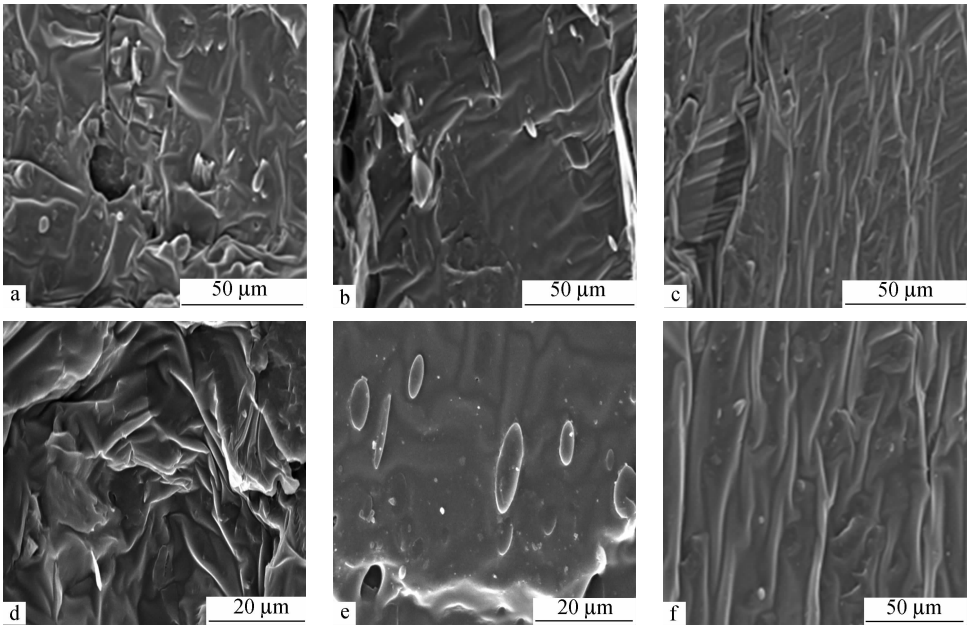


Fig. 6 The SEM of the blending slices: (a) PPC/PP(80/20) , (b) PPC/MAH/PP (80/1/20) , (c) PPC/PP-2/PP(80/2/20) , (d) PPC/PP (80/20) , (e) PPC/MAH/PP(80/1/20) and (f) PPC/PP-2/PP(80/2/20)

Material	Degradation rate (%)				
	6 days (%)	12 days (%)	18 days (%)	24 days (%)	30 days (%)
PPC	3.24	3.68	3.96	4.11	4.30
PPC/PP(80/20)	2.89	3.25	3.43	3.62	3.82
PPC/MAH/PP(80/0.1/20)	2.91	3.29	3.45	3.64	3.87
PPC/MAH/PP(80/1/20)	2.93	3.30	3.49	3.66	3.90
PPC/PP-2/PP(80/2/20)	2.92	3.29	3.47	3.66	3.88
PPC/PP-2/PP(80/8/20)	2.88	3.24	3.42	3.60	3.80
PP	0	0	0	0	0

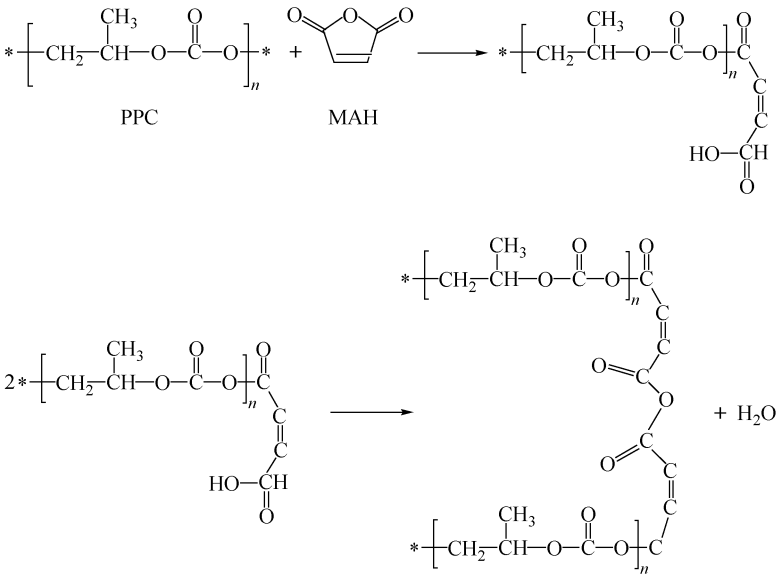


Fig. 7 The reactions of PPC and MAH

性,PP 与 MAH 的反应式如图 8 所示,接枝在 PP 上的 MAH 的酸酐基团也可进一步和 PPC 反应,改善 PP 和 PPC 的相容性. MAH 在界面上分别与 PP,PPC 相互作用,增强切片两组分之间的相互作用,阻碍了分子链的正常排列,导致切片熔体在

流动中运动阻力增加,熔体流动性变差,增加切片界面黏附力,所以 MAH 的加入降低了切片的 MFR,提高了切片的拉伸强度, $[\eta]$ 、热稳定性和相容性等.

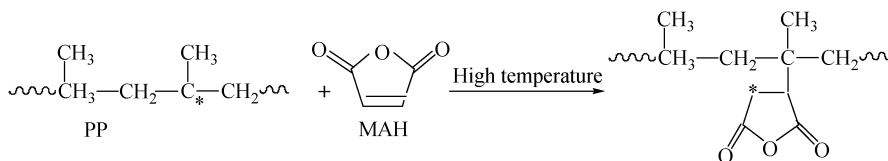


Fig. 8 The reaction of PP and MAH

2.7.2 PP-2 作用机理探讨

PP-2 上的 MAH 的酸酐基团与 PPC 发生反应,相互作用相容,PPC 与 PP-2 的反应式如图 9 所示. 同时,PP-2 上的 PP 链段和切片中的 PP 共晶相容,在界面区域采取最有利的构象,充分发挥其增容作用. PP,PPC 是 2 种极性不同的聚合物组分共混,它们之间的界面黏合力很小,界面张力大,2 种分子的混容性较差. 随着带有极性基团的

PP-2 的加入,PP-2 在界面上分别与 PP,PPC 产生共晶、化学键等相互作用,使得 PP 分子链和 PPC 分子链易于形成缠结,增强了切片两组分之间的相互作用,提高了拉伸强度;阻碍了分子链的正常排列,导致切片熔体在流动中运动阻力增加,熔体流动性变差,界面黏附力增加,界面张力降低,降低了切片的 MFR,提高了切片的 $[\eta]$ 和热稳定性,对切片起到增容的作用.

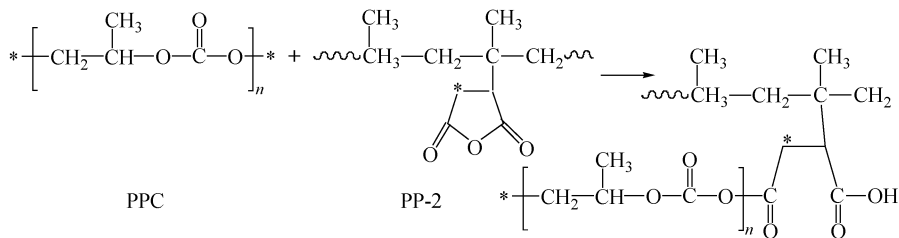


Fig. 9 The reaction of PPC and PP-2

3 结论

红外谱图表明 MAH,PP-2 的酸酐基团会与 PPC 端位羟基发生开环反应. MAH,PP-2 的加入能显著提高切片的拉伸强度,当 MAH,PP-2 用量分别为 1%,2% 时,拉伸强度较不添加助剂时提高了 116%,101%. MAH,PP-2 的加入可以降低切片的 MFR,提高 $[\eta]$.

热学性能分析表明,MAH,PP-2 的加入提高了切片的玻璃转化温度和热分解温度,当 MAH,

PP-2 用量分别为 1%,2% 时, $T_{.5\%}$ 较不添加助剂时提高了 44 °C,20 °C. 微观形貌分析表明,加入 MAH,PP-2 的切片较为平整,凹陷或空洞较少,改善了切片的相容性,其中 PP-2 对切片的相容性改善较好. 加了助剂的切片 30 天降解率在 3.80% 以上,对环境友好.

MAH,PP-2 的加入能改善切片的拉伸强度、热学性能和相容性等,开环反应、增加切片界面黏附力、降低界面张力等可能是助剂提高切片性能的作用机理.

REFERENCES

1 Li Yulan (李玉兰). Petroleum Chemical Dynamic(石油化工动态),1994,(3):47~48

2 Xing Shengyuan(邢声远),Zhang Jianchun(张建春),Yue Sujuan(岳素娟). Nonwovens(非织造布). Beijing(北京):Chemical Industry Press(化学工业出版社),2003

3 Yang Xudong(杨旭东),Ding Xin(丁辛),Xue Yulong(薛育龙),Jiang Yaoxing(蒋耀兴). Journal of Donghua University(东华大学学报),2007,33(1):57~61

4 Xu J,Li R K Y,Xu Y. Eur Polym J,2005,41:881~888

5 Xu J,Li R K Y,Meng Y Z,Mai Y W. Materials Research Bulletin,2006,41:244~252

6 Ge X C,Li X H,Zhu Q,Li L,Meng Y Z. Polym Eng Sci,2004,44:2134~2140

7 Ge X C,Xu Y,Meng Y Z. Compos Sci Tech,2005,65:2219~2225

8 Wang Jianzhao(王剑钊),Huang Yuhui(黄玉惠),Cong Guangmin(丛广民). Chinese Journal of Applied Chemistry(应用化学),1994,11(1):54~57

9 Pang Hao(庞浩),Liao Bin(廖兵),Huang Yuhui(黄玉惠),Cong Guangmin(丛广民),Lin Guo(林果),Zhao Shulu(赵树录). Polymer Materials Science and Engineering(高分子材料科学与工程),2002,18(2):71~73

10 Song Mo(宋默),Huang Yuhui(黄玉惠),Zhao shulu(赵树录),Cong Guangmin(丛广民). Functinal Polmer(功能高分子学报),1993,6(1):51~55

11 Wang Guilin(王贵林),Hu Ping(胡平),Xia Yu(夏煜),Lang Yadi(郎雅娣). China Plastics(中国塑料),2006,20(2):61~64

12 Pang M Z,Qiao J J,Jiao J,Wang S J,Xiao M,Meng Y Z. J Appl Polym Sci,2008,5:2854~2860

13 Li J,Lai M F,Liu J J. J Appl Polym Sci,2004,92:2514~2521

14 Lai Mingfang(赖明芳),Li Jing(李静),Yang Jun(杨钧),Wang Jinfeng(王晋峰),Liu Jingjiang(刘景江). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2003,(6):895~898

15 Zhang Guangjun(张光军),Meng Hao(蒙昊),Chen Youye(陈有业),Wang Yingjie(汪英杰),Wang Hongxia(王红霞). China Plastics(中国塑料),2010,24(5):48~50

16 Lee J,Kim J K,Son Y. Polym Bull,2012,68:541~551

17 Chen Xingjiang(陈兴江),Luo Zhu(罗筑),Liu Yichun(刘一春),Fan Zedong(樊泽东),Wu Jianjun(吴建军). China Plastics Industry(塑料工业),2010,8(8):59~62

18 Pu Hongting(浦鸿汀),Zhang Xianyu(张先禹),Zhang Qingwei(张庆伟). Journal of Building Materials(建筑材料学报),2004,9(3):360~363

19 Zhang Xianyu(张先禹),Pu Hongting(浦鸿汀),Zou Ting(邹婷). Engineering Plastics Application(工程塑料应用),2003,31(7):43~45

20 Yang Juping(杨菊萍). Acta Polymerica Sinica(高分子学报),2001,(6):783~786

21 Xu Jiayou(许家友),Ban Huazhen(班华真),Ye Changqing(叶常青),Yang Jun(杨俊),Hao Yong(郝勇). Polymer Materials Science and Engineering(高分子材料科学与工程),2010,26(6):79~85

22 Xu Weidong(徐卫东),Cai Qiongying(蔡琼英). Journal of HeFei University of Technology(合肥工业大学报),1992,12(15):128~133

23 Tian Zheng(田政),Pan Lisha(潘莉莎),Xiong Yalin(熊亚林),Xu Nai(徐鼐),Pang Sujuan(庞素娟),Lin Qiang(林强),Chen Longmin(陈龙敏),Yang Xiaowei(杨晓伟). Plastics Science and Technology(塑料科技),2012,40(9):84~89

24 Liu Huihong(刘慧宏),Pan Lisha(潘莉莎),Xu Nai(徐鼐),Lu Lingbin(卢凌彬),Lin Qiang(林强),Fu Songbao(傅送保). Plastics(塑料),2010,39(3):69~71

EFFECT OF SOME ADDITIVES ON THE PERFORMANCE OF BIODEGRADABLE NON-WOVEN FABRIC SLICES OF POLY(PROPYLENE CARBONATE)/POLYPROPYLENE BLENDS

Zheng Tian¹, Li-sha Pan¹, Peng-bo Gao¹, Nai Xu¹, Su-juan Pang¹,
Qiang Lin², Long-min Chen³, Zhe Chen³

(¹ Hainan Provincial Fine Chemical Engineering Research Center,

College of Materials and Chemical Engineering, Hainan University, Haikou 570228)

(² College of Chemistry and Chemical Engineering, Hainan Normal University, Haikou 571158)

(³ Xinlong Holding (Group) Company Ltd, Haikou 570125)

Abstract The effect of maleic anhydride (MAH) and maleic anhydride grafted polypropylene (PP-2) on the structure and performance of biodegradable non-woven fabric slices of poly(propylene carbonate) (PPC)/polypropylene (PP) was investigated by melt blending process. FTIR spectra showed that ring-opening reaction happened between the anhydride functional groups of MAH and PP-2 and PPC. The tensile strength of the slices were increased by 116% and 101% respectively with adding 1% MAH or 2% PP-2. This indicates that the tensile strength of the slices can be significantly increased by adding MAH or PP-2. The adding of MAH or PP-2 decreased the melt flow rate, increased the intrinsic viscosity, glass transition and thermal decomposition temperatures and also expanded the temperature ranges for using and processing the slices. The glass transition temperature (T_g) of the slices was increased 4 K by adding 1% MAH. The 5% weight loss temperatures ($T_{-5\%}$) of the slices were increased 40 °C and 20 °C, respectively by adding 1% MAH or 2% PP-2. The SEM results of the slices showed that internal depressions and cavities were decreased by adding MAH or PP-2. The adding of PP-2 can improve the compatibility of the slices more significantly than MAH. The 30 days degradation rates of PPC and PP were 4.30% and 0%, PP was not degraded in phosphate buffer solution. The 30 days degradation rate of the slices with additives was higher than 3.80%, this indicated that the non-woven fabric slices of PPC/PP prepared by melt blending process were biodegradable and environment-friendly. Ring-opening reaction, increasing interface adhesion force and reducing interfacial tension maybe the mechanisms of the additives.

Keywords Maleic anhydride, Maleic anhydride grafted polypropylene, Poly(propylene carbonate), Polypropylene, Biodegradable, Nonwoven slice