

无水 AlCl_3 催化 PVC/PS 反应性增容的研究*

李侃社** 黄 虎 牛红梅

(西安科技大学化学与化工学院高分子研究所 西安 710054)

摘 要 以无水 AlCl_3 为催化剂,通过聚氯乙烯(PVC)与聚苯乙烯(PS)之间 Friedel-Crafts 反应,实现了 PVC/PS 共混体系的反应性增容,使 PVC 与 PS 熔融共混温度由 160°C 降为 140°C ;通过预碾磨和加入苯乙烯(St)的方法,提高材料韧性,制备了综合力学性能良好的 PVC/PS 合金材料.应用 FTIR、DSC、SEM 和力学性能测试等手段表征了合金材料的结构与性能.结果表明,FTIR 出现了 1943 和 838 cm^{-1} 2 个苯环对位被取代的特征吸收峰;DSC 在 89°C 出现了玻璃化转变;SEM 证明 PVC/PS 两相界面粘接性随 AlCl_3 、St 的加入越来越好.在 PS、 AlCl_3 和 St 的质量分数分别为 6%、0.6% 和 9% 时,实现了对 PVC 的增强增韧.合金拉伸强度达到 60.54 MPa ,比 PVC 的 49.35 MPa 提高了 22.7%;缺口冲击强度达到 5.3 kJ/m^2 ,比 PVC 的 3.9 kJ/m^2 提高了 35.9%.

关键词 聚氯乙烯,聚苯乙烯,无水 AlCl_3 , Friedel-Crafts 反应,反应性增容

聚合物共混以及无机粒子填充是制备高性能材料的重要途径,它具有简单易行,研发周期短,成本低廉等优点. PVC 与 PS 作为两大通用塑料,在建材行业、汽车工业、家用电器以及日常生活等众多领域有着广泛的应用. PVC 树脂强度高,成本低,但是其熔点高,热稳定性差,要求加工温度低,因而加工流动性差,不易加工成复杂形状的硬制品.而 PS 熔体黏度适中,流动性好,易于成型;PVC 的阻燃性、耐磨性好,而 PS 在这方面比较差;PVC、PS 材料的冲击强度均较差,极易脆性断裂,用作结构材料不理想. PVC/PS 实现共混,可以优势互补.但由于二者的溶度参数(δ)相差较大,PVC 为 20.13,PS 为 18.6^[1],Hildebrand^[2]用溶度参数推导出正规溶液的混合焓

$$\Delta H = RT\varphi_1\varphi_2(\delta_1 - \delta_2)^2$$

φ_1 、 φ_2 为两组分的体积分数,从公式中可以看出二者的溶度参数相差越大, ΔH 越大,溶液的稳定性越差.二者在热力学上为不相容体系^[3],要实现二者的共混,在技术上难度很高.通常都是加入第三组分作为二者的相容剂,来降低两相界面的界面张力,增大两相的接触面积,增强两相间的粘接力,促进两相相容.要找到合适的相容剂,以及相容剂的合成,通常都具有一定的难度.

Fayt 等^[4]分别以苯乙烯和环己内酯为原料,合成嵌段共聚物 P(S-*b*-CL),以苯乙烯和甲基丙

烯酸甲酯为原料,合成嵌段共聚物 P(S-*b*-MMA),并对比了这两种相容剂对 PVC/PS 共混物的增容作用.这两种嵌段共聚物都只有在一定的嵌段比下才能对 PVC/PS 共混物起到增容作用,这样的嵌段比对合成条件要求较高,而且难于控制,且这两种相容剂在提高共混物拉伸强度的同时,都使共混物的断裂伸长率下降,共混物的脆性有所增强. Kawahara 等^[5]用茂金属催化 PP 溴化, *n*-BuLi 催化 St 聚合得到 PS-Li,然后使二者发生接枝反应,实现了二者的共混,但制备流程长,催化剂难于制备,力学性能鲜见报道.

史大刚等^[6]将蒙脱土(MMT)引入 PVC 与 PS 共混体系后,共混物的相容性有了明显的改善,并且其韧性也有了一定程度的提高.

反应性增容是实现不相容体系共混的有效途径.通过 Friedel-Crafts 烃基化反应增容聚烯烃/PS 共混体系的研究已取得一系列成果^[7-19].但 Friedel-Crafts 反应增容 PVC/PS 共混体系的研究少见报道.

本文以无水 AlCl_3 作为催化剂,采用反应混炼就地增容技术,实现了两大通用塑料 PVC 与 PS 的共混,得到了综合力学性能较好的 PVC/PS 合金材料.

* 2012-06-18 收稿,2012-08-29 修稿;陕西省“13115”科技创新工程重大科技攻关专项(项目号 2009ZDKG-62)资助.

** 通讯联系人, E-mail: likanshe@xust.edu.cn

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

XK-160 型开放式炼胶机, 无锡市中凯橡塑机械有限公司; 平板硫化机, 无锡市中凯橡塑机械有限公司; Instron 5567 型万能材料试验机, 美国 Instron 公司; XJ-40A 型冲击试验机, 无锡市中凯橡塑机械有限公司; 磨盘型力化学反应器, 四川大学高分子研究所; Spectrum-GX 型红外光谱仪, Perkin Elmer 公司; Quanta 200 型环境扫描电子显

微镜, FEI 公司; DSC-200PC, 德国 Netzsch 公司.

PVC (SG-5), 西安化工厂; PS (GPPS-500), 中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司; 钙锌复合稳定剂, 陕西杰通工贸有限公司; 邻苯二甲酸二辛酯 (DOP), 天津市红岩化学试剂厂; 硬脂酸, 上海山浦化工有限公司; 无水 AlCl_3 , 国药集团化学试剂有限公司; 苯乙烯, 天津市天力化学试剂有限公司.

1.2 反应原理

PVC 和 PS 之间的反应原理如图 1 所示.

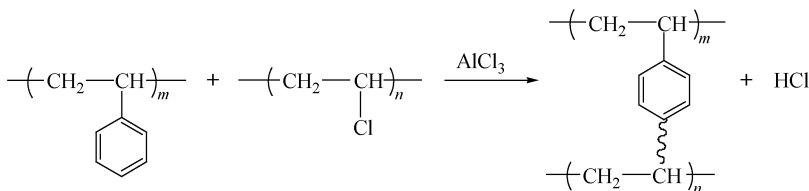


Fig. 1 Grafting reaction principle of PVC and PS

以 PVC、无水 AlCl_3 以及钙锌复合稳定剂为基料, 用磨盘型力化学反应器共碾磨的办法以求得到碳正离子, PVC 中的 Cl 原子与无水 AlCl_3 中的 Al 原子配位, 留下叔碳正离子, 然后再在双棍混炼机的挤压、剪切和高温下得到更多碳正离子, 这些碳正离子在 PS 的苯环上发生接枝反应, 所得的接枝产物用作两相的相容剂, 副产物 HCl 被稳定剂吸收, 阻止了降解反应的发生.

1.3 共混物材料的制备

取一定量的 PVC、无水 AlCl_3 、钙锌复合稳定剂加入磨盘型力化学反应器中, 碾磨 20 遍, 加入 PS, 再碾磨 5 遍. 按照一定的配方加入各种助剂在高速粉碎混合机中混合均匀得混合物料; 将混合物料放入 85°C 的烘箱中干燥塑化 30 min, 装袋备用. 在无锡市中凯橡塑机械有限公司生产的 XK-160 型开放式炼胶机上, $140 \sim 150^\circ\text{C}$ 混炼, 待其表面光滑后, 取出剪片, 得共混物; 在 QLB-25D/Q 型平板硫化机上热压成型, 得 PVC/PS 合金材料试片, 冷却, 裁制拉伸、冲击样条.

1.4 结构与性能表征

1.4.1 力学性能测试

拉伸性能按 GB/T 1040-2006, 在 Instron5567 型万能材料试验机上进行拉伸性能测试, 拉伸速率 20 mm/min ; 缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008, 在 XJ-40A 型冲击试验机上进行测定.

1.4.2 红外分析

分别取 PS 质量分数为 6% 的 PVC/PS 共混物

(A) 和 PVC/PS 直接简单混合物 (B) 各 5 g, 溶于 20 mL 四氢呋喃中, 制成糊状液体, KBr 涂片后于 80°C 烘干 30 min, 在 Perkin Elmer 公司生产的 Spectrum-GX 型红外光谱仪上进行红外光谱测试.

1.4.3 扫描电镜分析

分别取 PS 质量分数为 6%、含 AlCl_3 和不含 AlCl_3 的 PVC/PS 共混物样条, 浸于液氮中 20 min 后脆断, 将样片脆断面朝上粘于载物台上, 表面喷金后, 在 FEI 公司生产的 Quanta 200 型环境扫描电子显微镜上观察其形貌, 并拍照.

1.4.4 DSC 测试

分别取纯 PVC、纯 PS 以及 PS 质量分数为 6% 的 PVC/PS 共混材料试片 (纯 PS 和共混材料试片用锉刀挫成粉末状), 用德国 Netzsch 公司的 DSC 200 差示扫描量热仪, 表征三者的玻璃化转变温度, 从 40°C 升温至 250°C , 升温速率为 5 K/min .

2 结果与讨论

图 2 给出了 PS 质量分数为 6% 时, PVC/PS 共混物 (a) 和 PVC-PS 简单混合物的 (b) 红外图谱. 从图中可以看出, PVC/PS 共混物 (a) 图谱中出现了 1943 和 838 cm^{-1} 2 个新峰, 为苯环对位被取代的特征吸收峰^[20], 从而确认了 PVC 与 PS 之间 Friedel-Crafts 接枝反应的发生. 由于 PS 含量低, “氯代烃”的物质的量远远大于苯环的物质的

量,使得部分苯环的邻位也可能被取代,从而谱带稍有红移.

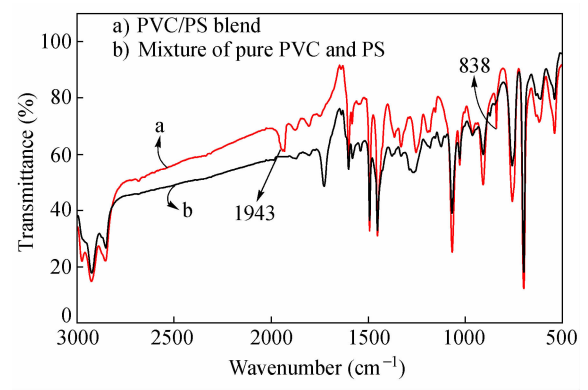


Fig. 2 IR analysis of PVC/PS blend (a) and direct mixture of pure PVC and PS (b) with a mass fraction of 6%

图3给出了纯PVC、纯PS和PS质量分数为6%的PVC/PS共混物的DSC分析图.从图中可以看出纯PVC的 T_g 为83℃,纯PS的 T_g 为106℃,而PVC/PS共混物只有一个 T_g 为89℃且介于两者之间.对于二元共混体系来说,当两组份之间混溶性良好而形成均相体系时,共混物只有一个 T_g ,并介于单组份的 T_g 之间.

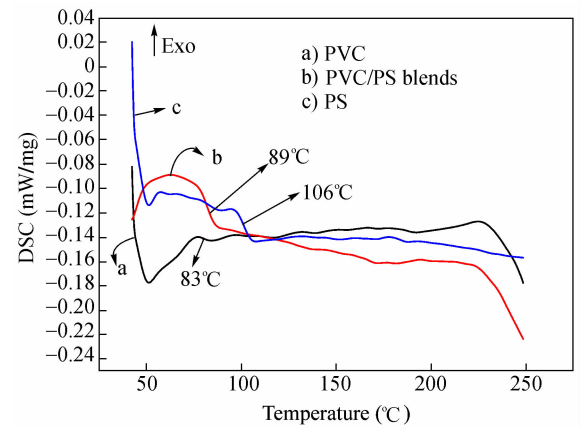


Fig. 3 DSC analysis of PVC (a), PVC/PS blends (b) and PS (c)

图4中a曲线为AlCl₃含量为1.0%时不同PS含量PVC/PS共混物材料的拉伸强度随PS质量分数的变化,B曲线为不含AlCl₃的PVC/PS共混物材料的拉伸强度随PS质量分数的变化.从图中可以看出,不含AlCl₃时,随着PS含量的增加,试片的拉伸强度迅速下降,由49.35 MPa下降到23.85 MPa.当加入AlCl₃后混炼,材料拉伸强度随PS含量的增加,呈现先增加后下降的趋势,原因是随着PS含量的增加,相容剂即接枝产物的百分

含量呈增加的趋势,随后趋于不变,使得PVC/PS的相容性先增加,最后随着PS的增多,相容性又变差,从而引起力学性能下降.

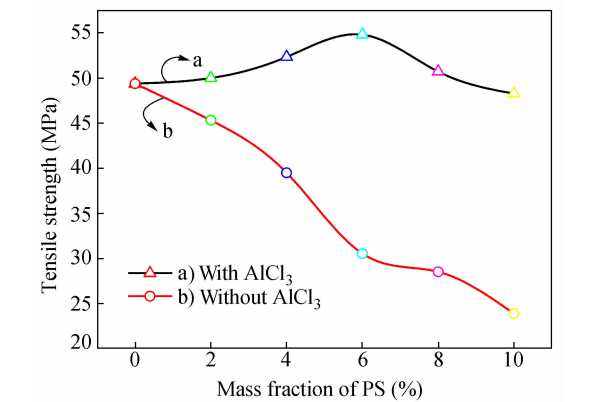


Fig. 4 Effect of PS content on tensile strength of the blends

图5中b曲线为不含AlCl₃时PVC/PS共混物材料的冲击强度随PS质量分数的变化图,从图中可以看出,不含AlCl₃时,由于两相界面间无相容剂,两相粘接力差,随着PS含量的增加,材料脆性增强,冲击强度一路下降. a曲线为AlCl₃含量0.4%时不同PS含量PVC/PS共混物材料的冲击强度随PS质量分数的变化图,从图中可以看出,随着PS含量的增加,材料的冲击强度总体呈现下降趋势,从纯PVC的3.9 kJ/m²下降到PS含量为10%时的2.7 kJ/m².其原因是PS本身脆性比较强,加入到基体PVC中会使PVC的韧性降低,虽然二者发生了接枝反应,但PS的相畴尺寸难以控制,颗粒大小分布不一.随着PS含量的增加,在PS质量分数为6%附近,共混物冲击强度较高.表明通过技术优化减小PS的相畴尺寸有望实现PS对PVC的增韧.

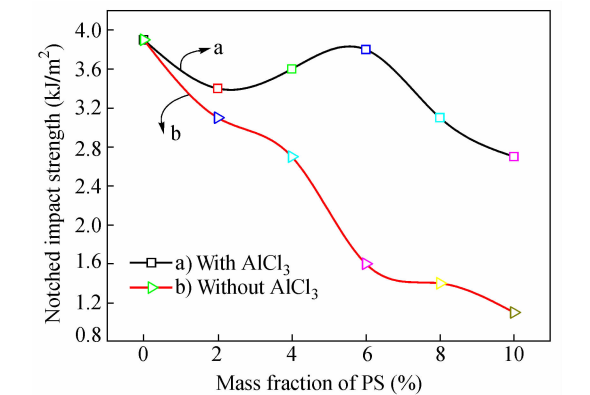


Fig. 5 Effect of with or without AlCl₃ on notched impact strength of the blends

图 6 中 a 曲线为 PS 质量分数为 6% 时,PVC/PS 共混物材料的拉伸强度随 AlCl_3 用量变化图,可以看出没有 AlCl_3 时共混物的拉伸强度很低,只有 27.42 MPa,随着 AlCl_3 含量的增大,接枝率不断增大,拉伸强度也相应提高,在 AlCl_3 质量分数为 0.6% 时,PVC/PS 共混物材料拉伸强度达到最大值 56.24 MPa. b 曲线为 PS 质量分数为 6% 时,PVC/PS 共混物材料冲击强度随 AlCl_3 用量变化图,可以看出冲击强度随 AlCl_3 含量的增加也呈现出先增加,后降低的趋势,在 AlCl_3 质量分数为 0.4% ~0.6% 时取得较高值.

图 7 中 a、b 放大倍数为 2500 倍,PS 含量为 6% 时的含 AlCl_3 (a) 和不含 AlCl_3 (b) 的试片液氮脆断面的扫描电镜照片,(a) 中几乎看不到分散相 PS 与基体 PVC 的相界面,两相分布均匀,界面粘结性好.(b) 中的小坑为分散相 PS,PVC 与 PS 明显呈现出两相结构,其中 PS 以不规则的椭球状分布于基体材料 PVC 中,分布不均匀,颗粒大小差异较大. c、d 为放大倍数 5000 倍时 PVC/PS 共

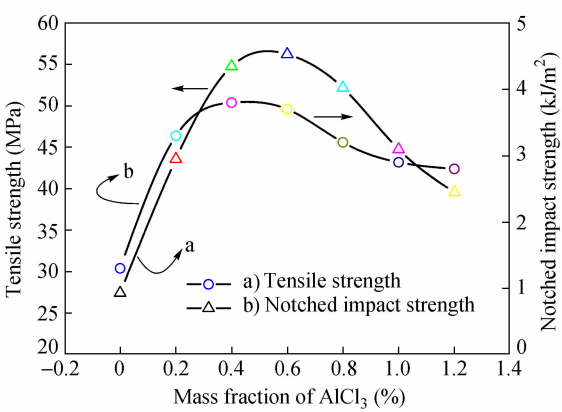


Fig. 6 Effect of AlCl_3 content on mechanical properties of the blends

混物材料液氮脆断面的扫描电镜照片,(d) 中看出 PS 粒子表面清晰光滑,说明 PVC 与 PS 两界面粘结不良,从而使共混材料的力学性能下降,(c) 中虽然大多数 PS 和 PVC 已发生粘结,但仍有少量 PS 颗粒脱落,使得只添加 AlCl_3 无法提高共混物的韧性.

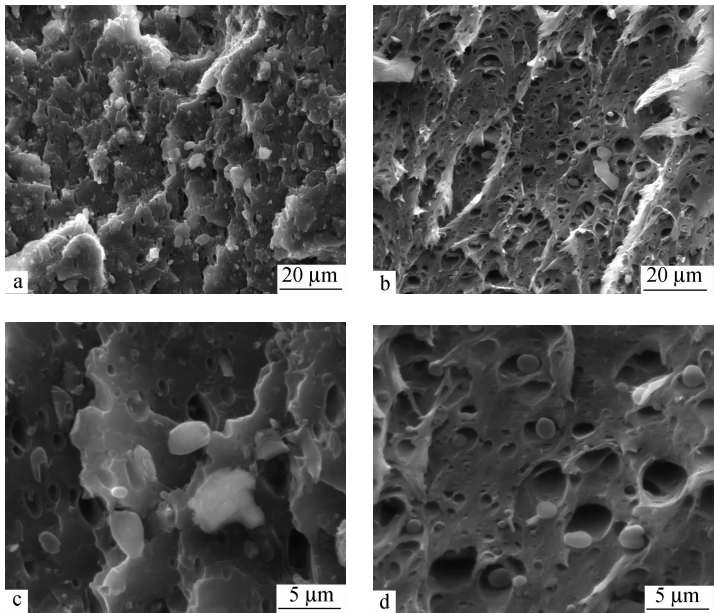


Fig. 7 SEM photographs of the blends of PVC/PS

图 8 为碾磨次数与 PVC/PS 共混物材料拉伸强度、冲击强度的关系曲线.可以看出,随着碾磨次数的增加,材料拉伸强度先增大,后趋于不变.原因是随碾磨次数增加,PS 颗粒逐渐减小,和 PVC 的接触面积逐步增大,发生接枝反应的碳正离子浓度增大,混合均匀度提高,二者更易反应,接枝产物增多,相容性改善.碾磨次数增加到一定

值,粉碎、混合、分散、反应趋于平衡.材料的缺口冲击强度随着碾磨次数增加先保持不变,到达一定的碾磨次数后突然增大,然后又保持不变.原因是刚性粒子只有在颗粒小到一定程度时,才会对基体的韧性有所提高,当碾磨次数达到 15 次时,PS 的颗粒才对 PVC 基体起到了增韧作用,当碾磨次数达到 25 次以上时,PS 的颗粒不再显著减

小,冲击强度不再提高。

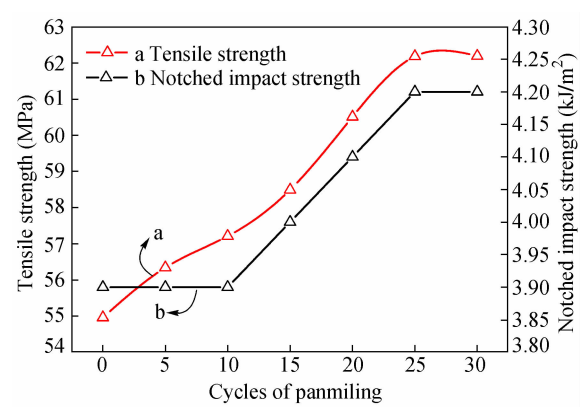


Fig. 8 The influence of milling cycles on mechanical properties of the blends of PVC/PS

为了进一步实现共混物的增强、增韧,我们进行了如下试验.向 PS 质量分数为 6% 混合料中加入一定配比的苯乙烯单体(St),干燥、塑化、粉碎后进行混炼、压片,测试力学性能,结果如图 9 所示。

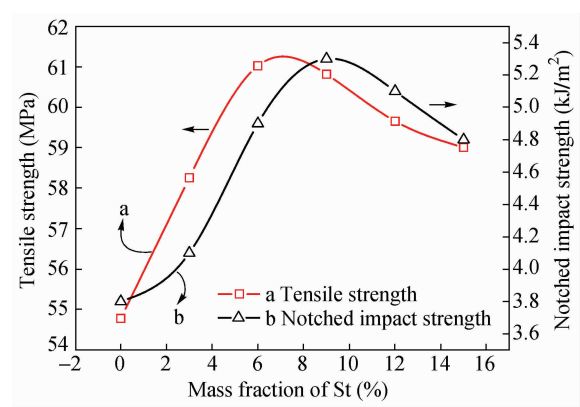


Fig. 9 The influence of St content on mechanical properties of the blends of PVC/PS

图 9 给出了 St 质量分数与共混物力学性能的关系曲线。可以看出,随着 St 用量增加,拉伸强度和缺口冲击强度都呈现出先增长后降低的趋势,其中拉伸强度在 St 质量分数为 6% 时达到最大值 61.03 MPa,缺口冲击强度在 St 质量分数为 9% 时达到最大值 5.3 kJ/m²。原因是,少量苯乙烯(St)单体在 AlCl₃ 的存在下,发生聚合反应形成低聚合度 PS,低聚合度的 PS 与 PVC 发生接枝反应,其产物存在于 PVC、PS 界面上,起到了相容剂的作用,进一步改善了两相界面的相互作用力,其作用如图 10 所示意。当 St 含量超过一定值时,多余的 St 单体与 PVC 发生接枝反应,插在 PVC 分子链之间,起到了增塑剂的作用,使制品变软,拉

伸强度和缺口冲击强度有所下降,其作用如图 11 所示意。

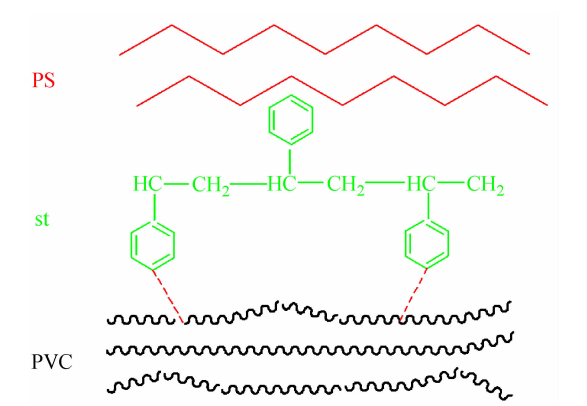


Fig. 10 Compatibilization schematic diagram of St

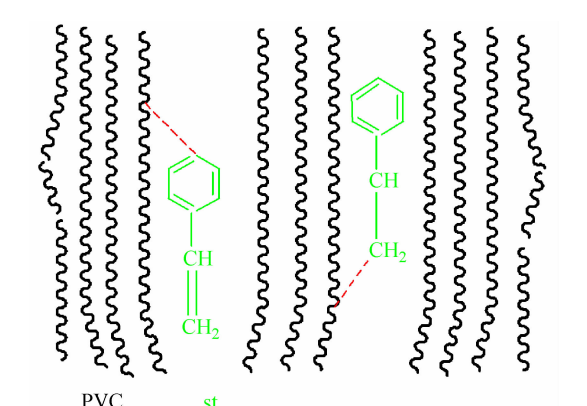


Fig. 11 Plasticization schematic diagram of St

结合 St 用量对 PVC/PS 共混物力学性能的影响,本文推测 St 在 PVC/PS 共混物中起两种作用,少量时主要起增容作用,大量时主要起增塑作用。如图 10 和图 11,少量的 St 在 AlCl₃ 存在下会发生部分聚合,聚合后一端与 PVC 发生接枝反应,一端伸进 PS 相中,与 PS 相互作用,相当于偶联剂的作用将两相连接起来;St 用量增大时,St 单体或 St 均聚体可以通过双键或者苯环与 PVC 接枝,插入 PVC 分子链之间,降低了 PVC 分子间相互作用力,减少了分子间的刚性,起到了增塑剂的作用。

图 12 给出了 PS 质量分数为 6% 时共混物样条液氮脆断面的扫描电镜照片,(a)为不含 AlCl₃ 的,(b)为含 AlCl₃ 的,(c)为含 AlCl₃ 和 St 的。从图中可以看出,不含 AlCl₃ 时,PVC 和 PS 呈明显的两相结构分布,几乎所有的 PS 都从基体 PVC 上脱落下来,留下不规则的、表面清晰的球形孔洞;当加入 AlCl₃ 后,大多数 PS 都留在了基体相 PVC

中,和 PVC 粘接在一起,但能分辨出两相的分布,还有少数 PS 发生脱落,留下大小较为均一的孔洞;当加入 AlCl_3 和 St 后,两相的粘接变得更为紧密,几乎分辨不出两相结构,只有极少数的 PS 发

生脱落,留下均一的微米级孔洞,证明了 St 的加入能进一步改善二者的相容性,使共混物的力学性能得到进一步改善.

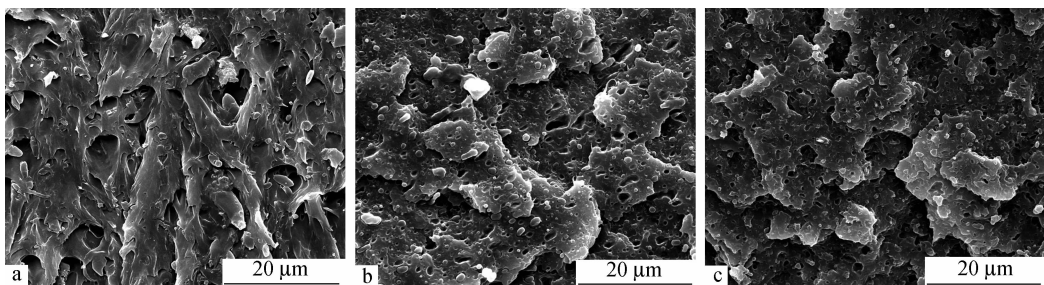


Fig. 12 SEM photographs of the blends of PVC/PS

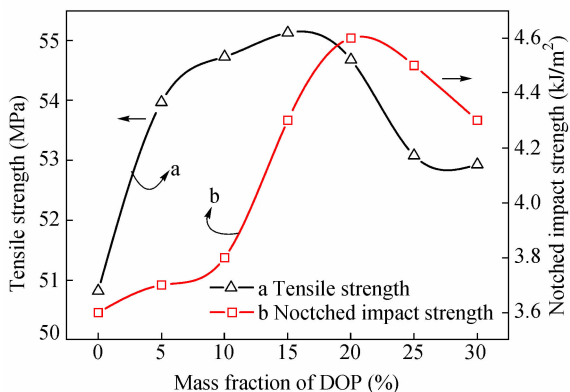


Fig. 13 The influence of DOP content on mechanical properties of the blends

为了验证 St 增容、增塑的机理,本文又以不同用量的增塑剂邻苯二甲酸二辛酯(DOP)对 PVC、PS 进行共混试验,考察了不同用量 DOP 对共混物力学性能的影响,其结果见图 13. 可以看出,随着 DOP 用量的增加,共混物拉伸强度和缺口冲击强度呈现出和 St 相似的变化,在 DOP 含量少于 15% 时,DOP 会与 PVC 发生接枝反应,其产物存在于 PVC、PS 的相界面,对共混物起到了增容作用,当 DOP 用量大于 15% 时,DOP 主要对共混物

起增塑作用,使试片变软,拉伸强度和缺口冲击强度略微下降.

3 结论

(1) 用无水 AlCl_3 作为催化剂,在双棍开炼机上就能很好的使 PVC、PS 发生接枝反应,实现 PVC/PS 的反应性增容,简化了 PVC/PS 共混物材料的制备工艺,不需外加相容剂,就能得到综合力学性能良好的合金材料.

(2) 提高拉伸强度,无水 AlCl_3 的用量为 0.6%,能从纯 PVC 的 49.35 MPa 提高到 56.24 MPa,提高了 14%;仅添加无水 AlCl_3 ,PVC/PS 共混物材料的缺口冲击强度不会提高,反而略有下降,从纯 PVC 的 3.9 kJ/m^2 下降到 PS 质量分数 6% 时的 3.8 kJ/m^2 .

(3) 通过磨盘碾磨、添加 St 和 DOP 的方法,均能使 PVC/PS 共混物材料的缺口冲击强度有所提高. 在优化条件,PS、 AlCl_3 和 St 质量分数分别为 6%、0.6% 和 9% 时,实现了对 PVC 的增强增韧. 拉伸强度由 49.35 MPa 提高到 60.54 MPa,提高了 22.7%;缺口冲击强度达到 5.3 kJ/m^2 ,比 PVC 的 3.9 kJ/m^2 提高了 35.9%.

REFERENCES

- 1 Gao Fengqin(高凤芹),Ning Rongchang(宁荣昌). Plastics Industry(塑料工业),2006,34(5):11~12
- 2 Hidebrand J H,Scott R L. The Solubility of Nonelectrolytes. New York:Reinhold,1950.
- 3 Zhu P P,Yang H Y,Zheng Y M. Eur Polym J,1999,35(5):915~921
- 4 Fayt R,Jerome R,Teyssie P. Polym Sci,Part A:Polym Chem,1989,27:775~782
- 5 Kawahara N,Saito J. Polymer Bulletin,2007,(59):177~183
- 6 Shi Dagang(史大纲),Yao Zihua(姚子华),Ma Xiaoli(马晓莉),Qiu Mande(仇满德). China Plastics(中国塑料),2005,19(2):31~35

- 7 Carrick W L. J Appl Polym Sci,1970,8:215 ~ 223
- 8 Sun Y J,Baker W E. J Appl Polym Sci,1997,65(7):1385 ~ 1393
- 9 Sun Y J,Willemsse R J G,Liu T M,et al. Polymer,1998,39(11):2201 ~ 2208
- 10 Diaz M F,Barbosa S E,Capiati N J. Polymer,2005,46:6096 ~ 6101
- 11 Diaz M F,Barbosa S E,Capiati N J. Polymer,2002,43:4851 ~ 4858
- 12 Diaz M F,Barbosa S E. Polymer,2007,48:1058 ~ 1065
- 13 Gao Ying(高瑛),Yin Jinghua(殷敬华). Appl Chem(应用化学),2002,19(9):822 ~ 826
- 14 Guo Z H,Tong L F,Fang Z P. Polym Inter,2005,54(12):1647 ~ 1652
- 15 Guo Z H,Tong L F,Fang Z P,et al. Polymer Ddegradation and Stability,2007,92:545 ~ 551
- 16 Wang Ya(王亚),Sheng Jing(盛京). Study on in-situ Compatibilized Polypropylene/Polystyren blends Catalyzed by Nonhydrous Aluminium Chloride(无水氯化铝原位催化增容聚丙烯/聚苯乙烯共混物的研究). Doctoral Dissertation of Tianjin University(天津大学博士学位论文),2008
- 17 Xu Jianping(徐建平). Polymer Materials Science & Engineering(高分子材料科学与工程),2002,18(4):77 ~ 80
- 18 Xu Jianping(徐建平),Cheng Minlian(承民联). China Synthetic Resin and Plastics(合成树脂及塑料),2005,22(6):9 ~ 12
- 19 Xu Jianping(徐建平),Chen Jianding(陈建定). Study of Crosslinking and Grafating of EPDM and in situ Compatibilization of PS/PDM Blends in the Presenee of Lewis Acids(路易斯酸作用下 EPDM 交联-接枝行为与 PS/EPDM 原位增容研究). Doctoral Dissertation of East China University of Science and Technology(华东理工大学博士论文),2011
- 20 Chen Hou(陈厚). Polymer Materials-Analysis and Test & Research Method(高分子材料-分析测试与研究方法),2nd ed(第二版). Beijing(北京):Chemical Industry Press(化学工业出版社),2011. 6 ~ 28

STUDY ON REACTIVE COMPATIBILIZATION OF PVC/PS CATALYZED BY ANHYDROUS ALUMINIUM CHLORIDE

Kan-she Li, Hu Huang, Hong-mei Niu

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Polymer Research Institute, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054)

Abstract The reactive *in situ* compatibilization of polyvinyl chloride (PVC) and polystyrene (PS) was realized in melt blending through Friedel-Crafts reaction between PVC and PS with anhydrous aluminium chloride as catalyst. The melting temperature of blending PVC and PS decreased from 160°C to 140°C; Impact toughness of the blends was improved through pre-milling and adding styrene monomer. PVC/PS alloy materials with favorable comprehensive mechanical performance were successfully prepared. The structure and properties of PVC/PS alloy materials were characterized by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), differential scanning calorimetry (DSC), scanning electron microscopy (SEM) and tests of mechanical properties. The results show that the peaks of 1943 cm^{-1} and 838 cm^{-1} in FTIR spectrum proves the substitution for para-position of benzene, the glass-transition temperature of the blend is 89°C between 83°C of PVC and 106°C of PS. SEM photos show interface adhesion of PVC with PS became better and better with addition of anhydrous alluminium chloride and styrene in proper order. When the mass fraction of PS, anhydrous alluminium chloride and styrene is 6%, 0.6% and 9%, strengthening and toughening of PVC were realized, the tensile strength increased from 49.35 MPa to 60.54 MPa, the notched impact strength of the blends material reached 5.3 kJ/m^2 , compare with 3.9 kJ/m^2 of PVC, increased by 35.9%.

Keywords Polyvinyl chloride, Polystyrene, Aluminium chloride, Friedel-Crafts reaction, Reactive *in situ* compatibilization