

剪切作用下马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物和 乙烯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸缩水甘油酯共聚物 对 PA1010/PP 共混物的增容作用比较*

杨风霞^{1,2} 杜荣昵² 杨静晖² 苏 润² 傅 强² 张 琴^{2**}

(¹ 河南科技学院化学化工学院 新乡 453003)

(² 四川大学高分子科学与工程学院 高分子材料工程国家重点实验室 成都 610065)

摘 要 采用熔体共混的方法制备了两种增容剂增容的聚酰胺 1010/聚丙烯 (PA1010/PP) 共混物,通过扫描电镜 (SEM)、力学性能和差示扫描量热 (DSC) 测试,对动态保压注射成型 (动态) 和普通注射成型 (静态) 中增容剂 POE-*g*-MAH (马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物) 和 PTW (乙烯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸缩水甘油酯共聚物) 对 PA1010/PP 共混物的增容作用进行了比较研究. 研究表明,普通注射成型中,PTW 增容体系具有更小的分散相粒子,在 DSC 测试中出现两个结晶峰,即出现异相成核结晶和均相成核结晶,具有更好的拉伸和冲击性能,增容作用更佳. 动态保压注射成型中施加剪切可以提高所有共混物的拉伸强度、拉伸模量和缺口冲击强度,PTW 和 POE-*g*-MAH 两种增容剂增容体系冲击性能相近,但 POE-*g*-MAH 增容体系的分散相尺寸减小明显、分布均匀性显著增加,材料冲击强度增加幅度更大,表明剪切更有利于 POE-*g*-MAH 增容作用的进行. 两种增容剂增容作用的不同源于它们化学组成的不同引起的材料形态差别.

关键词 PA1010/PP 共混物, 剪切, POE-*g*-MAH, PTW, 增容

PA1010 是我国特有的工程塑料,具有强度高、弹性好、耐磨、自润滑性好等特点;但其缺点是吸水率高、尺寸稳定性差、价格高,干态冲击强度不高;共混改性是改善 PA 缺点的有效办法. PP 是一种通用塑料,有良好的化学稳定性、电绝缘性、较低的吸水率、低廉的价格. 将 PP 加入 PA1010 中可以降低吸水率和材料成本,改善抗冲击性能;但是由于 PA1010 和 PP 极性相差很大,直接把 PA1010 和 PP 共混会导致弱界面的产生,界面作用小,力学性能较低,因此如何改善界面粘接一直是共混改性的研究重点. 对于这类共混物要求加入合适的增容剂来增加两相界面粘接力以便进行有效的应力传递. 接枝或嵌段共聚物是常用的增容剂,如 PP-*g*-GMA^[1,2] (甲基丙烯酸缩水甘油酯接枝聚丙烯)、PP-*g*-MAH^[3,4] (马来酸酐接枝聚丙烯)、PP-*g*-AA^[5] (丙烯酸接枝聚丙烯) 都可用作 PA1010/PP 体系的增容剂;但这些增容剂增容效果有限,共混物力学性能提高较少. 我们前面的研究表明 POE-*g*-MAH (马来酸酐接枝乙烯-辛烯共聚物)^[6] 和 乙烯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯

酸缩水甘油酯共聚物 (PTW)^[7] 是 PA1010/PP 的有效增容剂,少量加入可以大大提高共混物的冲击强度,但是这些增容剂的弹性体性质使共混物的拉伸强度和模量略有降低.

近些年发现动态保压注射成型 (dynamic packing injection molding, 简称 DPIM) 技术是一种通过控制聚合物形态来提高力学性能的重要方法,这项技术的主要特点是聚合物熔体在模具型腔冷却过程中,受到持续不断的剪切应力作用,通过这种外加的剪切应力场改变聚合物分子链在制品中的存在状态,从而改变材料的力学性能. 我们课题组将动态保压成型技术成功用于 PP/LLDPE^[8], PP/HDPE^[9], PP/EPDM^[10] 和 HDPE/EVA^[11] 等聚烯烃共混物,大大提高了共混物的拉伸性能,课题组还将动态保压成型技术成功用于 PA6/EPDM-*g*-MA,通过控制分散相形态大大提高了共混物的冲击强度^[12],本文的工作中,将动态保压注射成型技术用于添加了 POE-*g*-MAH 和 PTW 两种不同增容剂的 PA1010/PP 体系,比较其对增容作用的影响,同时结合力学性能和形态结

* 2009-08-11 收稿,2009-10-15 修稿;国家自然科学基金 (基金号 50533050,50873063,20874064) 资助项目; ** 通讯联系人, E-mail: qinzhang@scu.edu.cn

doi:10.3724/SP.J.1105.2010.09283

构的表征,对剪切作用下不同增容剂的增容作用进行比较研究,更好地理解形态与性能的关系。

1 实验部分

1.1 实验材料

PA1010, 11 型, $\rho = 1.03 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$, 杜邦兴达(无锡)单丝有限公司; PP, T30S, $MI = 2.8 \text{ g/10min}$, 新疆独山子石化厂; POE-*g*-MAH, PC-8C, 绵阳金发科技股份有限公司, 接枝率约 0.85%, 密度 0.87 g/cm^3 ; PTW, ElvaloyPTW, 美国杜邦公司。

1.2 样品制备

使用前,将 PA1010 与 PP 按照 70/30 的质量比,混合后在 90°C 的真空烘箱中干燥 14 h,然后在双螺杆挤出机(TSS J-25 型同向双螺杆挤出机, $L/D = 32$, $D = 25 \text{ mm}$)上熔融挤出,增容剂含量固定为 PA1010 与 PP 总量的 5 wt%,挤出温度从料斗到机头依次为 $185-195-200-210-220-205^\circ\text{C}$,螺杆转速 121 r/min ,造粒后在 90°C 的真空烘箱中干燥 14 h,然后分别在相同的工艺条件下用动态保压和普通注射成型方法制备样条,动态保压注射成型设备示意图见图 1^[12],由于熔体在注射入模具型腔后,试样的表层首先冷却,形成典型的皮层结构;熔体从外向里逐层冷却,在冷却固化过程中,受到外场作用的形态和结构得以冻结保存下来,形成所谓的剪切层;在试样的芯部,由于受到的剪切作用很小,而且冷却较慢,形成所谓的芯层^[13]。用动态保压和普通注塑得到的样件分别叫动态样(dynamic samples)和静态样(static samples),动态保压成型工艺见表 1。

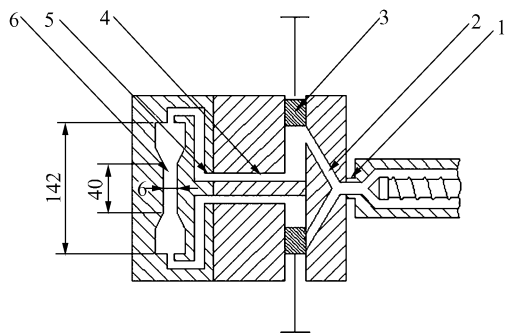


Fig. 1 The schematic representation of dynamic packing injection molding

1) Nozzle; 2) Sprue; 3) Piston; 4) Runner; 5) Connector; 6) Specimen

Table 1 Processing parameter in DPIM

Processing parameter	Parameter value
Injection pressure (MPa)	100
Packing pressure (MPa)	50
Melt temperature ($^\circ\text{C}$)	220
Mold temperature ($^\circ\text{C}$)	25
Dynamic packing pressure (MPa)	35
Dynamic packing frequency (Hz)	0.3

1.3 力学性能测试

拉伸样条在 CMT1104 万能试验机(深圳新三思)上按 GB/T1040-92 进行测试. 试验速度为 20 mm/min ,样条拉伸方向平行于剪切流动方向. 样条的中间部分($40 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \times 3.5 \text{ mm}$)用来作冲击测试,在厚 3.5 mm 的试样侧面进行机械缺口加工,缺口为 45° ,缺口深度为 1 mm ,剩余宽度为 5 mm . 缺口冲击样条在 UJ-40 型悬臂梁冲击试验机上按 GB/T1834-1996 测试,测试温度为室温($23 \pm 2^\circ\text{C}$),因试样测试有效尺寸不符合标准规范,故测试结果仅作为对比参考使用. 冲击方向垂直于剪切流动方向,因有些样件韧性较好,出现不完全断裂,这种情况下,计算冲击强度时扣除掉没有断裂部分面积只用断裂部分面积来计算. 所有力学性能结果均按 5~8 根样条的平均值来计算。

1.4 形态观察

将注射样条在液氮中冷冻 $1.5 \sim 2 \text{ h}$,沿着垂直于剪切流动方向脆断,断面喷金后用 FEI Inspect F 扫描电镜观察分散相形态并照相。

1.5 示差扫描量热法分析

采用 Perkin-Elmer DSC Pyris-1 型示差扫描量热仪对样品进行热分析,钢为校准物,试样量约 $5 \sim 6 \text{ mg}$, N_2 气氛,试样从 50°C 以 10 K/min 升温至 250°C ,停留 3 min ,再以 10 K/min 的速率降温至 50°C ,分别记录升温和降温曲线,在测试中保留了加工中遗留的热历史以表征剪切场中的结晶结构. 由于动态剪切样品具有明显的多层结构,为了测试的准确,动态样分别从剪切层和芯层选取,而静态样仅从芯层选取(由于皮层所占比例很小,对性能影响相对较小,这里暂不考虑). PA1010 和 PP 的结晶度 X_c 按下式计算

$$X_c(\%) = \frac{\Delta H_m}{\lambda \Delta H_{m,0}} \quad (1)$$

式中 ΔH_m 是共混物中聚合物的熔融焓, λ 是共混物中聚合物的质量分数, $\Delta H_{m,0}$ 是共混物中聚合物完全结晶的熔融焓,其中 100% 结晶 PA1010 的

$\Delta H_{m,0} = 244 \text{ J/g}^{[14]}$, 100% 结晶 PP 的 $\Delta H_{m,0} = 209 \text{ J/g}^{[15]}$.

2 结果与讨论

2.1 力学性能测试

图 2 分别是 PA1010/PP 共混物静态(1)和动态样(2)的应力-应变曲线. 从曲线可以看出, 对于静态样(1), 当不加增容剂时, 应变在 16% 样件即发生断裂; 加入 POE-*g*-MAH 后, 应变增加到 31%, 而加入 PTW, 应变却增加到 45%; 这说明普通注射成型中 PTW 对 PA1010/PP 的增容效果明显优于 POE-*g*-MAH. 但对于动态样, 同样条件下, 两种增容剂增容体系的应变却相差很小. 从应力-应变曲线可以得到试样的拉伸强度、拉伸模量与共混物组成的关系, 结果见图 3 和图 4, 从两图可以发现, (1) 对于静态样, 加入两种增容剂后, 拉伸强度都无明显改变; 而对于动态样, 两种增容剂增容体系拉伸强度均低于不加增容剂体系, 且加入两种增容剂拉伸强度相差不多. 但对于拉伸模量, 不管是静态样还是动态样, PTW 增容体系均高于 POE-*g*-MAH 增容体系. 综合拉伸性能测试结果, 也可以发现普通注射成型中 PTW 增容效果更好; (2) 在我们研究的组成范围, 动态样的拉伸强度和模量均大于静态样, 这是由于在动态样件中施加的剪切应力场引起剪切层存在的缘故, 剪切层是一个介于芯层和皮层之间的环状取向层, 不加增容剂时, 剪切层厚度约 1.5 mm, 加入 5% 的 POE-*g*-MAH 时, 剪切层厚度约 1.1 mm; 加入 5% 的 PTW 时, 剪切层厚度约 0.95 mm. 不加增容剂时剪切层厚度最大, 这也正是其拉伸性能最好的原因. 研究表明剪切层截面积越大, 材料拉伸强度越高^[16]. 关于剪切诱导取向问题本课题组已进行过大量研究^[17, 18], 本文不再详细叙述.

图 5 是共混物缺口冲击强度对组成的影响图, 冲击方向垂直于剪切流动方向, 从图 5 可以发现, (1) 在我们研究的组成范围, 加入相容剂的冲击强度均大于不加增容剂的, 动态样的缺口冲击强度数值均大于静态样; (2) 对于静态样, 加入两种增容剂, 缺口冲击强度明显不同, PTW 的增韧效果明显好于 POE-*g*-MAH; (3) 对于动态样, 加入两种增容剂, 冲击强度无明显差别, 但 POE-*g*-MAH 增容体系冲击强度较静态样明显增加, 达到 202%; 而 PTW 增容体系的冲击强度提高幅度小些, 只有 39%, 表明剪切更有助于 POE-*g*-MAH 增

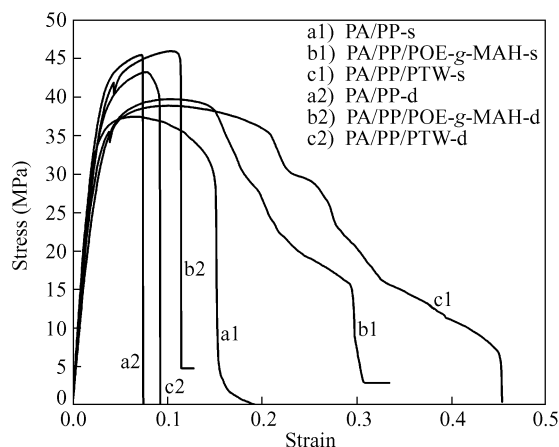


Fig. 2 The typical stress-strain curves of PA1010/PP blends compatibilized by different compatibilizers

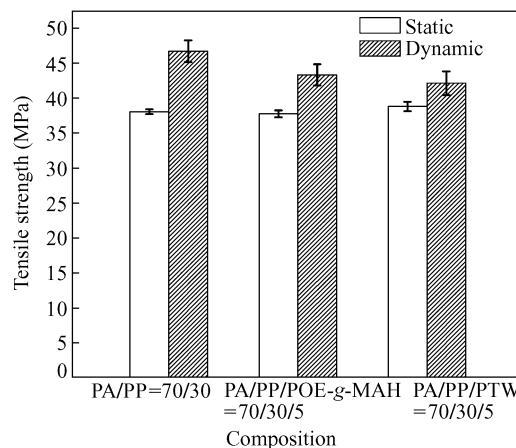


Fig. 3 The tensile strength of different blends compatibilized by different compatibilizers

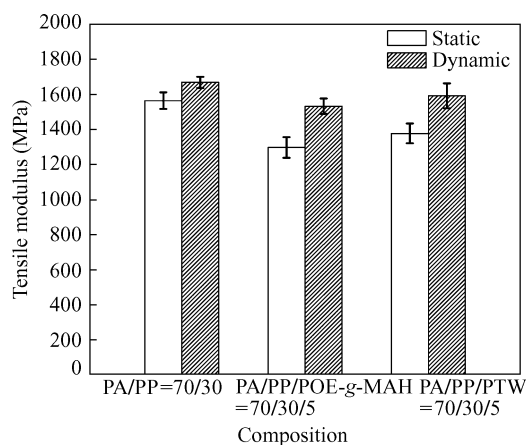


Fig. 4 The tensile modulus of different blends compatibilized by different compatibilizers

容作用的提高.

由力学性能测试结果可知, 对于静态样, 无论

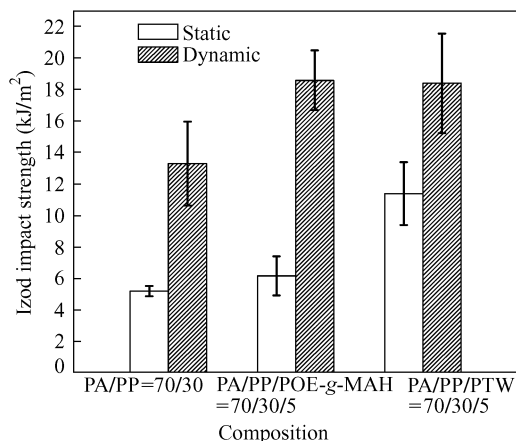


Fig. 5 The Izod impact strength of different blends compatibilized by different compatibilizers

是拉伸性能还是冲击性能, PTW 增容体系均优于 POE-*g*-MAH 增容体系, 尤其是其增韧效果更是明显优于 POE-*g*-MAH; 而对于动态样, 两种增容剂增容体系性能相近. 两种增容剂增容效果的不同

应该源于它们化学结构的异同, PTW 是嵌段共聚物, 而 POE-*g*-MAH 是接枝共聚物; 注射成型过程中不施加剪切应力时, 与 POE-*g*-MAH 相比, PTW 中非极性的乙烯端和极性的环氧基团与 PP 和 PA1010 间有更强的相互作用力, 因此其增容效果更好; 而动态样中, 与 PTW 相比, 不断施加的剪切应力使 POE-*g*-MAH 增容体系中两相混和更加充分, 促使增容剂在两相界面间的更好分散, 大大地增强了 POE-*g*-MAH 与 PP 和 PA1010 的相互作用力, 因而 POE-*g*-MAH 增容的动态样冲击强度增加更多.

2.2 形态观察

图 6 是不同增容体系动态样和静态样垂直于流动方向的脆断面形态图, 图 6(3) 分别是静态样芯层的相形态图, 图 6(1) 和 (2) 分别是动态样剪切层和芯层的相形态图, 对比静态样和动态样的形态, 可以发现, (1) 动态样芯层与静态样一样呈海-岛状结构, 但分散相相区尺寸小于静态样,

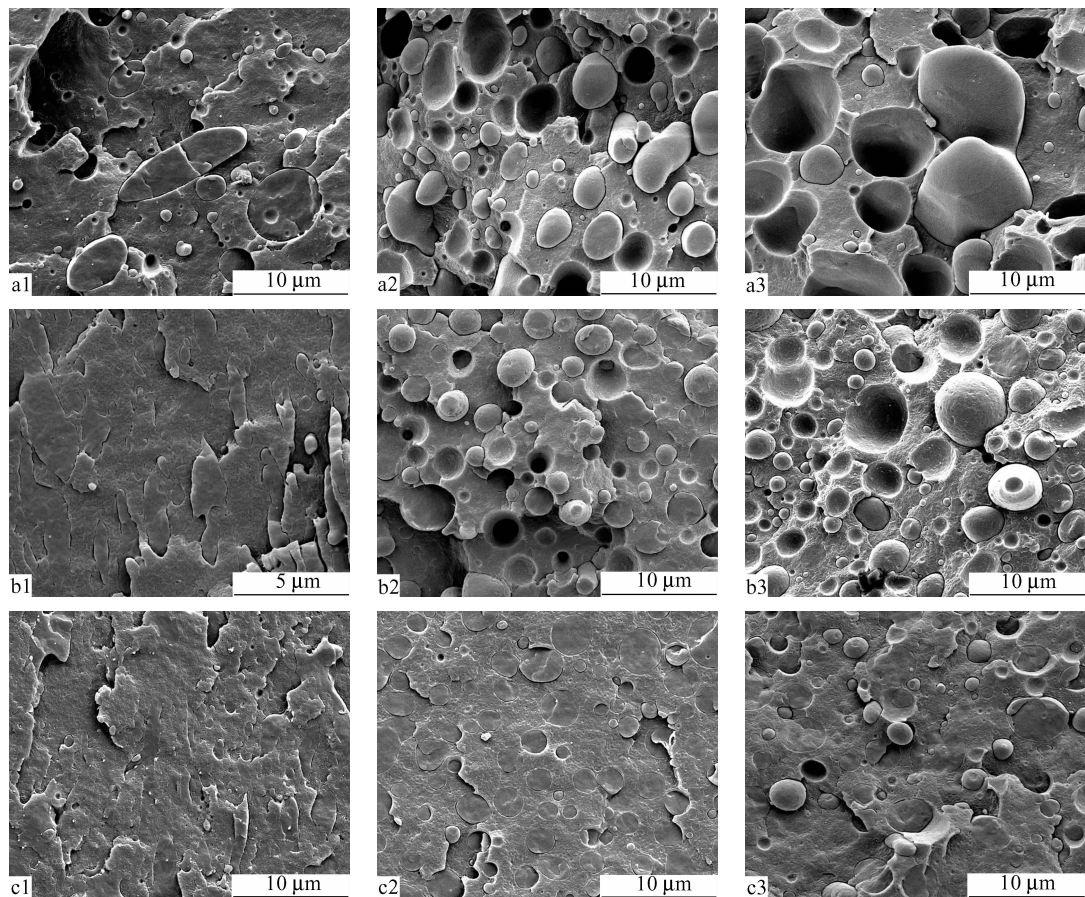


Fig. 6 The SEM photographs of specimen got from *T* direction by different injection moldings

a) PA1010/PP = 70/30, $\times 10000$; b) PA1010/PP/POE-*g*-MAH = 70/30/5, b1) $\times 20000$; b2), b3) $\times 10000$; c) PA1010/PP/PTW = 70/30/5, $\times 10000$; (1) are from the shear layer of dynamic specimens, respectively; (2) are from the core layer of dynamic specimens, respectively; (3) are from the core layer of static specimens respectively.

粒径分布更加均匀. 不加增容剂时, 相区尺寸从静态样的约 $7\ \mu\text{m}$ 减小到约 $4\ \mu\text{m}$; 加入 5% 的 POE-*g*-MAH 时, 相区尺寸从静态样的约 $3.5\ \mu\text{m}$ 减小到约 $2.5\ \mu\text{m}$; 加入 5% 的 PTW 时, 相区尺寸从静态样的约 $2.1\ \mu\text{m}$ 减小到约 $1.8\ \mu\text{m}$; 动态样剪切层中两相界面更加模糊, 除了部分 PP 粒子被拉长外, 便是比其芯层更小的 PP 球形或椭圆形粒子; (2) 不管是静态样还是动态样, 加入增容剂后的相区尺寸明显小于不加增容剂的体系; (3) 对静态样, PTW 增容体系的相区尺寸要小于 POE-*g*-MAH 增容体系, 且两相界面更模糊; (4) 对动态样芯层, POE-*g*-MAH 增容体系的相区尺寸与静态样相比减小了约 $1\ \mu\text{m}$, 而 PTW 增容体系的相区尺寸却只减小了约 $0.3\ \mu\text{m}$.

由 SEM 结果可知, 与静态样不同, 剪切引起动态样中剪切层的存在, 剪切层具有与芯层不同的相形态, 取向层的存在正是动态样拉伸强度提高的原因, 与前面力学性能测试结果相对应; 剪切层中更小的相区尺寸表明剪切有助于增容. 对静态样, PTW 增容体系的相区尺寸明显小于 POE-*g*-MAH 增容体系, 这说明 PTW 可以更好地分散于两相间, 大大降低两相间界面张力, 有效抑制粒子间的聚集, 因此相区尺寸较小而均匀, 增容效果较好, 与力学性能测试结果一致. 而对动态样, 与 PTW 相比, POE-*g*-MAH 增容体系的相区尺寸与静态样相比减小幅度更大, 这是因为剪切作用的施加更有利于促进 POE-*g*-MAH 在两相界面间的分散, 增强 POE-*g*-MAH 与 PP 和 PA1010 间的相互作用, 因此其冲击强度比静态样增加更多.

2.3 DSC 分析

为了研究聚合物的结晶对复合材料力学性能的影响, 我们作了 DSC 实验, 图 7 分别是不同增容体系静态样、动态样芯层和剪切层的熔融曲线. 从图上可以看出, (1) 两种增容剂增容体系都有两个明显的熔融峰, 低温峰对应的是 PP 的熔融, 高温峰对应的是 PA1010 的熔融, 仔细对比静态样和动态样, 可以发现动态样在 190°C 左右有一个很小的峰, 可能是 PA1010 γ 晶的熔融峰, 所以我们推测剪切可能会诱导 PA1010 γ 晶的形成, 关于剪切诱导新晶型生成已有很多文献报道^[11,12]. 但尼龙的 α 晶的冲击强度要高于 γ 晶^[12], 因此动态样冲击强度的提高应该不是晶体结构变化的贡献, 本文不再详细论证 γ 晶的存在; (2) 两种增容剂增容体系中 PA1010 和 PP 的熔点都没什么变

化, 说明剪切并没对晶片厚度产生影响.

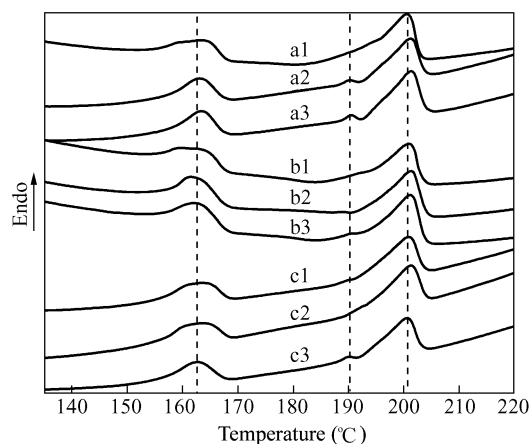


Fig. 7 DSC first melting curves of different PA1010/PP blends

a) PA1010/PP = 70/30; b) PA1010/PP/POE-*g*-MAH = 70/30/5; c) PA1010/PP/PTW = 70/30/5;

(1) for static samples; (2) for the core layer of dynamic specimens; (3) for the shear layer of dynamic specimens

图 8 分别是不同增容体系静态样、动态样芯层和剪切层的结晶曲线. 从图上可以看出, (1) 两种增容剂增容体系都有两个明显的放热峰, 低温峰对应的是 PP 的结晶, 高温峰对应的是 PA1010 的结晶. (2) 两种增容剂增容体系中 PA1010 的结晶温度都没什么变化, 说明剪切并没对其结晶产生明显影响. 在 POE-*g*-MAH 增容体系中, PP 的结晶温度也没有明显变化. 但是在 PTW 增容的体系中, 可以发现 PP 的结晶温度明显降低, 并且出现两个结晶峰. 分析认为这可能是产生了分级结晶.

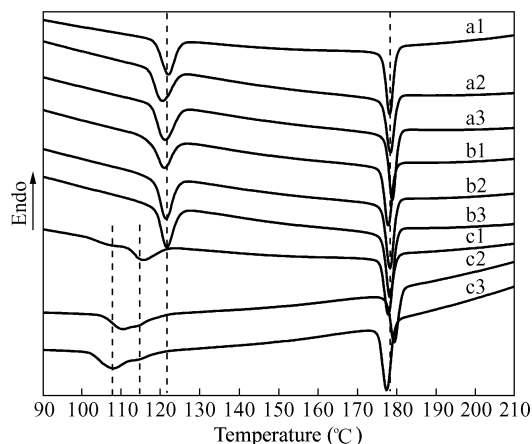


Fig. 8 DSC cooling curves of different PA1010/PP blends

a) PA1010/PP = 70/30; b) PA1010/PP/POE-*g*-MAH = 70/30/5; c) PA1010/PP/PTW = 70/30/5;

(1) for static samples; (2) for the core layer of dynamic specimens; (3) for the shear layer of dynamic specimens

的结果,即出现了异相成核结晶和均相成核结晶. 聚合物共混过程中,当分散相尺寸小到一定程度,分散相颗粒数高于通常异相成核数目时,成核作用被推迟直至均相成核开始,因此,结晶性分散相组分将在不同的过冷度下分几步结晶,这是结晶组分分散精细的结果,且粒子越小,现象越明显^[19],PP 均相成核结晶的出现从另一个方面表明在 PA1010 基体中分散相 PP 尺寸非常细小,与 SEM 结果一致. 且动态样中 PP 均相成核结晶峰明显高于异相成核结晶峰,表明动态样中分散相尺寸小于静态样,与 SEM 结果一致.

由于结晶度也会对力学性能产生影响,为此我们将动、静态样的结晶度与组成的关系列于表 2,从表上可以看出,(1)两种增容剂增容体系中 PP 的结晶度都大于 PA1010,这表明在同样条件下,PP 比 PA1010 容易结晶,纯 PP 的结晶度更是纯 PA1010 的 2 倍还多;(2)不管加哪种增容剂,

也不管是 PP 还是 PA1010,动态样和静态样的结晶度都没多大变化,这表明剪切和增容剂对结晶度并没很大影响,因此结晶度并没对动态样力学性能的提高起主要作用.

由 DSC 分析可以得出,不管是动态样还是静态样,两种增容剂增容体系中 PA1010 的结晶温度和熔点均无明显改变,PP 的熔点也无明显改变,而 PP 的结晶温度却有明显差别;PTW 增容体系中 PP 出现两个结晶峰,结合 PTW 增容体系在剪切作用下的增容效果不明显分析可以认为,这也是因为 PTW 起到了很好的增容作用,在静态情况下分散相尺寸已经很小,因此剪切作用对其进一步增加相容性的作用有限. DSC 结果还表明剪切虽然可能诱导新晶型的产生,但新晶型对冲击强度的提高没有帮助,也没有使结晶度明显改变,因此对力学性能的改变不起主要作用,力学性能的提高应主要是相形态改变的影响.

Table 2 DSC data of different blends compatibilized by different compatibilizers

	PA1010					PP				
	T_{m1} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{m2} ($^{\circ}\text{C}$)	T_c ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH_m ($\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$)	X_c (%)	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	T_{c1} ($^{\circ}\text{C}$)	T_{c2} ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH_m ($\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$)	X_c (%)
PP-s	—	—	—	—	—	163.0	—	116.0	75.7	36.2
PP-d	—	—	—	—	—	164.2	—	120.6	72.1	34.5
PA1010-s	187.8	201.2	177.3	36.3	14.9	—	—	—	—	—
PA1010-d	190.2	201.1	178.2	36.8	15.1	—	—	—	—	—
PA/PP-s	—	200.6	178.2	23.0	13.5	164.2	—	121.9	10.5	16.7
PA/PP-d	190.6	201.2	179.0	21.9	12.8	163.7	—	121.1	11.0	17.5
PA/PP/PTW-s	—	200.8	177.8	25.2	15.5	163.8	107.4	115.4	10.1	16.1
PA/PP/PTW-d	189.9	200.6	178.0	22.1	13.6	162.8	107.1	114.6	8.6	14.3
PA/PP/POE-g-MAH-s	—	201.0	177.8	25.6	15.0	163.6	—	120.9	11.2	17.9
PA/PP/POE-g-MAH-d	190.2	201.2	178.3	26.0	15.2	162.8	—	121.6	10.3	16.4

T_m : temperature of melting peak; T_c : temperature of crystallization peak; ΔH_m : heat of fusion; X_c : crystallinity

3 结论

通过在 PA1010/PP 二元共混物中添加同样含量的两种不同增容剂,并采取同样的加工条件,制备了静态样件和动态样件,对两种增容剂对材料结构和性能产生的影响进行了比较研究. 同样条件下,由于 PTW 和 POE-g-MAH 化学结构的不同,带来了材料结构的不同,因而具有不同的性能. 普通注射成型中,嵌段共聚物 PTW 能更大地降低两相间界面张力,其增容体系具有更小的分

散相粒子,结晶过程中 PP 出现分级结晶,因而具有更好的力学性能. 动态保压注射成型中,不断施加的剪切应力能更好地促使接枝共聚物 POE-g-MAH 在两相界面间的分散,相区尺寸明显变小,因而材料冲击强度增加幅度更大;而 PTW 增容体系静态时已经具有很小的相区尺寸,剪切作用下相区尺寸减小幅度有限,因而性能提高幅度较小,结果 PTW 和 POE-g-MAH 两种增容剂增容的动态样性能相近.

REFERENCES

- 1 Zhang X M, Li Xingli Zhin, Wang D M, Y H, Yin J H. J Appl Polym Sci, 1997(64):1489 ~ 1498
- 2 Zhang X M, Yin Z H, Na T H, Yin J H. Polymer, 1997, 38(24):5905 ~ 5912
- 3 Ma Guiqiu(马桂秋), Lou Jie(娄杰), Zhang Dinghao(张丁浩), Sheng Jing(盛京). Acta Polymerica Sinica(高分子学报), 2008, (1):18 ~ 26
- 4 Yan L T, Sheng J. Polymer, 2006, 47:2894 ~ 2903
- 5 Zhang X M, Yin J H. Polym Eng Sci, 1997, 37(1):197 ~ 204
- 6 Yang Fengxia(杨风霞), Du Rongni(杜荣妮), Li Bo(李博), Chen Long(陈龙), Yang Jinghui(杨静晖), Fu Qiang(傅强), Zhang Qin(张琴). Acta Polymerica Sinica(高分子学报), 2010, (3):366 ~ 371
- 7 Yang Fengxia(杨风霞), Du Rongni(杜荣妮), Luo Feng(罗锋), Zhang Xinlan(张新兰), Yang Jinghui(杨静晖), Fu Qiang(傅强), Zhang Qin(张琴). Chemical Journal of Chinese Universities(高等学校化学学报), 2010, 31(1):186 ~ 192
- 8 Wang Y, Na B, Fu Q, Men Y F. Polymer, 2004, 45:207 ~ 215
- 9 Zhang G, Fu Q, Shen K Z, Li J, Wang Y. J Appl Polym Sci, 2002, 86:58 ~ 63
- 10 Fu Q, Wang Y, Li Q J, Zhang G. Macromol Mater Eng, 2002, 287:391 ~ 394
- 11 Na B, Zhang Q, Fu Q, Zhang G, Shen K Z. Polymer, 2002, 43:7367 ~ 7376
- 12 Wang C, Su J X, Li J, Yang H, Zhang Q, Du R N, Fu Q. Polymer, 2006, 47:3197 ~ 3206
- 13 Yang Hong(杨红), Wang Yong(王勇), Na Bing(那兵), Cao Wen(曹文), Li Jiang(李江), Zhang Qin(张琴), Du Rongni(杜荣妮), Fu Qiang(傅强). Acta Polymerica Sinica(高分子学报), 2007, (3):209 ~ 216
- 14 Li Y D, Ma Y Z, Yan F F, Cao S K. J Appl Polym Sci, 2007, 106:1535 ~ 1543
- 15 Wang W Z, Fu M Z, Qu B J. Polym Adv Technol, 2004, 15:467 ~ 475
- 16 Fu Qiang(傅强). Injection Molded-Polyolefin(聚烯烃注射成型). Beijing(北京): Science Press(科学出版社), 2007. 55 ~ 56
- 17 Wang Y, Xiao Y, Zhang Q, Gao X L, Fu Q. Polymer, 2003, 44:1469 ~ 1480
- 18 Li J, Zhang Q, Wang C, Yang H, Du R N, Fu Q. Chinese J Polym Sci, 2006, 24(4):379 ~ 387
- 19 Chen Guangxin(陈广新), Liu Jingjiang(刘景江). Acta Polymerica Sinica(高分子学报), 1999, (5):557 ~ 563

**COMPARATIVE STUDY ON COMPATIBILIZATION EFFECT OF
MALEIC ANHYDRIDE-GRAFTED ETHYLENE-OCTENE COPOLYMER
AND ETHYLENE-BUTYL ACRYLATE-GLYCIDYL METHACRYLATE
TERPOLYMER ON PA1010/PP BLENDS OBTAINED VIA DYNAMIC
PACKING INJECTION MOLDING**

YANG Fengxia^{1,2}, DU Rongni², YANG Jinghui², SU Run², FU Qiang², ZHANG Qin²

(¹School of Chemistry & Chemical Engineering, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003)

(²College of Polymer Science and Engineering, State Key Laboratory of Polymer Engineering,
Sichuan University, Chengdu 610065)

Abstract Various polyamide1010/polypropylene (PA1010/PP) blends were prepared by melt mixing using maleic anhydride-grafted ethylene-octene copolymer (POE-g-MAH) or ethylene-butyl acrylate-glycidyl methacrylate terpolymer (PTW) as compatibilizers. The compatibilizing effects of POE-g-MAH and PTW on PA1010/PP blends obtained via dynamic packing injection molding (DPIM) were investigated by means of scanning electron microscopy (SEM), mechanical testing and differential scanning calorimetry (DSC), respectively. It was found the static specimens compatibilized with PTW had smaller domain size in the same condition, two crystallization peaks of PP appeared in DSC cooling curves, the crystallization at the lower temperature should be assigned to homogeneous nucleation, and the other one was heterogeneous nucleation. The static specimens compatibilized with PTW had better tensile and impact properties than the ones compatibilized with POE-g-MAH, indicating a better compatibilization effect of PTW on PA1010/PP. The tensile strength, tensile modulus and notched impact strength of all blends were found to increase largely by

means of shearing. The dynamic specimens compatibilized with POE-*g*-MAH and PTW had almost the same impact strength. But the dynamic molded specimens compatibilized with POE-*g*-MAH had a remarkably decrease of domain size and more uniform dispersion. Thus their impact strength increased more than that of PTW, which indicated that shear stress was more beneficial to the interactions occurring between POE-*g*-MAH and PA1010/PP. The differences of compatibilization effect between POE-*g*-MAH and PTW lay in the differences of morphology of materials caused by their chemical compositions.

Keywords PA1010/PP blends, Shear, POE-*g*-MAH, Ethylene-butyl acrylate-glycidyl methacrylate terpolymer (PTW), Compatibilization