

交联型 PVC/TPU 轻质材料的制备和表征*

焦 雷 陈 聪 陈 程 郭卫红 汪济奎**

(华东理工大学材料科学与工程学院高分子合金研究室 上海市先进聚合物材料重点实验室
超细材料制备与应用教育部重点实验室 上海 200237)

摘 要 以 PVC、TPU 为主要原料,加入发泡剂 AC,交联剂 DCP,空心玻璃微珠及其他助剂经模压成型制备了 PVC/TPU 轻质材料.通过密度以及机械性能测试研究了 TPU 用量、DCP 用量和空心玻璃微珠含量对 PVC/TPU 轻质材料性能的影响,用红外光谱研究材料基团的变化,通过凝胶含量测试交联体系凝胶量,用 SEM 扫描电镜表征了材料的泡孔形状、尺寸以及排列.聚酯型 TPU 能够提高轻质材料弯曲和冲击强度,TPU 加入 10 份时,共混体系的表观密度最低,为 0.30 g/cm^3 .表观密度随着交联剂 DCP 的添加先降低后增大,红外表征和凝胶含量测试证实轻质材料体系产生了交联结构.空心玻璃微珠的加入,使得 PVC/TPU 轻质材料的表观密度和综合机械性能提高明显,即使加入 20 份空心玻璃微珠密度始终小于 1.0 g/cm^3 .SEM 表明,DCP 的加入使得泡孔更完整且不易破孔,泡孔壁更厚;空心玻璃微珠分布在泡孔壁上,起到引发泡孔和支撑负荷的作用.

关键词 聚氯乙烯,热塑性聚氨酯,交联,发泡

硬质聚氯乙烯(PVC)发泡板材是一种新型轻质材料,广泛用于建材、广告等行业.其质轻、难燃、防水、防腐、绝缘,并且具有良好的隔音、隔热性能.不仅可以像木材一样进行切割、刨、锯、铣、钉加工,而且可以进行焊接等深加工.在环保意识越来越强的今天,开发硬质聚氯乙烯发泡材料意义重大^[1,2].但其硬制品抗冲击性能差,易脆裂,同时增塑剂易迁移,使材料的性能下降.因此对 PVC 材料的增韧一直是开发 PVC 材料的主要方向^[3].对于聚烯烃类聚合物,一般需要使熔融树脂在发泡之前做适当的交联处理,由线型结构转变成体型网状结构,从而调整树脂的黏弹性,以适应发泡要求^[4].另一方面,通过交联工艺还可提高发泡塑料的耐热性和力学性能^[5].对 PVC 进行交联改性是一种提高 PVC 泡沫材料的耐热性、耐溶剂性、抗压缩变形及生产工艺等性能的重要途径^[6].

热塑性聚氨酯(TPU)是类性能极好的弹性体,表现出优良的抗酸碱、耐油、机械性能并且其使用温度范围广,能够作为聚氯乙烯材料的增韧剂或改性剂^[7].热塑性聚氨酯材料还能够同时提高聚氯乙烯材料的加工流动性,起增塑效

果^[3].所以 PVC/TPU 共混材料很大程度上拓宽了聚氯乙烯材料的特性和应用领域,国外研究起步较早^[8],而且已经申请有诸多专利.日本在热塑性聚氨酯材料应用上已初步进行工业化生产.中国的 PVC/TPU 材料还在一个初始阶段,所以对热塑性聚氨酯改性聚氯乙烯的轻质发泡材料的进一步研究具有重要意义.

1 实验部分

1.1 原料与试剂

聚氯乙烯(PVC),SG-5型,四川宜宾天原股份有限公司;热塑性聚氨酯(TPU),E1380A,江苏弘悦科技有限公司;DOP、三盐、二盐、AC、过氧化二异丙苯(DCP)及其它添加剂,市售工业品.空心玻璃微珠,3M 中国有限公司,型号为 VS5500(S38HS)工业级.

1.2 试样制备

称取烘干的 PVC 及增塑剂 DOP、硬脂酸,置于高速混合机中混合均匀,将 TPU 在 80°C 下烘干 8 h,再用双辊塑炼机进行塑炼后待用.将 PVC 在双辊塑炼机上塑化包辊呈透明状后,加入塑炼好的 TPU 混炼均匀,再依次加入发泡剂和其他助

* 第五届海内外中华青年材料科学技术研讨会口头报告;2012-01-04 收稿,2012-02-14 修稿;国家科技支撑计划(项目号 2012BAD32B01,2008BAC46B10)和西南科技大学生物质材料教育部工程研究中心开放基金(基金号 10zxk06)资助项目;** 通讯联系人,E-mail:wang326@ecust.edu.cn
doi:10.3724/SP.J.1105.2012.12001

剂,混炼均匀.放大辊距出片,按模具尺寸裁样.交联发泡工艺是在空气中,交联剂活化温度下,使 PVC/TPU 板材进行交联,交联温度为 160℃,交联时间为 6 min.将片材于平板硫化机上进行模压发泡,发泡温度 180℃,发泡压力 8~10 MPa,发泡时间 10 min.

1.3 密度及力学性能测试

密度按 GB/T 6342-1995 测试;通过 WSM-20KN 型计算机控制电子万能试验机(长春智能试验机研究所),参照 GB/T2568-1995,下压速率为 10 mm/min,进行弯曲强度测试,按 GB/T 528-1998 测试,拉伸速度为 10 mm/min,进行拉伸强度测试.通过 JJ-20 记忆式冲击试验机测试试样的冲击强度.

1.4 红外光谱测试 (FTIR)

采用美国 Nicolet 公司 MAGANA-IR550 型傅立叶红外光谱仪,采用 KBr 涂膜法测试,测定范围 400~4000 cm^{-1} 试样的红外光谱.

1.5 凝胶含量测试

先用分析天平准确称取测试试样,定为初始质量 m_1 ,测试样用铜网打包,再置于分析天平上称量,此时质量为 m_2 .把铜网打包的测试样在四氢呋喃中浸泡 24 h(中间换 2 次溶剂).将浸泡完毕的测试样于通风橱静置,待四氢呋喃挥发掉,再把测试样放置在 65℃ 的真空干燥箱中数小时至重量不再变化,这一质量记为 m_3 .本文凝胶含量的计算公式如下所示:

$$G = [m_1 - (m_2 - m_3)] / m_1 \times 100\%$$

其中, m_1 、 m_2 和 m_3 依次是初始测试样质量、四氢呋喃提取前测试样加铜网质量、四氢呋喃提取且干燥后测试样加铜网质量.

1.6 断面形貌观察 (SEM)

样条液氮脆断后喷金处理,对所得断面用日本电子公司 JSM-6360LV 型扫描电镜进行断面形貌观察,扫描电压 15 kV.

2 结果与讨论

2.1 热塑性聚氨酯含量对轻质材料性能的影响

当 PVC 含量为 100 份, DOP 含量为 15 份,其它助剂为 14 份时,所得轻质材料的密度和弯曲强度、拉伸强度、冲击强度随 TPU 含量的变化关系曲线如图 1 所示.

从图 1 中可看出,随着改性剂 TPU 的加入,轻质发泡材料的表观密度先降低后升高.当

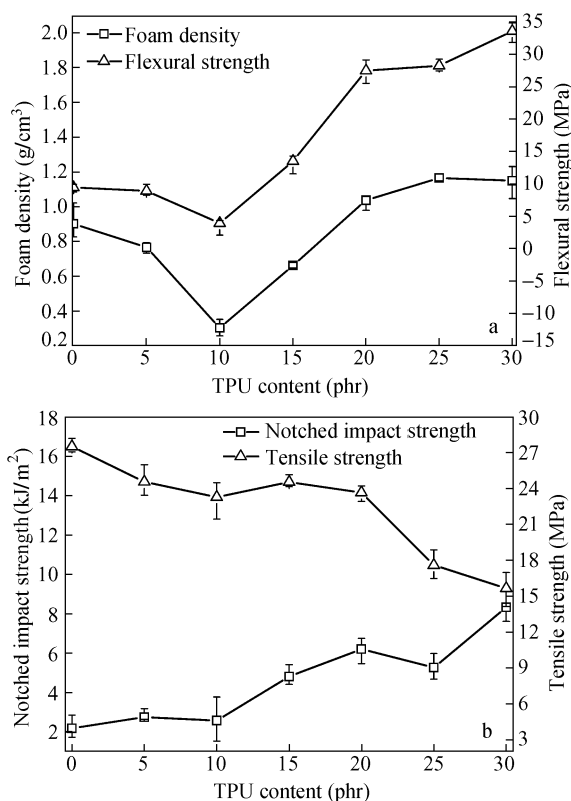


Fig. 1 Effects of TPU content on properties

a) Density and flexural strength; b) Notched impact strength and tensile strength

PVC/TPU = 100/10 时,共混体系的表观最低为 0.30 g/cm^3 .当密度的升高时,轻质材料的弯曲强度,也在逐渐升高,与表观密度的变化基本一致.在适当含量时,共混物的弯曲强度均有明显提高,这是因为尽管共混物的密度较低,由于加入的 TPU 具有较高的强度和韧性,使得弯曲强度能够维持或者升高.但是,TPU 对轻质材料的拉伸强度没有太大的帮助.因此,TPU 含量在 5~20 份之间时,其拉伸强度基本不变;当 TPU 含量较大超过 20 份时,由于工艺上的原因,采用双辊开炼机使得这两组分分散不可能非常均匀,共混物中的 TPU 作为分散相,其粒子变得粗大且分布不均,使得轻质材料的拉伸强度迅速下降.

TPU 弹性体用量增加,PVC/TPU 轻质发泡材料的冲击强度是显著升高的.这可以用橡塑增韧机理解释.为改善材料的冲击韧性,就要有很多剪切带以及银纹吸收能量,所以体系中就要有一定的应力集中能够引发它们;由于实验采用的 TPU 和 PVC 不能够完全相容,其中聚氯乙烯的模量要比聚氨酯弹性体的模量高很多,因此聚氨酯弹性体在此基体中就是应力集中场,起到增韧的效果.

并且 TPU 能够提高硬质聚氯乙烯融熔态的流动性,起到增塑的效果。

随着 TPU 的添加,PVC/TPU 轻质发泡材料的密度先降低后升高,并且材料的弯曲强度等机械性能指标均随表观密度而变化。本文所制造的是硬质 PVC/TPU 轻质材料,密度是一个很重要的考察因素,并且综合考量材料的各项机械性能和聚氨酯弹性体的成本因素,认为 PVC/TPU 配方为 100/10 时材料性能最为优异,轻质材料的密度较低,机械强度适中,并且表现出与 PVC 材料很好的相容性。

2.2 交联剂用量对轻质材料性能的影响

在高温下,纯 PVC 本身的熔体黏度和强度都较低、稳定性差,泡孔易被冲破,所以高温下无交联的 PVC 材料的模压发泡是很困难的^[9]。实验采用 DCP 作为交联剂来改善轻质材料的发泡性能。图 2 显示的是,当 PVC 含量为 100 份,DOP 含量为 15 份,TPU 含量为 10 份,其它助剂为 14 份时,所得轻质材料密度和弯曲强度、拉伸强度、冲击强度随交联剂 DCP 含量的变化关系曲线。

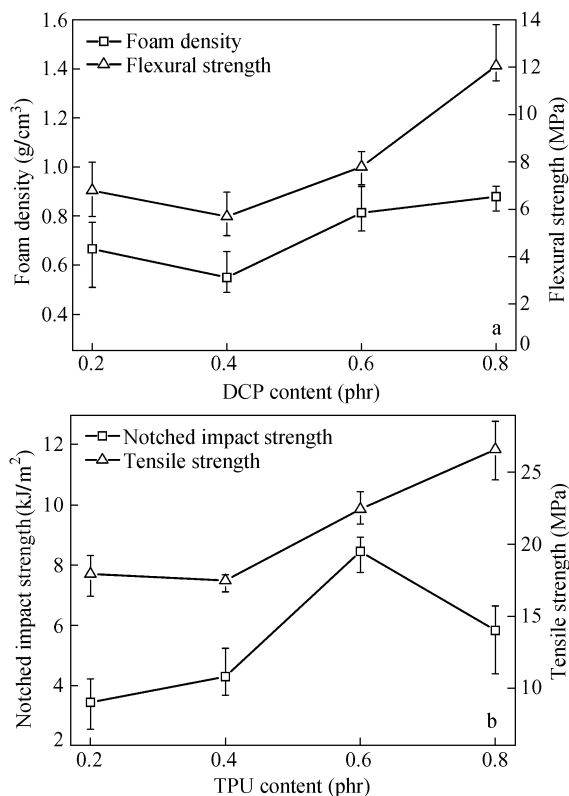


Fig. 2 Effects of DCP content on properties

a) Density and flexural strength; b) Notched impact strength and tensile strength

由图 2 可知,交联剂 DCP 含量升高,轻质材料的密度先降低后升高。加入 0.4 份 DCP 用量

时,轻质材料的表观密度最低,为 0.55 g/cm^3 。这是由于交联剂的存在,会使发泡体系的融熔状态粘度升高,开模时可以很好的锁住气体,降低了泡孔的破孔和坍塌,发泡性能提高,轻质发泡材料的表观密度因此下降。但当交联剂 DCP 用量过大,发泡体系的泡孔数量变大,破孔和坍塌随着增多,材料密度升高。

相比未加入交联剂体系,轻质材料的机械性能明显提高,其中弯曲强度和拉伸强度随着表观密度变化相应的先有所下降,然后再逐渐上升。轻质材料的弯曲强度与表观密度的变化一致,这可能是因为弯曲强度受表观密度影响较大。交联剂对拉伸强度没有明显的影响,其受密度的影响,在含有 0.4 份交联剂时拉伸强度最低,后逐渐升高。而冲击强度在 0.6 份交联剂 DCP 时达到最大值,表现出很好的冲击韧性,由于凝胶含量的升高,交联体系更容易产生银纹和剪切带来吸收冲击能量,因此冲击强度升高。

综上所述,交联剂 DCP 含量为 0.4 份时,材料密度较低为 0.55 g/cm^3 ,此时交联后的 PVC/TPU 材料机械性能优异。故添加 0.4 份交联剂 DCP 最佳。

2.3 空心玻璃微珠用量对轻质材料性能的影响

空心玻璃微珠通常各向同性,呈现形态光滑的球形或椭圆形,整体无凸起部分,所以不会有应力集中的现象;由于滚珠轴承作用,添加空心玻璃微珠,还有利于提高材料的流动性便于成型加工;空心玻璃微珠含有的碱性氧化物能与聚氯乙烯受高温分解放出的 HCl 发生反应,能够同时提高聚氯乙烯材料的热稳定性;在发泡材料中加入空心玻璃微珠,不仅能起到发泡成核剂的作用,由于其内部的空心,能够在不影响发泡密度的情况下提升材料的机械性能^[10]。综上所述的各种空心玻璃微珠的优点,本实验将其添加至硬质 PVC/TPU 轻质材料,研究其对机械性能和泡孔的微观结构的影响。

图 3 显示的是空心玻璃微珠含量对轻质材料密度和机械性能的影响。其 PVC 基料配方为: PVC 树脂 100 份,TPU 10 份,DCP 0.4 份,DOP 15 份,其它助剂 14 份。

从图 3 中可见,随着空心玻璃微珠的加入,在 0 ~ 10 份时对密度影响不大,之后逐渐升高,但都没有超过 1.0 g/cm^3 。这是由于空心玻璃微珠本身为空心结构,内部填充了大量的空气,其表观密度

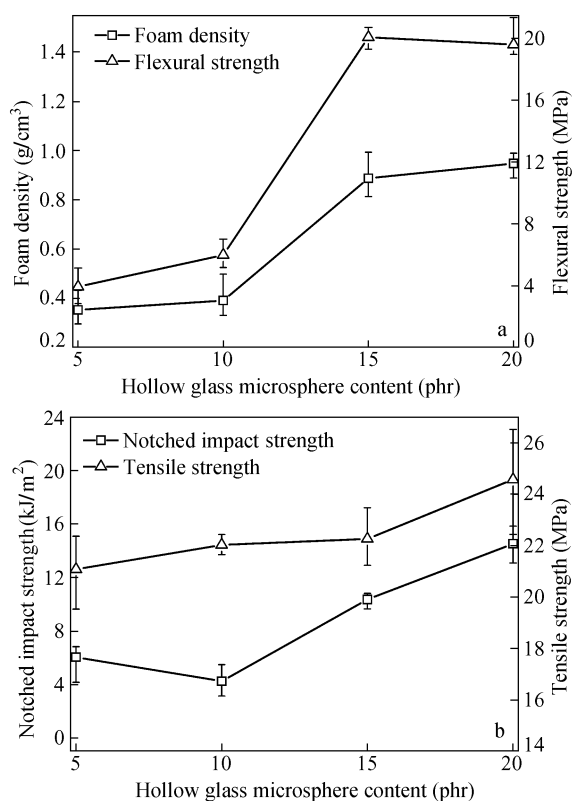


Fig. 3 Effects of glass beads content on properties
a) Density and flexural strength; b) Notched impact strength and tensile strength

只有 0.15 g/cm^3 左右,所以空心玻璃微珠的加入,实际上是在轻质材料体系中引入了大量的空隙,从而保持复合材料的密度较低。

随着体系密度的升高,轻质材料整体的机械性能都在提高。其中,弯曲强度与表观密度呈现出较为一致的变化规律,随着表观密度的升高,弯曲强度逐渐升高,但是当空心玻璃微珠超过 15 份后,弯曲强度变化不明显。冲击强度先降低后升高,含有 10 份空心玻璃微珠时强度最小。空心玻璃微珠对拉伸强度的影响,总体呈现比较缓和的升高趋势。

这主要是因为空心玻璃微珠本身具有一定的强度,对轻质材料能起到增强作用;同时空心玻璃微珠的密度远小于轻质材料,因此小质量分数的空心玻璃微珠在材料当中就占有很大的体积分数,从而加入一定量的空心玻璃微珠,可以填充在发泡材料的孔隙或者泡孔壁上,这些颗粒增强了复合材料的界面,提高了基体的连续性,使支撑负荷的基体增加,也使材料的强度提高。同时,在模压过程中,部分空心玻璃微珠被压碎,产生了高压缩强度的玻璃碎片,在基体中均匀分散,起到了刚

硬支撑的作用,有效地阻止轻质材料塑性变形的发生,增加了材料的强度。

当含有 10 份空心玻璃微珠时,轻质材料的弯曲强度和拉伸强度都相对较高,此时密度仅有 0.39 g/cm^3 ,表现出较高的比强度,因此选用 10 份空心玻璃微珠为最佳。

2.4 PVC/TPU 轻质材料的红外测试

在不同聚合物链段上的化学基团,如果存在相互作用,特定基团峰的位置会因这种相互作用发生位移。相容共混物的这种行为表示两相完全相容,对于不相容体系,由于链段周围无键合作用,峰的位置不发生位移^[11]。

图 4 显示的是 3 种体系的红外谱图。

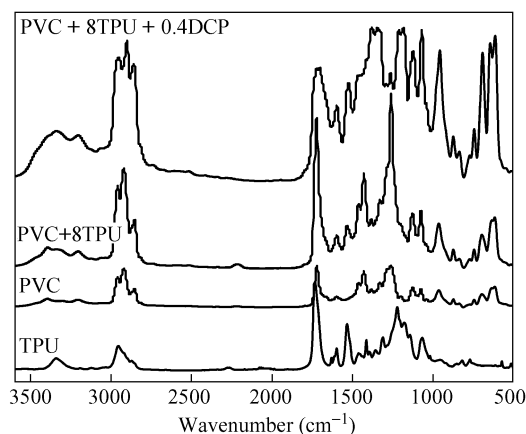


Fig. 4 PVC/TPU lightweight material FTIR

据文献报道,PU/PVC 合金的红外谱图有 2 个明显的吸收区域,即 PVC 中 C—Cl 键的 2 个特征峰 (603 和 637 cm^{-1}) 和 TPU 中—NH— ($3600 \sim 3000 \text{ cm}^{-1}$) 与 >C=O ($1800 \sim 1640 \text{ cm}^{-1}$) 的拉伸振动吸收区域。对于聚酯型聚氨酯,其羰基峰比较复杂。因为它是软段和硬段上的自由羰基 (>C=O)_F 和含氢键的 (>C=O)_B 吸收峰叠加而成。当体系形成氢键时,波带变宽,强度增加,并移向较低的波数。

比较纯 PVC、纯 TPU 和加入了 TPU 的 PVC/TPU 共混体系可以发现, >C=O 的特征峰由纯 TPU 的 1735 cm^{-1} 位移到共混体系的 1724 cm^{-1} 。该图在 1536 cm^{-1} 出现的吸收峰是羰基的伸缩振动峰和—NH—变形振动峰,此时羰基的变化是由于引入了 TPU,可见 TPU 已经加入到了体系中,并表现出与 PVC 有一定的相容性。

再比较交联剂 DCP 加入前后的共混体系。由

该图可知,在共混体系中无论是间同立构的 C—Cl 键,还是全同立构的 C—Cl 键的拉伸振动吸收峰均未发生位移,而谱线的羰基吸收峰明显变宽且增强,其波数从 1724 cm^{-1} 位移至 1700 cm^{-1} 处.在 3390 cm^{-1} 的谱带对应缩合的—(NH)—,这是一—NH 的伸缩振动吸收峰.羰基的伸缩振动峰和—NH—变形振动峰由 1536 cm^{-1} 位移到 1523 cm^{-1} .随着 DCP 的加入,图中 1329 cm^{-1} 处出现对应的 C—N 的振动谱带, 1179 cm^{-1} 处是 C—O 的不对称伸缩振动峰,说明 DCP 分解的过氧自由基能够与 PVC 和 TPU 产生反应.

由图 4 红外光谱有关基团吸收峰的位移证明,试样 PVC/TPU 轻质发泡材料通过—NH—和 >C=O 之间形成的氢键,使共混体系形成了半互穿网络结构,TPU 与 PVC 之间是相容的.

2.5 PVC/TPU 轻质材料的凝胶测试

固定 PVC:TPU 质量比为 100:10,研究 DCP 的加入量对凝胶含量的影响,结果如表 1 所示.

由表 1 可知,凝胶含量随交联剂 DCP 用量的升高而升高,当加入 0.8 份 DCP 时,体系的凝胶

Table 1 Effects of DCP content on gel content

DCP(phr)	Content of the gel (180°C , 10 min) (%)
0 DCP	0.3 ± 0.1
0.2DCP	10.5 ± 0.5
0.4DCP	23.3 ± 0.6
0.6DCP	33.2 ± 1.1
0.8DCP	55.3 ± 2.4

含量最大,为 55.3%.原因是当交联剂用量不大时,很难引发聚氯乙烯或者是聚氨酯弹性体得到多的自由基,致使体系很难有效地交联,所以凝胶量比较低;随着交联剂用量的上升,凝胶含量开始升高,当交联剂的用量上升到一定值时,PVC/TPU 轻质材料的交联度最优,凝胶含量最大.

2.6 PVC/TPU 轻质材料断面的 SEM 观察

图 5 是分别含有 10 份和 20 份聚氨酯弹性体的 PVC/TPU 轻质材料断面电镜照片,其 PVC 基料配方为 PVC 树脂 100 份,DOP 15 份,其它助剂 14 份.

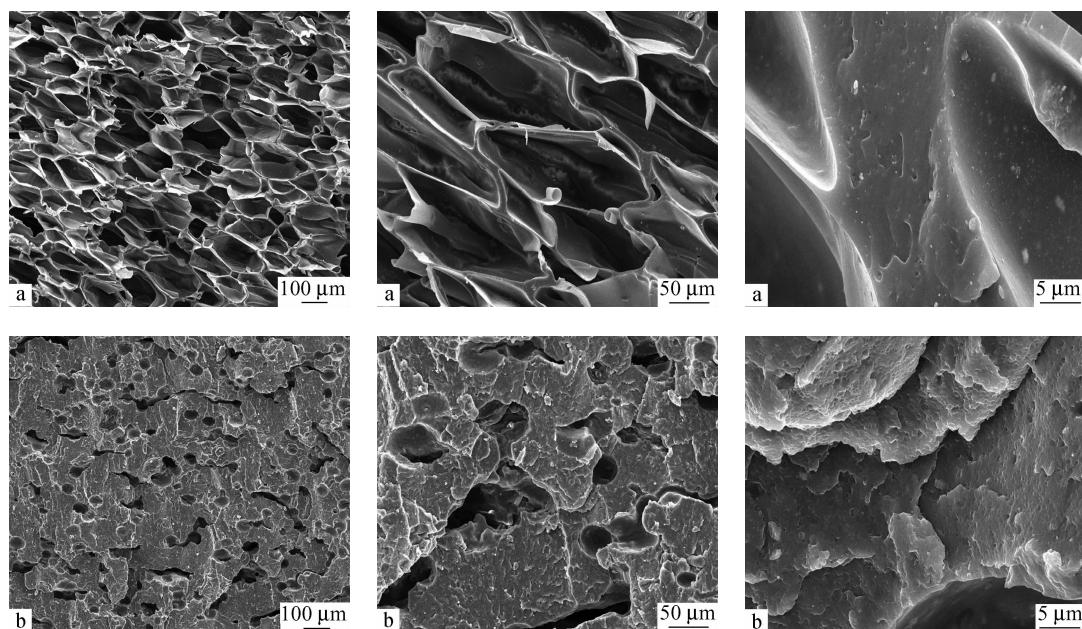


Fig. 5 SEM photos under different magnifications of PVC/TPU lightweight material: (a) PVC/TPU = 100/10 and (b) PVC/TPU = 100/20

从图 5 可以看出,当 TPU 用量为 10 份时,PVC 与 TPU 能够很好的混合并且具有较好的熔体强度,使得泡孔自由长大,生长时泡孔彼此独立并无干扰.此时,得到了微观结构优异的闭孔 PVC/TPU 轻质发泡材料,泡孔充分生长并最终形成多边形结构,泡孔尺寸相近,泡孔壁薄而光滑结构稳定,泡沫材料的表观密度适中.而当 TPU 用

量增加到 20 份时,两相的相容性降低,体系的熔体强度降低,不能够很好的包住气泡,表现为较小和相对较少的泡孔结构,表观密度因此升高.

通过机械强度和 SEM 照片可知,AC 发泡剂用量为 4 份,PVC/TPU 配方为 100/10 份时能够得到泡孔结构良好,表观密度适中的轻质发泡材料.

图 6 是加入交联剂 DCP 前后 PVC/TPU 体系断面电镜照片,其 PVC 基料配方为 PVC 树脂 100 份,TPU 10 份,DOP 15 份,其它助剂 14 份.

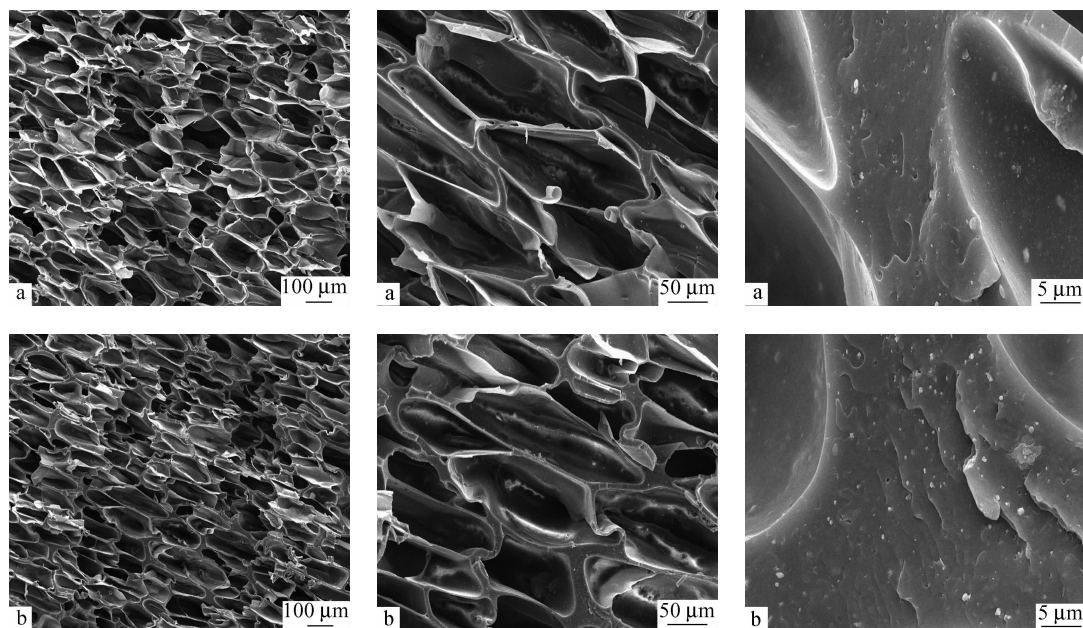


Fig. 6 SEM photos under different magnifications of PVC/TPU and PVC/TPU/DCP lightweight material; (a) PVC/TPU = 100/10 and (b) PVC/TPU/DCP = 100/10/0.4

从图 6 可以看出,加入 DCP 前后所发泡孔均为闭孔结构.未加入交联剂 DCP 时,泡孔的结构和尺寸不坚固和稳定,在 SEM 图(a)放大 300 倍来看,所发泡孔形状呈多边形,泡孔壁的厚度不定;此时泡孔直径约为 $100 \sim 150 \mu\text{m}$,泡孔壁厚约为 $10 \sim 15 \mu\text{m}$.当加入 0.4 份的交联剂 DCP 时,轻质材料密度较低,泡孔尺寸均匀并且在基体中没有明显的破孔和坍塌的现象,结构较为优异,发泡性能得到改善;此时泡孔直径约为 $150 \sim 200 \mu\text{m}$,泡孔壁厚约为 $20 \mu\text{m}$,均略大于未加交联剂 DCP 的材料,说明交联剂 DCP 的加入能够提高熔体强度,保证生成的气体在泡孔中进一步的长大.当交联剂 DCP 用量为 0.4 份时,发泡材料交联密度合适,能够保障气体在泡孔中的长大和分散,所以 0.4 份时泡孔的密度及尺寸均较好.可见,交联剂 DCP 的加入使得共混物的熔体强度提高,共混物能够承受更大的发泡气体压力,在模压发泡的过程中形成的泡孔更完整不易破孔,泡孔壁更厚.这样也有利于发泡体系在冲击等外力作用下传递应力,消耗能量,从而也能在密度较低的情况下保证一定的力学性能.

图 7 是不同用量空心玻璃微珠的 PVC/TPU 轻质发泡材料的扫描电镜图片.其 PVC 基料配方

为 PVC 树脂 100 份,TPU 10 份,DOP 15 份,其它助剂 16 份.

观察可知,加入 15 份空心玻璃微珠时,即使放大 1000 倍也已经很难在图片中看到发泡产生的泡孔,而含有 5 份或 10 份空心玻璃微珠的轻质发泡材料的泡孔明显,相对较均匀和细小.这是因为,如果空心玻璃微珠用量适合,PVC/TPU 轻质材料的熔体黏度呈倍数升高,材料更容易生成气泡且聚集在空心玻璃微珠附近,因此材料的表观密度下降.从含有 10 份玻璃微珠的(b)图中可以看出,空心玻璃微珠附着在泡孔壁的上部,能够作为发泡的成核剂即能使气泡在其附近聚集发起.

通过图 7 的 SEM 照片也可以证实,空心玻璃微珠含量为 5 份或 10 份时,轻质材料密度最小.比较(a),(b)两图,即含有 5 份和 10 份空心玻璃微珠的 SEM 图片;5 份时,破孔和坍塌较多,泡孔相对巨大,泡孔壁很厚,其泡孔尺寸不均,在 $150 \sim 300 \mu\text{m}$ 之间,泡孔壁厚约为 $11 \mu\text{m}$;加入 10 份时,泡孔较为完整,破孔和坍塌几乎没有,分布均匀,其泡孔尺寸平均为 $120 \mu\text{m}$,泡孔壁为 $5 \mu\text{m}$ 左右.从宏观上,5 份和 10 份空心玻璃微珠的表观密度分别为 0.35 g/cm^3 和 0.39 g/cm^3 ,密度都相对较小.

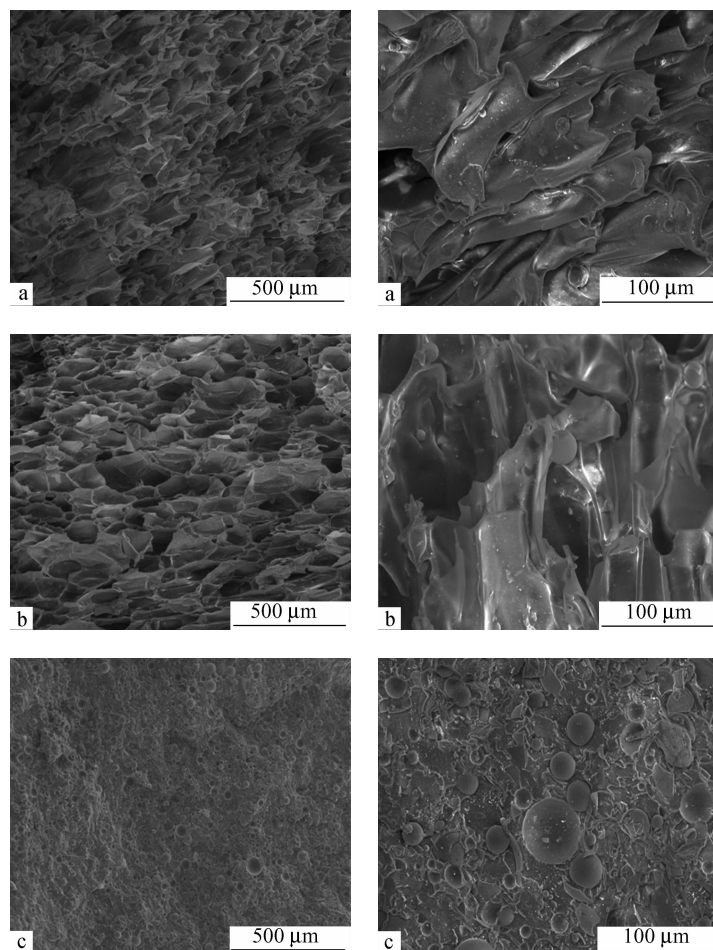


Fig. 7 SEM photos of PVC/TPU lightweight material: (a) 5 phr glass beans, (b) 10 phr glass beans and (c) 15 phr glass beans

3 结论

(1) 聚酯型 TPU 可以提高硬质 PVC 的弯曲强度和冲击强度. 当 PVC/TPU = 100/10 时, 共混体系的密度最低, 为 0.30 g/cm^3 .

(2) 随着交联剂 DCP 的加入, 轻质材料的密度先降低后升高, 其拉伸强度逐渐升高. 经红外表征和凝胶含量测试证实, DCP 的加入使得 PVC 与 TPU 进一步反应.

(3) 空心玻璃微珠的加入, 使得 PVC/TPU 轻

质材料的表观密度和综合机械性能提高明显, 即使加入 20 份空心玻璃微珠密度始终小于 1.0 g/cm^3 .

(4) SEM 观察的结果表明, 少量交联剂的加入使得共混物的熔体强度提高, 形成的泡孔更完整, 泡孔壁更厚. 这样有利于体系在冲击等外力作用下传递应力, 消耗能量, 从而保证一定的力学强度. 空心玻璃微珠分布在泡孔壁上, 起到引发泡孔和支撑负荷的作用.

REFERENCES

- 1 Jia Xiaobo(贾小波), Gui Junjie(桂俊杰), Li Jing(李静). China Synthetic Resin and Plastics (合成树脂及塑料), 2008, 25(5): 18 ~ 20
- 2 Xu Zhong(许忠). Guangdong Chemical Industry(广东化工), 2003, 30(2): 24 ~ 26, 29
- 3 Xu Jingli(徐进礼), Dong Li(董理). Modern Plastics Processing and Applications(现代塑料加工应用), 1998, 10(6): 10 ~ 14
- 4 Yang Shujing(杨淑静). Study on the Preparation of High-melt-strength PP by Reactive Extrusion Method(反应挤出法制备发泡用高熔体强度聚丙烯的研究). Doctoral Dissertation of Beijing University of Chemical Technology(北京化工大学博士学位论文), 2006
- 5 Wang Xiangdong(王向东), Liu Bengang(刘本刚), Chen Shihong(陈士宏), Zhang Yuxia(张玉霞), Du Zhongjie(杜中杰), Li Hangquan(励杭泉). China Plastics(中国塑料), 2006, 20(11): 76 ~ 81
- 6 Wei Yifeng(魏一峰), Chen Qiaofang(陈巧芳). Plastics Processing and Applications(塑料加工与应用), 1992, (2): 8 ~ 10

- 7 Rogulska M, Anna K. Eur Polym J, 2007, 43: 14 ~ 22
- 8 Pita V J R R, Sampaio E E M, Monteiro E E C. Polym Test, 2002, 21: 545 ~ 550
- 9 Kong Zhan(孔展), Zhang Wei-qin(张卫勤), Lu Cheng(芦成). Plastics(塑料), 2006, 35(6): 31 ~ 35
- 10 Qi Huan(戚欢), Wang Yan(汪艳), Chen Kang(陈康), Wei Yuansheng(魏元生). China Plastics Industry(塑料工业), 2008, 36(11): 52 ~ 54
- 11 Chen Yifang(陈义芳), Gu Wenjie(顾文结). Polyurethane Industry(聚氨酯工业), 1993, (3): 11 ~ 15

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CROSS-LINKED PVC/TPU LIGHTWEIGHT MATERIALS

Lei Jiao, Cong Chen, Cheng Chen, Wei-hong Guo, Ji-kui Wang

(Polymer Alloy Laboratory Shanghai Key Laboratory of Advanced Polymeric Materials, Key Laboratory for Ultrafine
Materials of Ministry of Education, School of Materials Science and Engineering,
East China University of Science and Technology, Shanghai 200237)

Abstract A lightweight material based on PVC/TPU blend was studied, which was prepared by incorporation of DCP as cross-linking agent, AC forming agent, hollow glass microsphere and other accessory ingredients *via* melt blending, and foam materials were prepared *via* molding method. The effects of the composition ratio of PVC/TPU, DCP content and hollow glass microsphere content on the properties of PVC/TPU lightweight materials were investigated by the density, impact, tensile and flexible test. FTIR analysis showed that groups of materials were changed in modified material. Bubble quality, size and the topology were studied by SEM. Polyester TPU modified the impact and flexible strength, the lowest density was 0.30 g/cm^3 , as TPU content was 10 phr. With addition of DCP content the lightweight material density declined first and then increased. The results observed by FTIR and gel content test indicated that cross-linking network formed in PVC/TPU lightweight materials. Addition of hollow glass microspheres made the density and mechanical properties of PVC/TPU light material improved obviously, but density was still less than 1.0 g/cm^3 . SEM showed that the bubbles were intact, hardly be broken and bubble walls were thickened with addition of DCP. Hollow glass microspheres were distributed in the bubble wall, which could cause foam and support more strength.

Keywords PVC, TPU, Cross-linking, Foaming