

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.01.021

新型 α 和 β 成核剂对 PP 结晶和力学性能的影响^{*}

查小月¹, 曾明², 胡章润¹, 王国尧¹, 古良鸿¹, 彭娅¹

(1. 西华大学材料科学与工程学院, 成都 610039; 2. 重庆市食品药品检验所, 重庆 400014)

摘要: 在聚丙烯 (PP) 中加入两种新型成核剂: 二苄叉山梨醇衍生物 YS-688 (α 成核剂) 和芳酰胺类化合物 TMB-5 (β 成核剂), 通过密炼-挤出的方法制备了 PP/成核剂共混物材料。通过偏光显微镜、X 射线衍射、差示扫描量热和力学性能测试研究了这两种成核剂对共混物结晶和力学性能的影响。结果表明, 两种成核剂在适量时均能提高 PP 的结晶速率和结晶度, 细化晶粒, 且使晶体界面模糊, 其中 TMB-5 具有较强的诱导 PP β 晶成核的能力, 当其质量分数为 0.075% 时, 可使 PP 形成树枝状的 β 晶, 而 YS-688 未改变 PP 的晶型, 只生成了 α 晶。YS-688 可提高共混物的拉伸强度, 而 TMB-5 对共混物的拉伸强度影响很小; 当两种成核剂质量分数均为 0.075% 时, 共混物的韧性最好, 相对于纯 PP, PP/YS-688 共混物的常温和 -30°C 缺口冲击强度分别提高了 37.41% 和 12.76%, 拉伸强度提高了 11.11%; PP/TMB-5 共混物的常温和 -30°C 缺口冲击强度分别提高了 100% 和 55.41%。

关键词: 聚丙烯; α 成核剂; β 成核剂; 结晶; 微观结构; 力学性能

中图分类号: TB33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)01-0107-06

Effects of New Novel α/β Nucleators on Mechanical and Crystallization Properties of PP

Zha Xiaoyue¹, Zeng Ming², Hu Zhangrun¹, Wang Guoyao¹, Gu Lianghong¹, Peng Ya¹

(1. College of Material Science and Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China; 2. Food and Drug Administration, Chongqing 400014, China)

Abstract: Polypropylene (PP) / nucleating agent blends were prepared by mixing and extruding through adding two new nucleating agents including dibenzylidene sorbitol derivative YS-688 (α -nucleating agent) and aryl amides TMB-5 (β -nucleating agent) into PP. The effects of the two nucleating agents on the crystallization and mechanical properties of PP were studied by PLM, XRD, DSC and mechanical property tests. The results show that the two nucleating agents with appropriate content can increase the rate of crystallization and the degree of crystallinity, refine grains and blur crystal interface. TMB-5 has a stronger ability of inducing β -crystal nucleation of PP and when the mass ratio of TMB-5 is 0.075%, a dendritic β -crystal is formed inside PP. The crystalline phase of PP isn't changed with the addition the YS-688 and only α -crystal is formed. YS-688 can improve the tensile strength of the blend and TMB-5 has slight impact on tensile strength. When the mass fraction of the two nucleating agents is 0.075%, the toughness of the blend is best, compared to pure PP, the notched impact strength at normal temperature and low temperature (-30°C) of PP/YS-688 is increased by 37.41% and 12.76% respectively, and the tensile strength increases by 11.11%, moreover, the notched impact strength at normal temperature and -30°C PP/TMB-5 is increased by 100% and 55.41% respectively.

Keywords: polypropylene; α -nucleating agent; β -nucleating agent; crystallization; micro-structure; mechanical property

聚丙烯 (PP) 作为一种半结晶型高聚物, 具有同质多晶现象^[1], 且 PP 分子链能在不同空间进行排列, 这就使 PP 能够形成 α , β , γ , δ 和拟六方 5 种晶体结构。其中, γ , δ 和拟六方晶型在一般条件下不能稳定存在, 常见形态为 α 和 β 结晶态, α 晶态的 PP 相具有较高强度, 但冲击性能不是很好, 而 β 晶态的 PP 相除了能保持部分 α 晶型 PP 的性能外, 还有更好的冲击韧性^[2-4]。这是由于 β 晶型球晶尺寸小, 球晶相互之间贯穿且边界十分模糊, 球晶的形状也与 α 球晶有很大的差异, 通常是树枝状或花瓣状的片晶, 这些片晶之间致密度不高且无定形的结构, 在受到外力时容易引发银

纹或者微纤^[5]。

为了研究成核剂对 PP 结构和性能的影响, 笔者选取了新型的山梨醇类成核剂 YS-688 (α 成核剂) 和芳酰胺类成核剂 TMB-5 (β 成核剂)。山梨醇类成核剂的开发时间较长, 技术工艺路线很成熟, 其在提升 PP 力学性能的同时还能改善表面光泽度与透明性。而 YS-688 更是一种高效 α 成核剂, 不仅使晶粒

^{*} 四川省教育厅重点项目 (12ZA15), 教育部“春晖计划”科研项目 (Z2010093)

联系人: 查小月, 硕士研究生, 主要从事高分子材料研究

收稿日期: 2016-11-10

尺寸更加微细化,而且能有效提高 PP 结晶度,在降低生产成本的同时能改善制品的冲击强度、刚性、表面光泽度;取代酰胺类成核剂热稳定好,能很好地分散在基体中且无着色污染,而山西省化工研究所生产的高效取代酰胺类成核剂早已工业化,价格更低廉,笔者所选用的新型 TMB-5 与早先的 TMB-4 相比,不仅成核效率高,悬臂梁冲击强度更高,而且 TMB-5 有双重选择性,在冷却速率更低时,更利于提高 β 晶含量。将这两种新型的成核剂用于 PP 的改性中,可以提高 PP 的强度和韧性,使改性 PP 能够代替某些工程塑料,从而使其在汽车和家电行业获得巨大的潜在应用价值。为此,将它们与 PP 共混,以期能得到性能更加优良的 PP 改性复合材料,让 PP 材料能够得到更广泛的应用^[6-9]。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PP: T30S, 中国独山子石化分公司;

二苯叉山梨醇衍生物(α 成核剂): YS-688, 北京燕化高新技术股份有限公司;

芳酰胺类化合物(β 成核剂): TMB-5, 山西省化工研究所。

1.2 主要仪器及设备

密炼机: HL-200 型, 吉林大学科教仪器厂;

同向双螺杆挤出机: TSE-30A/500-11-40 型, 南京瑞亚弗斯特装备有限公司;

注塑机: TTI-90035 型, 东华机械有限公司;

电子万能(拉力)试验机: LCMT-6104 型, 深圳市新三思技术有限公司;

高铁数位冲击试验机: GT-7045-MDL 型, 高铁检测仪器有限公司;

偏光显微镜(PLM): XP-203 型, 上海立光精密仪器有限公司;

差示扫描量热(DSC)仪: Q2000 型, 德国耐驰公司;

X 射线衍射(XRD)仪: 200-F3 型, 丹东方圆仪器有限公司;

高低温试验箱: INSPECT-F 型, 上海柏毅实验设备有限公司。

1.3 试样制备

将质量分数均为 0.025%, 0.05%, 0.075%, 0.1% 和 0.125% 的两种成核剂分别与 PP 混合, 为了能够使成核剂均匀分散在 PP 中, 先将其在密炼机中充分混合, 再压成薄片, 然后切成细条, 利用双螺杆

挤出机挤出造粒, 粒料干燥后于注塑机上制备标准试样。其中密炼机的 3 段温度均为 180℃, 转速为 40 r/min; 挤出机从加料段到机头的各段温度分别为 130, 150, 170, 190, 190, 200, 200, 200, 200, 220℃, 螺杆转速为 180 r/min; 注塑机的温度区间设置为喷嘴 210℃、一段 220℃、二段 200℃、三段 200℃, 注塑机模温 60℃。

1.4 测试与表征

XRD 测试: 铜靶, 扫描速率为 0.05 (°)/min。

PLM 表征: 先在电炉上熔融压片制样, 熔融温度 200~220℃, 再利用 PLM 观察球晶的变化。

DSC 测试: 称取 5 mg 左右的试样, 以 10℃/min 的速率升温至 230℃消除热历史, 恒定 5 min 后, 降温到 50℃, 然后再升至 230℃, 升温降温速率均为 10℃/min。

拉伸性能按 GB/T 1040-1992 测试, 拉伸速率为 50 mm/min。

常温 and 低温缺口冲击强度按 GB/T 1043-1993 测试, 在常温冲击试验中, 试样先放置 24 h, 在低温冲击试验中, 试样先在 -30℃ 高低温试验箱中放置 8 h。

2 结果与讨论

2.1 XRD 分析

图 1 是纯 PP 以及成核剂质量分数均为 0.075% 的 PP/YS-688 和 PP/TMB-5 共混物的 XRD 谱图。由图 1 可以看出, 加入 YS-688 后 PP 的衍射峰均是 α 晶衍射峰, 无 β 晶衍射特征峰。因此, 单独研究了 TMB-5 用量对 PP β 晶生成能力的影响, 图 2 示出 TMB-5 质量分数为 0%, 0.05%, 0.075% 和 1% 的 PP/TMB-5 共混物的 XRD 谱图。由图 2 可以看出, 各个试样的 XRD 谱图中均有 (110), (040), (130) 的 α 晶衍射峰, 加入 TMB-5 后有晶面 (300) 的 β 晶衍射特征峰出现, 且 β 晶衍射峰强度会随着成核剂用量的增加先增强后减弱, 这表明过量的 TMB-5 反而降低了其 β 晶的成核能力。

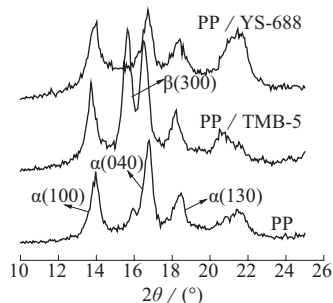
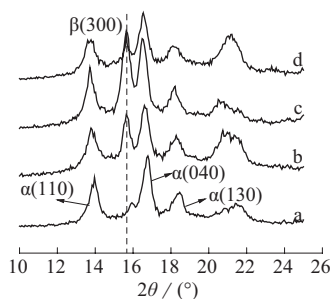


图 1 PP 与 PP/YS-688 和 PP/TMB-5 共混物的 XRD 曲线



TMB-5 质量分数: a—0%; b—0.05%; c—0.075%; d—0.1%

图2 不同 TMB-5 用量的 PP/TMB-5 共混物的 XRD 曲线

表 1 为由图 2 计算得到的结晶度和 β 晶含量, 由表 1 可以看出, 加入少量 TMB-5 能够提高 PP 的结晶度及 β 晶含量, 但随着成核剂增多, 其可能发生团聚, 从而使结晶度不再增加。另外, β 晶含量随着 TMB-5 含量的增加先增大后减小, 在 TMB-5 质量分数为 0.075% 时, β 晶含量达到最大值, 为 33.1%, 可见成核剂的浓度具有一临界值^[10-11]。

表 1 不同 TMB-5 用量的 PP/TMB-5 共混物的结晶度和 β 晶含量 %

项 目	TMB-5 质量分数			
	0	0.05	0.075	0.1
结晶度	34.1	35.6	36.8	36.9
β 晶含量	0	25.6	33.1	30.3

2.2 PLM 分析

图 3 为纯 PP 的 PLM 照片, 图 4 为不同成核剂用量下 PP/TMB-5 和 PP/YS-688 共混物的 PLM 照片。由图 3 可以看出, 纯 PP 的球晶较大, 且球晶与球晶间边界清晰。而由图 4a~图 4e 可以观察到, 随 TMB-5 用量增加, 球晶尺寸逐渐变小, 且球晶界面模糊, 当 TMB-5 质量分数为 0.075% 时, 可以观察到明显的树枝状晶, 排列规则且致密, 结合 XRD 分析可知, 可能此时由于 β 晶含量最大而导致结晶形态出现此种现象。当 TMB-5 过量时, 可以发现团聚明显, 从而导致 β 晶减少。由图 4f~图 4j 可以看到, 随着 YS-688 用量的增加, PP/YS-688 共混物球晶尺寸也会逐渐变小, 且球晶界面更加模糊。当其质量分数达到 0.125% 时, 只形成了一些细晶粒, 这是由于有效晶核过多, 已没有空间容纳放射状生长的球晶。

2.3 DSC 分析

图 5 为不同 TMB-5 用量下 PP/TMB-5 共混物的 DSC 升温 and 降温曲线, 表 2 为相关分析数据。由图 5a 可以看出, 纯 PP 只有一个 α 熔融峰, 而加入了 TMB-5 成核剂的共混物有两个熔融峰, 在 153.6℃ 附近有一个 β 熔融峰。从图 5a 还可以观察到, α 熔融峰强度均低于 β 熔融峰强度, 说明 TMB-5 诱

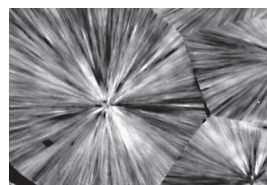
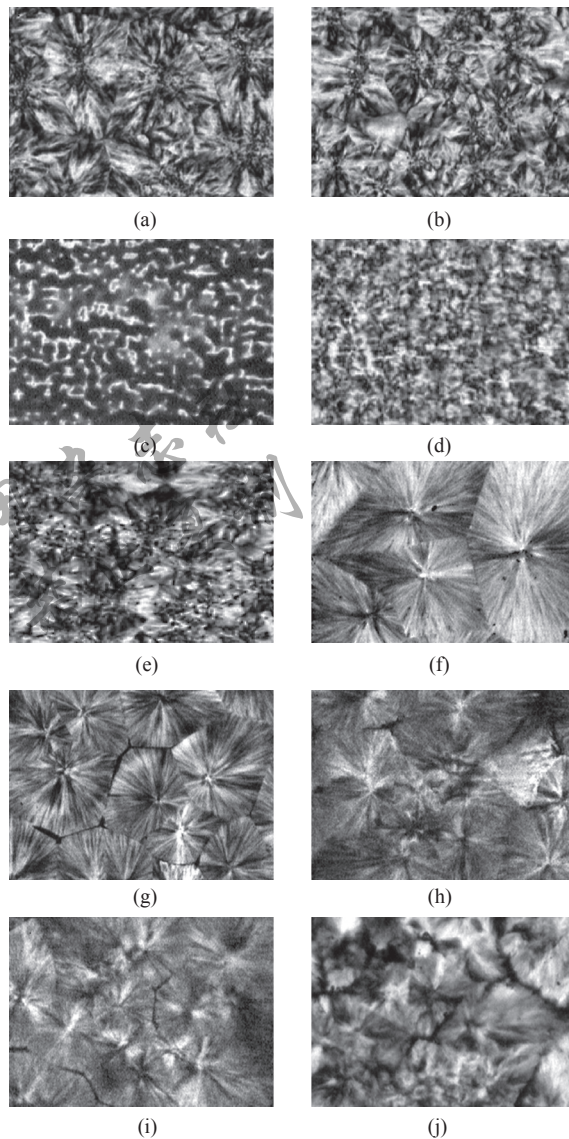


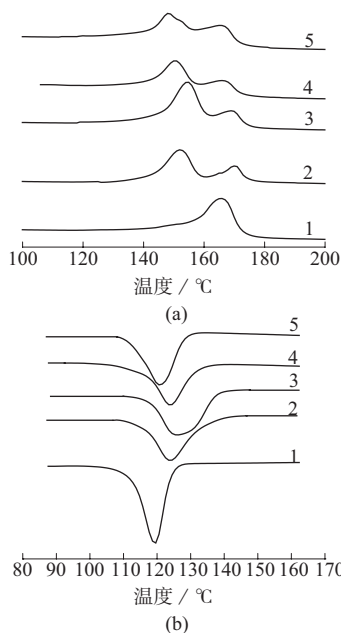
图3 纯 PP 的 PLM 照片



a—PP / 0.025%TMB-5 ; b—PP / 0.05%TMB-5 ;
c—PP / 0.075%TMB-5 ; d—PP / 0.1%TMB-5 ;
e—PP / 0.125%TMB-5 ; f—PP / 0.025%YS-688 ;
g—PP / 0.05%YS-688 ; h—PP / 0.075%YS-688 ;
i—PP / 0.1%YS-688 ; j—PP / 0.125%YS-688

图4 不同成核剂用量下 PP/TMB-5 和 PP/YS-688 共混物的 PLM 照片

导 PP 的 β 晶成核的能力比较强。由图 5a 和表 2 可以得知, α 熔融峰温度和 β 熔融峰温度都是随着 TMB-5 用量增加而先增大后减小。从图 5b 和表 2 可知, 结晶峰温度随着 TMB-5 用量增加也呈先增大



TMB-5 质量分数: 1—0%; 2—0.025%; 3—0.05%;

4—0.075%; 5—0.1%

a—升温曲线; b—降温曲线

图5 不同TMB-5用量下PP/TMB-5共混物的DSC升温 and 降温曲线

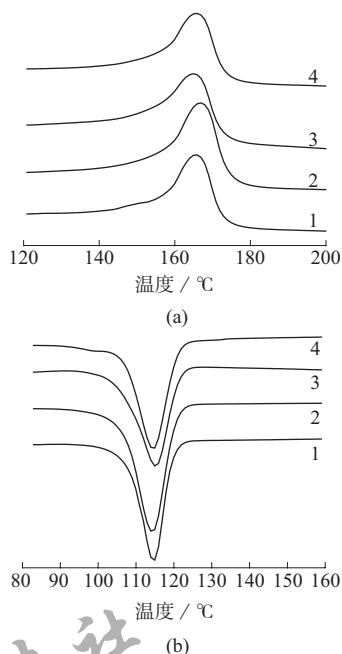
表2 不同TMB-5用量下PP/TMB-5共混物的DSC分析数据

项 目	TMB-5 质量分数 / %				
	0	0.025	0.05	0.075	0.1
$T_c / ^\circ\text{C}$	114.6	118.6	121.0	119.4	115.6
$t_{1/2} / \text{s}$	36.00	35.20	34.06	32.54	35.44
$T_a / ^\circ\text{C}$	165.7	166.6	168.2	165.3	165.3
$T_b / ^\circ\text{C}$	-	153.6	154.6	149.8	148.1
$\Delta H_m / (\text{J} \cdot \text{g}^{-1})$	86.69	87.84	89.28	90.76	90.97
$X_c / \%$	41.47	42.03	42.72	43.43	43.53

注: T_c 为结晶峰温度; $t_{1/2}$ 为半结晶时间; T_a 为 α 熔融峰温度; T_b 为 β 熔融峰温度; ΔH_m 为熔融焓; X_c 为结晶度。

后减小趋势,这是因为少量TMB-5有助于PP结晶,从而有利于提高结晶峰温度,而过多的TMB-5会造成成核剂团聚,反而降低了共混物的结晶峰温度;半结晶时间会随着TMB-5用量的增加呈先减小后增大的趋势。

图6为不同YS-688用量下PP/YS-688共混物的DSC升温 and 降温曲线,表3为相关分析数据。由图6a可以看出,添加了YS-688成核剂的共混物只有 α 晶熔融峰,这与PLM和XRD的检测结果相一致。随着YS-688用量的增加熔融峰强度有所提高,说明YS-688有助于PP生成 α 晶型。由图6b可知,PP/YS-688共混物的结晶峰温度与PP相差不大,起始结晶温度有略微的提升。从表3可以看出,随YS-688用量增加,PP的结晶度有所提高,但是当YS-688质量分数大于0.075%时提升幅度很小,这是由晶核过多不利于形成新的球晶而造成的。



YS-688 质量分数: 1—0%; 2—0.05%; 3—0.075%; 4—0.1%

a—升温曲线; b—降温曲线

图6 不同YS-688用量下PP/YS-688共混物的DSC升温 and 降温曲线

表3 不同YS-688用量下PP/YS-688共混物的DSC分析数据

项 目	YS-688 质量分数 / %			
	0	0.05	0.075	0.1
$T_c / ^\circ\text{C}$	114.6	113.9	114.4	114.5
$t_{1/2} / \text{s}$	36.00	34.62	34.26	34.22
$T_a / ^\circ\text{C}$	165.7	165.9	164.1	165.4
$\Delta H_m / (\text{J} \cdot \text{g}^{-1})$	86.69	90.53	94.99	95.11
$X_c / \%$	41.47	43.32	45.45	45.51

注: 表3中 T_c , $t_{1/2}$, T_a , ΔH_m , X_c 同表2。

此外,YS-688的加入会降低半结晶时间,这是由于YS-688的加入有助于 α 晶型结晶,并且有异相成核的作用,从而使结晶速率有所提高,所以半结晶时间降低。

2.4 力学性能分析

(1) 拉伸强度分析。

YS-688和TMB-5用量与共混物拉伸强度的变化关系曲线如图7所示。

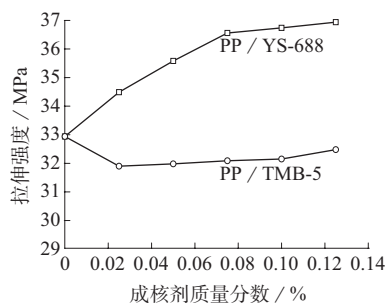


图7 成核剂用量与共混物拉伸强度的变化关系曲线

从图7可以看出,加入YS-688成核剂的共混

物拉伸强度呈明显的上升趋势;在YS-688质量分数为0.075%时,相对于纯PP,拉伸强度提高了11.11%,这是由于结晶度提高所致,可以从DSC实验数据得到验证。加入TMB-5成核剂的共混物拉伸强度呈先下降后上升的趋势,但总体上变化幅度很小。略微下降是由于 β 成核剂的加入会形成 β 晶,拉伸时 β 晶细条状聚集体易引发微小裂纹产生应力集中,从而使PP拉伸强度有所下降。当TMB-5质量分数为0.075%时,拉伸强度达到32.09 MPa,相对于纯PP的32.94 MPa,仅下降2.58%,继续增加TMB-5用量共混物拉伸强度基本保持不变,由此可以认为,TMB-5对PP拉伸强度的影响很小。

(2) 常低温冲击性能分析。

图8为常温条件下YS-688和TMB-5用量与共混物缺口冲击强度的变化关系曲线。由图8可知,随两种成核剂用量的增加,常温缺口冲击强度均呈先上升后下降的趋势,并且都在成核剂质量分数为0.075%时达到最大值。当YS-688质量分数为0.075%时,共混物的常温缺口冲击强度从纯PP的4.12 kJ/m²提高到5.66 kJ/m²,提升幅度为37.41%。相比较于YS-688,TMB-5在质量分数为0.05%~0.075%时对共混物常温缺口冲击强度的增幅更加明显,并且在0.075%时达到最大值,相较于纯PP,其增幅达100%,这是由于TMB-5能使PP复合材料形成 β 晶,其晶体尺寸更小,相互贯穿且边界十分模糊,球晶为片晶状,它们之间致密度不高且无定形的结构,在受到外力时容易引发银纹或者微纤,有利于PP更好地抵抗外界冲击力。

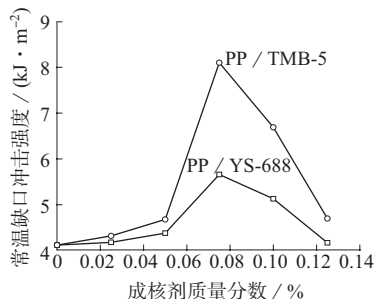


图8 常温条件下成核剂用量与共混物缺口冲击强度的变化关系曲线

图9为低温-30℃条件下YS-688和TMB-5用量与共混物缺口冲击强度的变化关系曲线。由图9可以看出,在低温下,两种成核剂对改善PP低温韧性也有一定的作用,且随着成核剂用量的增加,共混物的低温缺口冲击强度先增大后减小,当成核剂质量分数为0.075%时达到最大值。在TMB-5质量分数为0.075%时,共混物的低温缺口冲击强度相

较于纯PP提升了55.41%。而YS-688对低温韧性的改善幅度较小,在其质量分数为0.075%时,低温缺口冲击强度相对于纯PP仅提升了12.76%。

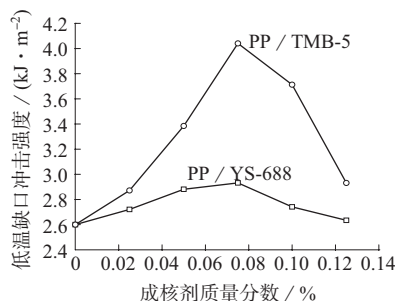


图9 低温条件下成核剂用量与共混物缺口冲击强度的变化关系曲线

3 结论

(1) 随着YS-688和TMB-5用量的增加,PP的球晶均会细化,且越来越小,球晶界面也会变得模糊。TMB-5成核剂具有较强的诱导PP β 晶成核的能力,使PP中 β 晶的熔融峰强度高于 α 晶,且 β 晶含量随着TMB-5用量的增加先升高后降低,当TMB-5质量分数为0.075%时,共混物中形成了分布均匀密集的树枝状 β 晶;YS-688仅诱导PP形成了 α 晶,随着YS-688用量增加,PP的结晶度逐渐增加,但当YS-688质量分数大于0.075%时提升幅度很小。

(2) 随YS-688用量的增加,PP/YS-688共混物的拉伸强度呈上升趋势,而TMB-5对共混物的拉伸强度影响很小。随着TMB-5和YS-688用量的增加,共混物的常温和低温缺口冲击强度均呈现上升后下降的趋势,且都在成核剂质量分数为0.075%时达到最大值。当成核剂质量分数为0.075%时,与纯PP相比,PP/YS-688的常温缺口冲击强度提高了37.41%, -30°C 下的缺口冲击强度仅提高了12.76%,而PP/TMB-5的常温缺口冲击强度提高了100%, -30°C 下的缺口冲击强度提高了55.41%。

参考文献

- [1] 苏兰,黄甫建,曹建常,等.成核剂改性聚丙烯的研究进展[J].新材料产业,2014(6):56-59.
Su Lan, Huang Pujian, Cao Jianchang, et al. Research progress of nucleating agent modified polypropylene[J]. Advanced Material Industry, 2014(6):56-59.
- [2] Cao Jing, Zeng Yuying, Lin Tengfei. Synergistic toughening effect of β -nucleating agent and long chain branching on polypropylene random copolymer[J]. Polymer Testing, 2016, 55:318-327.
- [3] 王苓,王正有,何晓利,等.成核剂对iPP结晶形态、结晶度和力学性能的影响[J].西华大学学报:自然科学版,2013,31(6):5-8.
Wang Ling, Wang Zhengyou, He Xiaoli, et al. Study on the

- effect of β -nucleating Agent on the mechanical properties of polypropylene[J]. Journal of Xihua University:Natural Science, 2013,31(6):5-8.
- [4] 严海彪,邵禹通,陈海,等. β 成核剂对PPR结晶行为和性能的影响[J]. 塑料,2013,42(5):49-52.
Yan Haibiao, Shao Yutong, Chen Hai, et al. Crystallization behavior and properties of PPR induced by β -nucleating agent[J].Plastics, 2013,42(5):49-52.
- [5] 张世鑫,王益龙,何昌平,等. 酰胺类成核剂对PP-B的 β 成核作用和力学性能的影响[J]. 现代塑料加工应用,2014,26(2):9-13.
Zhang Shixin, Wang Yilong, He Changping, et al. Effect of amides nucleating agent on β -nucleation and mechanical properties of PP-B[J]. Modern Plastics Processing and Applications,2014, 26(2):9-13.
- [6] 李海艳,吕志平,吴冉,等. 新型 α -成核剂的制备及其对聚丙烯性能的影响[J]. 中国塑料,2014,28(5):91-96.
Li Haiyan, Lyu Zhiping, Wu Ran, et al. Synthesis of a novel α -nucleating agent and its influence on properties of isotactic polypropylene[J]. China Plastics, 2014,28(5):91-96.
- [7] 王芳焕,罗金忠,王居兰,等. 山梨醇类透明成核剂对煤基均聚PP结晶行为透明性及力学行为的影响[J]. 塑料工业,2013,41(10):63-65.
Wang Fanghuan, Luo Jinzhong, Wang Julian, et al. Effect of sorbitol transparent nucleating agent on crystallization transparency and mechanical properties of coal-based homo-polymer PP[J]. China Plastics Industry, 2013,41(10):63-65.
- [8] 丁会利,张梅,聂鑫,等. 稀土 β 成核剂改性PPR力学与结晶性能研究[J]. 塑料科技,2011,39(4):103-106.
Ding Huili, Zhang Mei, Nie Xin, et al. Study on mechanical properties and crystallization of PPR modified by rare earth β -nucleating agent[J]. Plastics Science and Technology,2011, 39(4):103-106.
- [9] Hu Qingyun, Mei Li. Influence of α and β nucleating agents on crystallization behavior of high-fluidity polypropylene[J]. Plastics Science and Technology,2010,38(9):73-76.
- [10] 杜海南,刘洪,张杰. β 成核剂含量对聚丙烯力学性能的影响[J]. 塑料,2015,44(1):37-39.
Du Hainan, Liu Hong, Zhang Jie. Influence of β -nucleating agent concentration on mechanical properties of polypropylene[J]. Plastics,2015,44(1):37-39.
- [11] 左瑞清,丁琦,乔辉,等. 成核剂对聚丙烯力学性能和结晶行为的影响[J]. 合成树脂及塑料,2013,30(3):9-11.
Zuo Ruiqing, Ding Yun, Qiao Hui, et al. Influence of nucleating agent on mechanical properties and crystallization behavior of polypropylene[J]. China Synthetic Resin and Plastics,2013, 30(3):9-11.

欢迎订阅 2017 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘,请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大16开本,每月10日出版。本刊为中文核心期刊,是中国合成树脂供销协会会刊,荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2017年定价15元/期,全年180元。目前杂志社尚有部分2000年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,双月刊,大16开本,单月20日出版。本刊为中国科技核心期刊,荣获多项省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2017年定价15元/期,全年90元。目前杂志社尚有部分2000年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973年)至2016年底共44卷326期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售;同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992年)至2016年底

共25卷115期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售。合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文,又可根据读者自定义的关键词进行全文检索,非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价550元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价250元。

邮局汇款:

收款地址:济南市天桥区田庄东路3号

收款单位:《工程塑料应用》杂志社

邮编:250031

电话:(0531)85878223 85878057 85878278

传真:(0531)85947355

银行汇款:

户名:山东非金属材料研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

账号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>