

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.09.002

过氧化物熔融接枝改性对高密度聚乙烯耐环境应力开裂性能的影响^{*}

魏江涛^{1,2}, 罗筑^{1,2}, 杨乐^{1,2}, 梁晓坤^{1,2}, 陈华鑫¹, 杨婷¹

(1. 贵州大学材料与冶金学院, 贵阳 550025; 2. 国家复合改性聚合物材料工程技术研究中心, 贵阳 550014)

摘要: 通过过氧化二异丙苯 (DCP) 熔融接枝反应, 研究了过氧化物熔融接枝对高密度聚乙烯 (PE-HD) 耐环境应力开裂性能的影响, 并对其力学性能及断裂形貌进行了分析, 采用差示扫描量热仪分析了熔融接枝行为对其结晶性能的影响。研究表明, 反应体系产生很少的交联结构; 过氧化物熔融接枝能够改善 PE-HD 的耐环境应力开裂性能和力学性能, 尤其是第二个转矩最高点的改性效果明显优于转矩平衡点时, 当 DCP 含量为 0.25 份时, 在第二个转矩最高点时耐环境应力开裂性能改善最好, 是纯 PE-HD 耐环境应力开裂时间的 11.2 倍; 结构的变化使 PE-HD 的结晶度呈下降趋势, 结晶温度呈上升趋势; 与纯 PE-HD 相比, 改性后 PE-HD 的断裂伸长率降低, 但当 DCP 含量为 0.25 份时, 缺口冲击强度最大值提高了 198.6%, 当 DCP 含量为 0.30 份时, 拉伸和弯曲强度最大值分别提高了 39.3% 和 17.2%; 扫描电子显微镜显示, 改性后垂直于试样断面方向出现尺寸较大的纤维状网络结构。

关键词: 高密度聚乙烯; 耐环境应力开裂; 引发剂; 长支链; 结晶度

中图分类号: TQ325.1+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)09-007-06

Influence of Modification by Grafting with Peroxide on Environmental Stress Cracking Resistance of PE-HD

Wei Jiangtao^{1,2}, Luo Zhu^{1,2}, Yang Le^{1,2}, Liang Xiaokun^{1,2}, Chen Huaxin¹, Yang Ting¹

(1. College of Materials and Metallurgy, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. National Engineering Research Center for Compounding and Modification of Polymeric Materials, Guiyang 550014, China)

Abstract : The influence on environmental stress cracking resistance of high density polyethylene(PE-HD) by melt grafting reaction with dicumyl peroxide(DCP), as well as mechanical properties and fracture morphology, were studied. The effect of melt grafting behavior on the performance of its crystallization were observed by differential scanning calorimeter. The results show that the crosslinking degree is low in melting reaction process. The melt grafting reaction with peroxide could improve environmental stress cracking resistance and mechanical properties of PE-HD, especially the samples on the second peak of torque are superior to the balance of it. During the second peak of torque, the environmental stress cracking resistance of modified PE-HD is the best when the content of DCP is 0.25 phr, reaching to 11.2 times of pure PE-HD. As a result of the change of structure, the crystallinity of PE-HD appears a decreasing trend, and crystallization temperature is on the rise. Compared with the pure PE-HD, the elongation at break of the modified PE-HD decreases, but the notch impact strength, tensile strength and bending strength increase by 198.6%, 39.3% and 17.2% when the content of DCP is 0.25, 0.30, 0.3 phr respectively. Scanning electron microscopy indicates that the reign that is perpendicular to the direction of fracture appears larger size of fibrous network structure.

Keywords : high density polyethylene ; environmental stress cracking resistance ; peroxide ; long-chain branch ; crystallinity

对于聚乙烯 (PE) 的环境应力开裂机理, 一般认为是^[1-2], PE 的非晶区由于在应力的作用下存在一些微小的空洞或缺陷, 它可以吸收环境试剂而形成内压力, 此压力使晶片间的连接分子发生重排, 诱发银纹, 最终导致材料开裂。晶片间的连接分子对环境应力开裂起到了关键作用, 因此可以集中于加强晶片间的连接来改善高密度聚乙烯 (PE-HD) 的耐环境应力开裂, 方法主要有共混和化学交联。化学

交联法主要是高能辐射、紫外光和过氧化物引发交联, 以及接枝硅烷交联。其中过氧化物交联法是指将过氧化物引发剂混炼于树脂中, 通过加热熔融使引发剂分解产生活性自由基, 进而引发聚合物发生交联反应^[3-4], 该方法工艺简单, 所得制品性能稳定,

^{*} 贵州省科技合作项目 (黔科合院地合 [2012]7001)

联系人: 罗筑, 教授, 博士生导师, 主要从事聚合物共混改性研究

收稿日期: 2015-06-30

适应性强。由于长的支链能发生缠结,起到连接分子的作用,分子链间移动的阻力变大,使晶片之间不易滑脱,有助于材料在应力作用下的稳固,不容易开裂^[5],因此可以通过引入较长的支链来提高材料的耐环境应力开裂性能。根据过氧化物交联的方法,H. B. Parmar 等^[6]通过控制引发剂的用量在 0.2% 以下,以过氧化自交联方式引入了长支链,从而实现了 PE-HD 改性,扩链机理是活性自由基引发的化学交联。

目前对于过氧化物引入长支链方面的研究报道较少^[6-7],尤其在耐环境应力开裂方面的应用研究不多。笔者利用过氧化物交联改性的原理,以转矩流变仪为反应器,通过控制引发剂的用量,并加入自由基稳定剂二硫代氨基化合物促进剂(PZ)^[8],由于 PZ 释放的二硫代氨基甲酰自由基能够与体系中大分子活性自由基结合,形成自由基终止,而该结合物又能可逆地分解,重新产生大分子自由基,起到稳定大分子自由基,延长分子链间自交联反应时间,抑制交联的作用,从而得到交联度低、分子链能形成长支链、力学强度较高的耐环境应力开裂 PE-HD,对今后 PE-HD 通过化学改性提高耐环境应力开裂性及其加工性能提供参考。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PE-HD: 5000S, 中国石油兰州石化有限公司;

过氧化二异丙苯(DCP): 阿拉丁试剂(上海)有限公司;

PZ: 鹤壁联昊化工股份有限公司;

抗氧剂: 1010, 烟台新秀化学用品有限公司;

二甲苯: 分析纯, 重庆江川化工有限公司;

丙酮: 分析纯, 重庆川东化工集团有限公司;

壬基酚聚氧乙烯醚: TX-10, 工业级, 上海文华化工颜料有限公司。

1.2 主要仪器与设备

转矩流变仪: XSM-500 型, 上海科创橡塑机械设备有限公司;

熔体流动速率(MFR)测定仪: SRZ-400 型, 长春市智能仪器设备有限公司;

平板硫化机: XLB-D350 × 350 × 2 型, 青岛学青橡塑机械有限公司;

耐环境应力开裂测定仪: NYK-06 型, 承德大华试验机有限公司;

注塑机: PL860 型, 无锡海天机械有限公司;

微机控制电子万能试验机: CMT6104 型, 美斯特工业系统有限公司;

悬臂梁冲击试验机: XJU-55 型, 承德市金建检测仪器有限公司;

差示扫描量热(DSC)仪: Q10 型, 美国 TA 公司;

扫描电子显微镜(SEM): KYKY-2800B 型, 北京中科科仪发展有限责任公司。

1.3 试样制备

将一定含量的 DCP 溶于少量丙酮中, 加入一定含量的 PZ 和抗氧剂 1010 与 PE-HD 混合均匀, 配方如表 1 所示。待丙酮完全挥发后, 放入转矩流变仪中, 加热温度设为 170℃, 转速为 80 r/min, 其转矩随时间的变化如图 1 所示, 在改性 PE-HD 转矩曲线上的第二个转矩最高点(简称最高点)和转矩最后达到平衡点(简称平衡点)时分别取样得到改性样品, 并用平板硫化机模压成 2 mm 厚的板材用于耐环境应力开裂测试, 其余料破碎成粒料, 用注塑机注塑成拉伸试样及弯曲试样进行力学性能测试。

编号	PE-HD	DCP	PZ	抗氧剂 1010
1 [#]	100	0.05	0.10	0.20
2 [#]	100	0.10	0.10	0.20
3 [#]	100	0.15	0.10	0.20
4 [#]	100	0.20	0.10	0.20
5 [#]	100	0.25	0.10	0.20
6 [#]	100	0.30	0.10	0.20

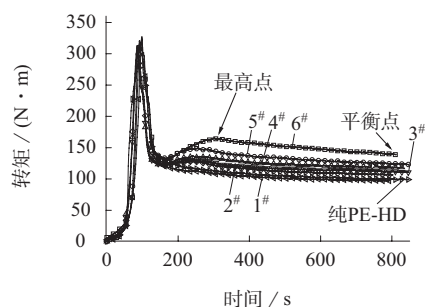


图 1 不同 DCP 含量的改性 PE-HD 的转矩曲线

1.4 性能测试与结构表征

准确称取一定量的试样并用网孔径为 0.054 mm 的铜网包裹, 置于索氏提取器中, 在微沸二甲苯中抽提至少 24 h。将不溶物真空干燥称重, 按下式计算每组试样的凝胶含量(C_{gel}):

$$C_{\text{gel}} = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \times 100\%$$

式中: m_1 ——铜网的质量, g;

m_2 ——试样的质量, g;

m_3 ——抽提后不溶物和铜网的质量, g。

按照 GB/T 3682-2000 测定试样的 MFR, 测试温度为 190℃, 荷重为 5 kg。

按 GB/T 1842-2008 测试试样的耐环境应力开裂性, 试样尺寸为 38 mm×13 mm×2 mm, 刻痕宽度和深度分别为 18.9~19.2 mm 和 0.3~0.4 mm, 并沿刻痕方向弯曲成“U”型(见图 2), 固定在试样保持架上并置于盛有壬基酚聚氧乙烯醚体积分数为 10% 的水溶液试管中, 在 50℃ 恒温水浴槽中进行测试, 观察并记录试样的耐环境应力开裂时间 F_{50} , 即试样在某种介质中破损几率为百分之五十的时间。

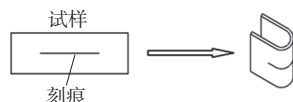


图 2 改性 PE-HD 耐环境应力开裂测试试样

拉伸性能按 GB/T 1040-1992 测试, 拉伸速率为 50 mm/min, 测试温度为 23℃。

弯曲性能按 GB/T 9341-2008 测试, 弯曲速率为 2 mm/min, 测试温度为 23℃。

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试, 摆锤能量为 2.75 J, 测试温度为 23℃。

DSC 分析: 在最高点处分别取 6~10 mg 样品置于铝盘中, 以 N_2 为保护气, 设置流速为 40 mL/min, 先快速升温至 200℃, 恒温 5 min 以消除热历史, 再以 10℃/min 匀速降温至 40℃, 最后以 10℃/min 的匀速升温至 200℃, 记录结晶和熔融曲线。

SEM 观察: 对耐环境应力开裂测试后的破损试样的断面喷金处理, 用 SEM 观察其形貌, 设置加速电压为 25 kV。

2 结果与讨论

2.1 引发剂 DCP 用量对改性 PE-HD 熔融接枝反应的影响

从图 1 可以看出, 相比纯 PE-HD, 各体系熔融反应过程中基本都出现两个转矩峰。第一个峰为熔融峰, 即物料在较高温度下开始塑化熔融, 转矩随后减小到最小值, 物料完全塑化; 第二个峰为反应峰, 从物料完全塑化开始, 反应初期, 物料以接枝及交联为主, 使熔体黏度增加, 导致转矩上升至最大值, 此时熔体黏度达到最大。之后随着时间的延长, 由于分子链的解缠及链段的降解, 分子量减小导致黏度降低, 转矩开始下降至平衡。从图 1 还可以看出, 由于引发剂 DCP 含量的增加, 导致接枝或交联程度增大, 故转矩曲线逐渐升高; 而 DCP 含量为 0.05 份时,

可能由于 DCP 含量太少, 加入 PZ 后, 释放的二硫代氨基甲酰自由基能够捕捉体系中大量的大分子自由基^[8], 造成以断链降解为主, 因此出现其转矩曲线略低于纯 PE-HD 的转矩曲线。

表 2 为 DCP 含量对改性 PE-HD 凝胶含量和 MFR 的影响。

表 2 DCP 含量对改性 PE-HD 凝胶含量和 MFR 的影响

DCP 含量 / 份	凝胶含量 / %		MFR / [g · (10 min) ⁻¹]	
	最高点	平衡点	最高点	平衡点
0.05	0.3	1.8	2.46	2.88
0.10	0.6	0	1.50	1.93
0.15	0.3	0	0.78	1.10
0.20	0.3	0	0.30	0.63
0.25	1.0	1.3	0.12	0.39
0.30	1.0	1.9	0.09	0.13

从表 2 凝胶含量测试结果可知, 各个试样在最高点和平衡点的凝胶含量均很低, 说明体系交联程度较低, 反应主要以接枝为主, 符合预计效果。从表 2 的 MFR 测试结果可知, MFR 测试结果与转矩测试结果类似。随着 DCP 含量的增加, 在最高点和平衡点处的 MFR 逐渐降低, 说明过氧化物熔融接枝导致分子量增大, 黏度增加; 而平衡点处的 MFR 总是大于最高点处, 说明过久的反应使体系确实发生了降解, 分子量的降低导致黏度减小, 故 MFR 增加。

2.2 熔融接枝改性对 PE-HD 耐环境应力开裂性的影响

图 3 是在最高点和平衡点时 DCP 含量对改性 PE-HD 耐环境应力开裂性的影响。

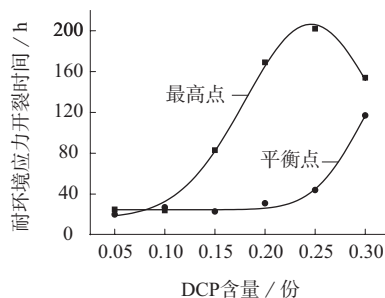


图 3 在最高点和平衡点时 DCP 含量对改性 PE-HD 耐环境应力开裂性的影响

从图 3 可以看出, 所有试样的耐环境应力开裂时间均大于纯 PE-HD 的耐环境应力开裂时间 (18 h), 在一定范围内, 两组试样的耐环境应力开裂时间均随着 DCP 含量的增加而增大, 且在转矩达到最高点时, 试样的耐环境应力开裂时间增加程度更为显著。在最高点时, 当 DCP 含量为 0.25 份时, 试样的耐环境应力开裂时间达到最大值, 为 202 h, 是

纯 PE-HD 的 11.2 倍,耐环境应力开裂性改性效果最为显著;随后试样的耐环境应力开裂时间开始下降。这可能是由于过量的引发剂使大量支化形成物理网状结构及少量交联结构增多,这些复杂的结构团聚在无定型区域,不能贯穿在晶片之间,而少量长支链结构不足以强化晶片间的连接,造成晶片在环境应力下容易发生滑移,最终导致开裂^[1,5]。当在平衡点时,由于反应时间过久,分子链发生降解以及支链的解缠导致晶片之间连接分子的作用减弱,所以其耐环境应力开裂性不如在最高点时好。

2.3 熔融接枝改性对 PE-HD 力学性能的影响

表 3 为纯 PE-HD 的力学性能,图 4~图 7 为 DCP 用量对改性 PE-HD 在最高点和平衡点的力学性能的影响。

表 3 纯 PE-HD 的力学性能

材料	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	弯曲强度 / MPa	缺口冲击强度 / (kJ·m ⁻²)
纯 PE-HD	25.60	—	21.08	26.44

注:纯 PE-HD 试样在拉伸过程中不发生断裂,故无法测试出断裂伸长率数据。

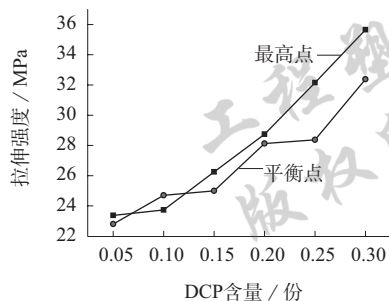


图 4 DCP 用量对改性 PE-HD 拉伸强度的影响

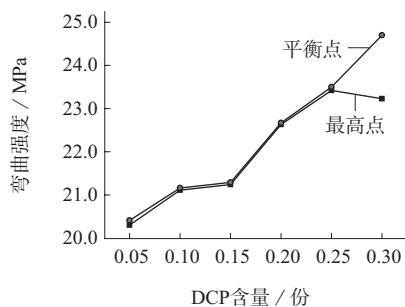


图 5 DCP 用量对改性 PE-HD 弯曲强度的影响

从图 4~图 7 可以看出,在一定范围内,两组试样的拉伸强度和弯曲强度均随着 DCP 含量的增加而增大,断裂伸长率随之降低,冲击强度有所提高。

当 DCP 含量为 0.05 份时,改性 PE-HD 的拉伸强度和弯曲强度最大值分别为 23.37 MPa 和 20.41 MPa,均小于纯 PE-HD 的值,说明引发剂含量偏低时,熔融接枝改性对 PE-HD 力学性能改善

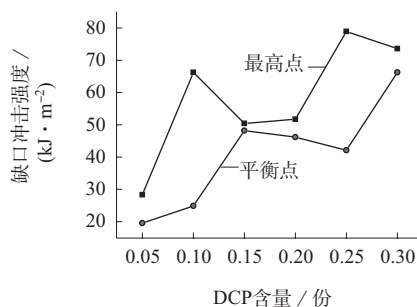


图 6 DCP 用量对改性 PE-HD 缺口冲击强度的影响

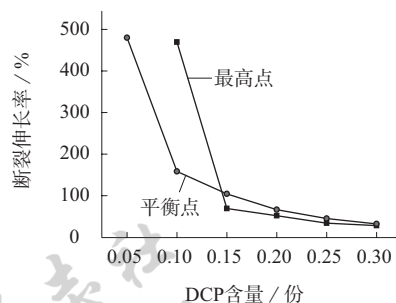


图 7 DCP 用量对改性 PE-HD 断裂伸长率的影响

不明显。只有当 DCP 含量在 0.10 份以上,试样的拉伸强度和弯曲强度才有所提高,此时改性 PE-HD 的力学强度明显改善,且在 DCP 含量为 0.30 份时,拉伸和弯曲强度达到最大值,分别为 35.65 MPa 和 24.70 MPa,较纯 PE-HD 分别提高 39.3% 和 17.2%。

过氧化物引发熔融接枝产生支化,支链的缠结使链间的相互作用力增大^[6-7],导致缺口冲击强度增大,当 DCP 含量为 0.25 份时,缺口冲击强度最大值达到 78.95 kJ/m²,比纯 PE-HD 提高 198.6%。

随着 DCP 含量的增加,自由基引发产生支化的同时,少量交联网状结构的产生及长支链形成的物理网络结构的增加使这些复杂的结构不易沿着拉伸方向发生取向,因而造成试样的断裂伸长率逐渐降低。在最高点时,当 DCP 含量为 0.05 份时,试样在拉伸测试过程中不发生断裂,无法测试出断裂伸长率数据;当 DCP 含量大于 0.15 份时,转矩达到平衡时,降解程度的加深和网状结构的破坏造成了链段拉伸时取向变得容易,因此其断裂伸长率略高于最高点时的断裂伸长率。

2.4 过氧化物接枝改性对 PE-HD 结晶性能的影响

对于耐环境应力开裂性显著提高的最高点试样,用 DSC 测试其结晶和熔融曲线,结果如图 8 所示,表 4 是其对应的数据。

从表 4 可以看出,改性后的 PE-HD 的结晶度稍有下降,而结晶温度逐渐增大。这是因为,影响聚

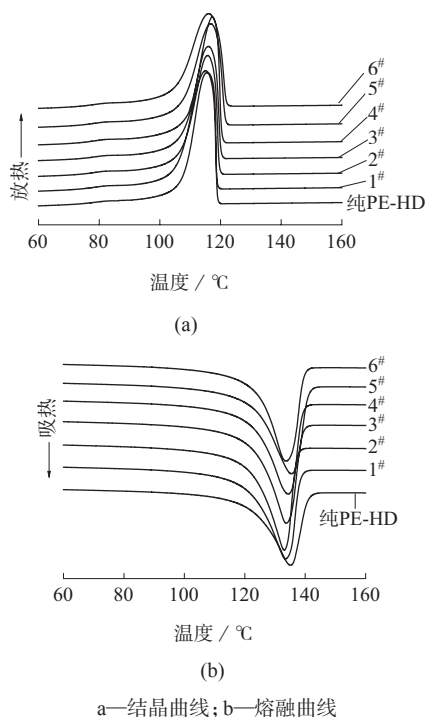


图 8 改性 PE-HD 的结晶和熔融曲线

表 4 不同 DCP 含量的改性 PE-HD 结晶和熔融数据

DCP 含量 / 份	结晶温度 / °C	熔融焓 / (J·g ⁻¹)	结晶度 / %
0.05	118.73	195.0	67.9
0.10	119.51	185.7	64.6
0.15	120.05	182.3	63.5
0.20	120.30	185.5	64.6
0.25	121.53	182.4	63.5
0.30	121.54	160.1	55.7

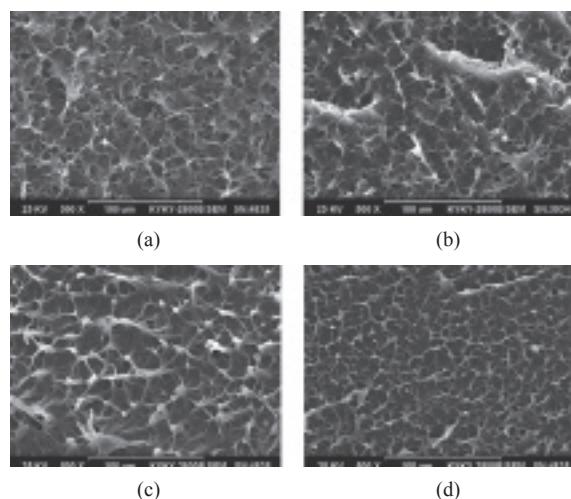
注: 纯 PE-HD 的结晶温度为 118.81 °C、熔融焓为 191.4J/g、结晶度为 66.6%。

合物结晶能力的主要因素是分子链结构的规整性和对称性,在 PE-HD 熔融接枝反应过程中,降解产生了些许短支链。一方面,在 PE 结晶过程中,短支链及长支链缠结形成的物理网络结构由于无法与主链共同结晶而进入非晶区^[9],破坏了 PE-HD 分子链本身的规整性,降低了 PE-HD 分子链的结晶能力,从而造成结晶度相对较低。另一方面,较长的支链比主链在结晶时更倾向于有序排列,起到了成核剂的作用^[10],使结晶温度升高,结晶度变大。两方面的作用相互竞争,共同参与改性 PE-HD 的结晶。当 DCP 含量为 0.05 份时,可能由于活性自由基数目少, PZ 捕捉了其中大部分大分子自由基,在熔融过程中,降解的同时,剩余少量的自由基能够使分子链接枝上稀疏的长支链,二者的相互作用使结晶温度基本不变,结晶度略有增加。

2.5 改性 PE-HD 耐环境应力开裂断面微观结构形貌

图 9 是纯 PE-HD 及其改性后试样的耐环境应

力开裂断面的 SEM 照片。



a—纯 PE-HD ; b—DCP 含量为 0.10 份,最高点;
c—DCP 含量为 0.25 份,最高点; d—DCP 含量为 0.25 份,平衡点

图 9 改性 PE-HD 耐环境应力开裂破损试样断面 SEM 图

从图 9 可以看出,对于纯 PE-HD(见图 9a),从垂直断面方向拉出的纤维不多,表面的网状结构较小,断面相对比较平整;对于改性后的 PE-HD,当 DCP 含量为 0.10 份时,在最高点,其耐环境应力开裂断面(见图 9b)与纯 PE-HD 相差无几;当 DCP 含量为 0.25 份时,在最高点,从垂直断面方向拉出来的微纤比较多,且较长,呈现的网状结构尺寸较大,断面明显粗糙不平整,表现为典型的韧性断裂特征(见图 9c),而在平衡点时表面形成的网状结构小,断面比较平整(见图 9d)。这说明在一定时间下,经过过氧化物改性后,PE-HD 分子链结构发生了变化,支链的引入不仅改变了 PE-HD 的晶态,降低了结晶度,更重要的是增加了晶区之间的连接,起到了连接分子的作用,从而能够有效阻止空穴或缺陷吸收环境试剂而在应力作用下银纹的产生和扩展,显著地提高了 PE-HD 的耐环境应力开裂性^[1-2,11-12]。而反应时间过长,支链的解缠及剪切破碎导致链断裂,使晶片间连接分子的作用减弱,耐环境应力开裂性变差。

3 结论

(1) 凝胶含量测试结果显示,体系发生的交联程度低,表明熔融接枝使体系产生了支链。

(2) 支链的形成改善了 PE-HD 的耐环境应力开裂性,且在一定范围内,随着 DCP 含量的增加,耐环境应力开裂时间增加,当 DCP 含量为 0.25 份时,在最高点时试样的耐环境应力开裂时间最大,达到 202 h,比纯 PE-HD 提高了 11.2 倍,耐环境应力开

裂性改善效果明显。

(3) 支链的形成提高了改性 PE-HD 的力学性能。与纯 PE-HD 相比,当 DCP 含量为 0.30 份时,拉伸强度和弯曲强度最大值分别提高了 39.3% 和 17.2%,当 DCP 含量为 0.25 份时,缺口冲击强度最大值提高了近 198.6%,但改性 PE-HD 的断裂伸长率降低。

(4) 分子链结构的变化降低了改性 PE-HD 的结晶度,提高了其结晶温度。

(5) SEM 照片表明,DCP 含量为 0.25 份时,PE-HD 在最高点的耐环境应力开裂测试破损试样断面出现不规整现象,并且垂直于断面方向出现尺寸较大的纤维状网络结构。

参考文献

- [1] Robeson L M. Environmental stress cracking: A review[J]. Polymer Engineering & Science, 2013, 53(3):453-467.
- [2] Ghanbari-Siahkali A, Kingshott P, Breiby D W, et al. Investigating the role of anionic surfactant and polymer morphology on the environmental stress cracking(ESC) of high-density polyethylene[J]. Polymer Degradation & Stability, 2005, 89(3):442-453.
- [3] 周林平,丁海伟,闫孝敏,等. 过氧化物交联聚乙烯材料的研究[J]. 新材料产业, 2013(5):48-51.
Zhou Linping, Ding Haiwei, Yan Xiaomin, et al. Study on peroxide cross-linking polyethylene material[J]. Advanced Materials Industry, 2013(5):48-51.
- [4] 谭志勇,阙盼,李丹,等. 高密度聚乙烯的过氧化物交联行为及结晶行为研究[J]. 中国塑料, 2011, 25(12):35-38.
Tan Zhiyong, Que Pan, Li Dan, et al. Study on cross-linking behavior and crystallization behavior of dicumyl peroxide crosslinked high-density polyethylene[J]. China Plastics, 2011, 25(12):35-38.
- [5] Cheng J J, Polak M A, Penlidis A. Influence of micromolecular structure on environmental stress cracking resistance of high density polyethylene[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2011, 26(4):582-593.
- [6] Parmar H B, Gupta R K, Bhattacharya S N. Rheological and molecular properties of organic peroxide induced long chain branching of recycled and virgin high density polyethylene resin[J]. Polymer Engineering & Science, 2009, 49(9):1 806-1 813.
- [7] Sardashti P, Tzoganakis C, Polak M A, et al. Radiation induced long chain branching in high-density polyethylene through a reactive extrusion process[J]. Macromolecular Reaction Engineering, 2014, 8(2):100-111.
- [8] Wan Dong, Xing Haiping, Zhang Zhenjiang, et al. Effect of fullerene C₆₀ on the melt grafting reaction between multifunctional monomer and polypropylene[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2013, 127(2):1 394-1 402.
- [9] Tian Zhou, Chen Keran, Liu Boping, et al. Short-chain branching distribution oriented model development for borstar bimodal polyethylene process and its correlation with product performance of slow crack growth[J]. Chemical Engineering Science, 2015, 130:41-55.
- [10] 王红英,胡徐腾,李振宇,等. 高熔体强度聚丙烯的制备与表征[J]. 化学进展, 2007, 19(6):932-958.
Wang Hongying, Hu Xuteng, Li Zhenyu, et al. Preparation and characterization of high melt strength polypropylene[J]. Progress in Chemistry, 2007, 19(6):932-958.
- [11] Chen Yang. Investigations of environmental stress cracking resistance of HDPE/EVA and LDPE/EVA blends[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2014, 131(4):1 001-1 007.
- [12] Chen Yang, Nie Xin, Zhou Shengtai, et al. Investigations of environmental stress cracking resistance of HDPE/UHMWPE and LDPE/UHMWPE blends[J]. Journal of Polymer Research, 2013, 20(5):1 111-1 127.

“绿色包装”或再次引起社会各界的关注

为减少包装废弃物对环境的危害,我国早在 10 年前便提出了“绿色包装”的概念。绿色包装兼顾保护环境和资源再生两种意义,具体如下:

包装减量化。即包装在满足保护、方便、销售等功能的条件下,应尽量减少用量。

包装应易于重复使用或易于回收再生。这是现阶段发展绿色包装材料最切实可行的一步,是一种最积极的废弃物回收处理办法。目前使用的聚酯饮料瓶、奶瓶,玻璃制的啤酒瓶都能重复利用多次。无法重复利用的就尽可能地分解、融化重新成型。

包装废弃物能降解腐化,不会形成永久垃圾。全世界都在研究可降解塑料,以解决目前塑料无法降解所带来的严重的环境污染问题。降解的原理是通过土壤和水中的微生物作用或通过阳光中紫外线的作用,使塑料在自然环境中分裂

降解和还原,终极以无毒形式重新进入生态环境,回归大自然。

包装材料对人体和生物应无害无毒。包装材料中不应含有有毒性的元素、重金属,或含有量应控制在有关标准以下。

包装制品从原材料采集、加工,制造产品,产品使用,废弃物回收,直至终极处理的全过程均不对人体及环境造成公害。
(环球塑化网)

上半年初级形状塑料累计进口 1 530 万 t

海关总署最新数据显示,2015 年 7 月,我国出口塑料制品 83 万 t,较上月减少 2 万 t,同比减少 4.6%;1~7 月,塑料制品累计出口 554 万 t,同比增加 2.9%。2015 年 7 月,我国进口初级形状的塑料 214 万 t,较 6 月增加 6 万 t,同比减少 1.4%;1~7 月,初级形状塑料累计进口 1 530 万 t,同比增加 2.3%。
(工程塑料网)