

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.06.004

PPS/PEEK 共混物的超临界 CO₂ 微孔发泡研究

马忠雷,张广成,杨全,李建通,范晓龙

(西北工业大学理学院应用化学系,西安 710072)

摘要:以超临界 CO₂ 为物理发泡剂通过固态间歇发泡法制备了不同共混比例的聚苯硫醚/聚醚醚酮(PPS/PEEK)微孔材料。采用差示扫描量热法探讨了 PPS/PEEK 共混物的热性能,通过扫描电子显微镜观察分析了共混组成和饱和压力对微孔材料泡孔结构与分布的影响规律,并对微孔材料的冲击强度、介电常数和动态力学性能进行了研究。结果表明,共混使 PPS 相和 PEEK 相的结晶度增大,共混物中的气体饱和浓度随着 PEEK 组分含量的增加而增大。与纯 PPS 和 PEEK 相比,共混物中形成致密的多级泡孔结构。饱和压力越大则微孔材料的泡孔密度越大,且泡孔尺寸越小。微孔发泡使 PPS/PEEK 共混物的冲击强度增大,介电常数和储能模量降低。

关键词: PPS/PEEK 共混物;共混组成;微孔发泡;微观结构;性能

中图分类号: TQ328.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)06-0016-06

Study on Microcellular Foaming of Poly(phenylene sulfide)/Poly(ether ether ketone) Blends Using Supercritical Carbon Dioxide

Ma Zhonglei, Zhang Guangcheng, Yang Quan, Li Jiantong, Fan Xiaolong

(Department of Applied Chemistry, School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Microcellular foams from polyphenylene sulfide/poly(ether-ether-ketone) (PPS/PEEK) blends with various blend ratios using the solid-state batch foaming technique with supercritical CO₂ as a physical-blowing agent. The thermal properties were discussed by using differential scanning calorimetry, and the effects of blend composition and saturation pressure on the cellular structure and distribution were analyzed with the graphs observed by scanning electronic microscopy. The impact strength, dielectric constant and dynamic mechanical properties of the microcellular foams were also investigated. The results show that blending increase the crystallinities of PPS and PEEK phases. The gas concentration in the PPS/PEEK blends increases with the improved PEEK content. Compared with pure PPS and PEEK, the PPS/PEEK blends exhibit hierarchical cellular structures. The cell density increases and the cell size decreases with the increasing saturation pressure. Microcellular foaming improves the impact strength, and decreases the dielectric constant and storage modulus of PPS/PEEK blends.

Keywords: PPS/PEEK blends; blend composition; microcellular foaming; microstructure; property

聚合物微孔材料具有冲击强度高、疲劳寿命长、比强度高、导热率和介电常数低等优异性能^[1-3],在航空航天、汽车工业、绝缘材料、微电子封装和软性电路板等高新技术领域具有广阔的应用前景^[4-7]。目前对微孔聚合物的研究主要集中于通用聚合物,缺乏高性能聚合物及其共混物的微孔发泡研究^[8-10]。聚苯硫醚/聚醚醚酮(PPS/PEEK)共混物是一种耐热、耐腐蚀、高力学性能等综合性能十分优异的共混材料,PPS 能够提供熔体流动性、耐化学腐蚀性、阻燃性、介电性能和成型精密性^[11-12],而 PEEK 提供耐热性、冲击韧性和耐辐射性^[13]。采用超临界 CO₂ 制备 PPS/PEEK 共混物微孔材料,能够进一步减轻结构质量、提高冲击韧性、减小介电常数和介电损耗,也对多相/多组分结晶型聚合物共混物的微

孔发泡具有重要的理论意义。

笔者采用超临界 CO₂ 通过固态间歇发泡法制备 PPS/PEEK 共混物微孔材料,对 PPS/PEEK 共混物的微观相态结构和热性能进行了考察,研究了共混组成和饱和压力对 PPS/PEEK 共混物气体传质及微孔发泡行为的影响,并对微孔材料的冲击性能、介电性能和动态力学性能进行了探讨。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PPS 粒料: HB-1,四川得阳化学有限公司;

PEEK 粒料: 021G,长春吉大特塑工程研究有

联系人: 张广成,教授,博士生导师,主要从事高性能泡沫塑料的制备及应用研究、树脂基复合材料的结构与性能研究和工程塑料的改性研究

收稿日期: 2015-04-10

限公司;

CO₂(纯度为 99.99%): 西安长特气体有限责任公司。

1.2 主要设备与仪器

双螺杆挤出机: SHJ-95 型, 兰泰塑料机械有限责任公司;

转矩流变仪-单螺杆挤出机: HAAKE PolyLab OS 型, 赛默飞世尔科技有限公司;

永磁旋转搅拌高压釜: FYXD 型, 大连通产高压釜容器制造有限公司;

超临界流体泵: S10SNXP1 型, 美国科学仪器公司;

恒温加热磁力搅拌器: DF-101S 型, 郑州长城科工贸有限公司;

扫描电子显微镜 (SEM): VEGA 3 LMH 型, 捷克 TESCAN 公司;

差示扫描量热 (DSC) 仪: DSC1 型, 瑞士 Mettler-Toledo 公司;

冲击试验机: QLB 200 × 200 × 1 型, 深圳新三思材料检测有限公司;

动态力学分析 (DMA) 仪: Q800 型, 美国 TA 公司;

介电常数测量仪: AS2853A 型, 上海爱仪电子设备有限公司。

1.3 试样制备

首先将 PPS 和 PEEK 粒料在 100℃ 真空烘箱中干燥 4 h, 通过双螺杆挤出机熔融共混并挤出造粒, 干燥后利用转矩流变仪-单螺杆挤出机熔融挤出并在冷水中冷却, 得到厚约 1.5 mm 的 PPS/PEEK 共混物片材。PPS/PEEK 共混物的 5 种质量比分别为 10:0, 8:2, 5:5, 2:8 和 0:10, 加工温度分别为 310, 325, 340, 360℃ 和 380℃, 分别标记为 1[#], 2[#], 3[#], 4[#], 5[#]。将片材切为 60 mm × 30 mm 的试样, 并称量。

然后将不同配比的 PPS/PEEK 片材置于高压釜内, 通入少量 CO₂ 气体将釜内的空气排除干净。升温至预定饱和温度 45℃, 通过超临界流体泵向高压釜内通入 CO₂ 气体至预定饱和压力 (8~16 MPa), 然后恒温恒压保持至少 9 h 使试样达到完全饱和。快速卸压, 控制卸压时间小于 30 s, 迅速取出试样并在分析天平上称重。

最后将饱和后的试样快速转移到温度恒定在发泡温度的硅油浴中, 微孔发泡一定时间后取出试

样, 放于乙醇/水溶液中清洗掉试样表面的硅油, 干燥后得到 PPS/PEEK 共混物微孔材料。

1.4 性能测试

(1) 微观结构。

将 PPS/PEEK 微孔材料在液氮中冷却并脆断, 在断口表面喷金, 采用 SEM 观察微孔材料的泡孔结构。使用 Image-Pro Plus 对泡孔结构进行分析统计, 得到泡孔尺寸与分布、泡孔密度等参数。泡孔密度 N_f 为每立方厘米微孔材料内泡孔数, 表示如下^[14]:

$$N_f = \left[\frac{nM^2}{A} \right]^{3/2} \quad (1)$$

其中: n 为 SEM 图像中的泡孔个数, M 为放大倍数, A 为 SEM 图像的面积。

(2) 相对密度。

微孔材料的质量密度 ρ_f 通过 ASTM D792-2008 标准规定的 Archimedes 排水法测量。相对密度 ρ_r 为微孔发泡试样的质量密度 ρ_f 与未发泡试样的质量密度 ρ_p 之比。

(3) DSC 表征。

使用 DSC 对未发泡和微孔发泡 PPS/PEEK 共混物的热性能进行测量。测试温度范围为 25~360℃, 升温速率为 10℃/min。PPS 相和 PEEK 相的结晶度计算公式如下:

$$X_c = \frac{\Delta H_f - \Delta H_c}{\Delta H_0 \cdot W} \times 100\% \quad (2)$$

其中: ΔH_c 和 ΔH_f 分别为冷结晶热焓和表观熔融热焓, ΔH_0 为每克完全结晶 PPS 和 PEEK 的熔融热焓, 分别为 80.75 J/g^[15] 和 130 J/g^[16], W 为 PPS 和 PEEK 在共混物中所占的质量分数。

(4) 冲击性能。

根据 GB/T 1043-2008 测试未发泡和微孔发泡 PPS/PEEK 共混物的简支梁缺口冲击强度。

(5) 介电性能。

使用介电常数测量仪对直径 30 mm、厚度 1 mm 的 PPS/PEEK 圆片进行测试, 相同试样测量多次取平均值, 并按照下式计算介电常数:

$$\epsilon' = \frac{D_2}{D_4} \quad (3)$$

其中: D_2 为试样厚度, 由平板电容器二级片夹住试样时刻度值 D_1 与平板电容器二级片相接时刻度值 D_0 相减得到; D_4 为调节平板电容器使 Q 表第三次谐振后, 测微杆上刻度值 D_3 与 D_0 的差值。

(6) DMA 分析。

将试样裁成尺寸为 45 mm × 5 mm 的矩形试

样,采用拉伸模式测定。测试温度为 30~250℃,升温速率为 5℃/min,频率为 1 Hz。

2 结果与讨论

2.1 PPS/PEEK 共混物的热性能

图 1 为不同比例 PPS/PEEK 共混物的升温 DSC 曲线,计算得到共混物的特征温度和结晶度 (X_c) 见表 1。

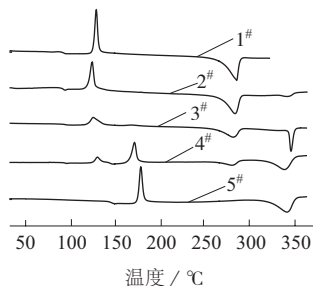


图 1 不同比例 PPS/PEEK 共混物的 DSC 曲线

表 1 不同比例 PPS/PEEK 共混物的特征温度和结晶度

试样 编号	$T_g / ^\circ\text{C}$		$T_c / ^\circ\text{C}$		$T_m / ^\circ\text{C}$		$X_c / \%$	
	PPS	PEEK	PPS	PEEK	PPS	PEEK	PPS	PEEK
1 [#]	88.9	/	125.8	/	282.3	/	17.1	/
2 [#]	89.7	/	122.2	/	280.6	338.7	20.6	24.1
3 [#]	91.1	/	122.5	165.0	278.6	342.9	21.5	26.1
4 [#]	91.1	140.1	127.1	168.3	277	335.7	23.9	13.9
5 [#]	/	140.7	/	175.6	/	338.5	/	10.0

可以发现,纯 PPS 的玻璃化转变温度 (T_g) 为 88.9℃,而纯 PEEK 的 T_g 为 140.7℃,共混后 PPS 组分的 T_g 向高温方向移动,PEEK 组分的 T_g 向低温方向移动,表明 PPS 与 PEEK 之间具有一定的相容性,PPS/PEEK 共混物为部分相容体系。随着 PEEK 组分含量逐渐增大,PPS 组分的冷结晶温度 (T_c) 先降低后升高。当共混比例为 8 : 2 和 5 : 5 时,少量 PEEK 的存在有利于促进 PPS 发生冷结晶。当共混比例为 2 : 8 时,PPS 组分少且连续性被破坏,故冷结晶温度较高,但是 PPS 相的存在能够促进 PEEK 相发生冷结晶,与纯 PEEK 相比冷结晶温度降低。随着共混材料中的 PEEK 的增加,共混物中 PPS 组分的结晶度逐渐增加,而 PEEK 的结晶度随着 PPS 组分的增大则是先增大后减小。当 PPS 组分的质量分数为 50% 时 PEEK 组分的结晶度达到最大 26.1%,且 PEEK 组分具有较窄的熔融峰和较高的熔融温度 (T_m) 342.9℃,表明 3[#] 试样 PPS/PEEK(5 : 5) 中的晶体结构更加完善。共混物中的结晶度大小将会对 PPS/PEEK 共混物的气体传质和微孔发泡行为产生影响。

2.2 PPS/PEEK 共混物中的 CO₂ 浓度

将 PPS/PEEK 共混物分别在 8,12,16,

20 MPa 压力下饱和 9 h 达到完全饱和,饱和温度均为 45℃。图 2 为不同饱和压力下 CO₂ 在不同比例 PPS/PEEK 共混物中的气体浓度,气体浓度用吸收的 CO₂ 在原聚合物中所占的百分比来表示。由图 2 可见,PPS 中的气体饱和浓度较低,20 MPa 下气体浓度为 3.76%,而 PEEK 中的气体饱和浓度较高,20 MPa 下气体浓度为 7.20%,这是由于 PEEK 中的给电子基团醚键和羰基对 CO₂ 分子具有更强的吸引力。在一定压力下,共混物中的气体饱和浓度随着 PEEK 组分含量的增大而增大。当 PEEK 含量低于 50% 时,气体浓度随 PEEK 含量的变化较慢,分析原因为此时 PEEK 组分的结晶度较高,因此阻碍了 CO₂ 气体的扩散。当 PEEK 较高 (>50%) 时,PEEK 组分的结晶度较低,因此气体含量随 PEEK 含量的增大而显著增大。随着饱和压力增大,纯 PPS、纯 PEEK 和 PPS/PEEK 共混物中的 CO₂ 气体浓度均逐渐增大。

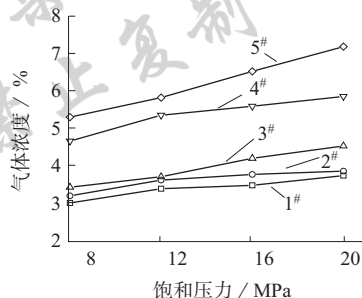


图 2 不同饱和压力下 CO₂ 在 PPS/PEEK 共混物中的气体浓度

2.3 PPS/PEEK 微孔材料的泡孔结构

(1) 共混组成的影响。

饱和阶段的压力为 12 MPa 时,不同配比的 PPS/PEEK 共混物在 260℃ 温度下发泡 5 s,所得微孔材料的泡孔结构见图 3。从图 3 可以发现,纯 PPS 和 PEEK 微孔材料的泡孔结构分布较为均一。纯 PPS 具有较高的发泡程度 (相对密度为 0.47),平均泡孔直径为 8.74 μm,泡孔密度为 2.11×10^9 个/cm³;而纯 PEEK 的发泡程度较低 (相对密度为 0.59),平均泡孔直径为 4.93 μm,泡孔密度为 3.90×10^9 个/cm³,且泡壁较厚。这是由于 PEEK 中的气体浓度较高,根据经典成核理论更容易得到较高的泡孔密度,但由于 PEEK 在发泡时基体强度较大限制了泡孔的生长,因此泡孔尺寸小且相对密度高。

将 PPS 和 PEEK 共混后,微孔材料中的泡孔尺寸变得不均匀,微观结构为同时包含不同泡孔尺寸的多级泡孔结构。2[#] 试样 PPS/PEEK(8 : 2) 微孔

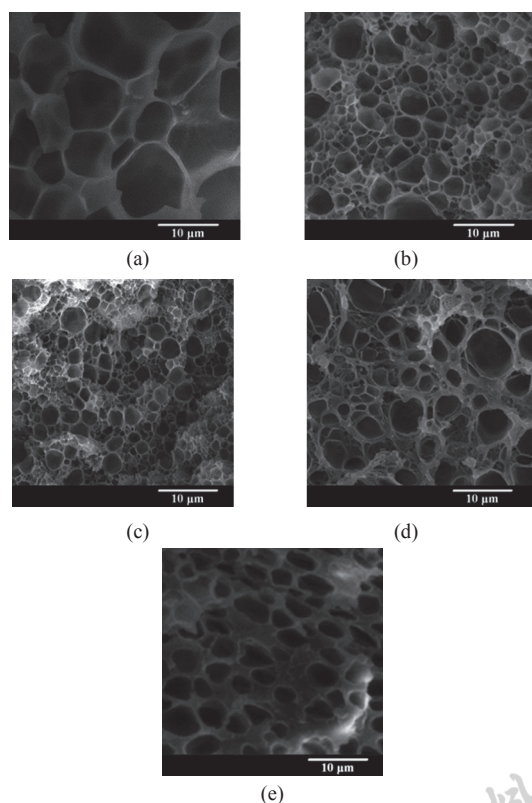
a—1[#]; b—2[#]; c—3[#]; d—4[#]; e—5[#]

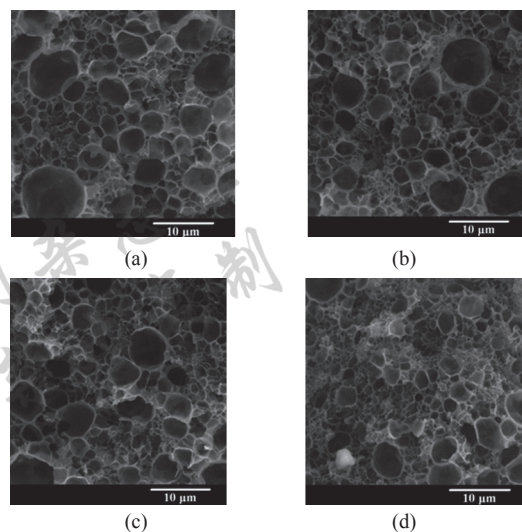
图3 共混组成对 PPS/PEEK 微孔材料泡孔结构的影响

材料的平均泡孔直径在 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 之间,泡孔密度为 $1.12 \times 10^{11} \text{ 个}/\text{cm}^3$,比纯 PPS 和 PEEK 的泡孔尺寸更小、泡孔密度更大。PPS/PEEK(5:5) 微孔材料的平均泡孔直径最小在 $0.25 \sim 3 \mu\text{m}$ 之间,泡孔密度最大为 $1.68 \times 10^{11} \text{ 个}/\text{cm}^3$ 。共混物中更加致密的多级泡孔结构的形成原因主要有如下几个方面:(1) 将 PPS 和 PEEK 共混后聚合物的微观相态发生变化,分散相粒子、两相间的界面均可以作为异相成核点,从而诱导形成更大的泡孔密度,PPS 相、PEEK 相及相界面不同的发泡行为导致不同尺寸的泡孔结构;(2) 将 PPS 和 PEEK 共混后材料中的结晶度增大,晶体结构也能够作为异相成核点促进泡孔成核,使泡孔密度增大,而无定形区主要发生均相泡孔成核,导致材料中形成多级泡孔结构;(3) CO₂ 在 PPS 相和 PEEK 相中的扩散速率和溶解度不同,导致不同相中形成不同的过饱和度,因此对泡孔成核与生长造成影响。

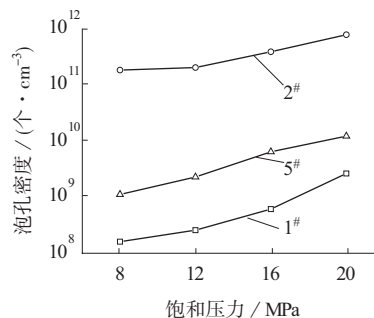
(2) 饱和压力的影响。

为研究饱和压力对 PPS/PEEK 共混物微孔发泡行为的影响,选择纯 PPS、2[#] 试样 PPS/PEEK(8:2) 在不同压力下完全饱和,并在高温硅油浴中发泡 5 s,发泡温度为 200°C 。图 4 为 PPS/

PEEK(8:2) 微孔材料的泡孔结构 SEM 图,可以看出所制得微孔材料的泡孔尺寸均随着饱和压力增大而呈减小趋势。图 5 为饱和压力对微孔材料泡孔密度的影响,纯聚合物和共混物微孔材料的泡孔密度均随着饱和压力增大而增大。主要原因是饱和压力越大,聚合物中溶解的气体浓度越大,发泡体系中能够形成更高的过饱和度和不稳定状态,从而更容易形成尺寸小、密度高的泡孔结构。相同饱和压力下,纯 PPS 微孔材料的泡孔密度最低,PPS/PEEK(8:2) 微孔材料与纯 PPS 和 PEEK 相比具有更高的泡孔密度。



饱和压力: a—8 MPa; b—12 MPa; c—16 MPa; d—20 MPa

图4 饱和压力对 2[#] 微孔材料泡孔结构的影响图5 饱和压力对 1[#]、2[#] 和 5[#] 微孔材料泡孔密度的影响

2.4 PPS/PEEK 微孔材料的性能

为了研究微孔发泡对共混物宏观性能的影响,将 12 MPa、 45°C 下完全饱和,并在 260°C 温度下发泡 5 s 得到的微孔材料进行冲击性能、介电性能和动力学性能分析,并与未发泡共混物进行对比。

(1) 冲击性能。

图 6 为微孔发泡对不同比例 PPS/PEEK 共混物冲击强度的影响。由图 6 可以发现,对于未发泡 PPS/PEEK 共混物,随着 PEEK 组分含量增大,共

混物的冲击强度增大,说明与高韧性 PEEK 共混有利于提高 PPS 的冲击强度。PPS/PEEK(2:8) 共混物比纯 PEEK 具有更高的韧性,这是由于将少量 PPS 加入到 PEEK 中形成更多界面,从而能够吸收更多的冲击能量。微孔发泡后纯聚合物和共混物中形成的泡孔结构能使尖端裂纹钝化,阻碍主裂纹的继续扩展,并且通过材料变形吸收更多的能量,使冲击强度大大提高。纯 PPS 与 PPS/PEEK(8:2) 共混物的冲击性能增幅较小,主要由于基体强度较低,发泡程度较高且泡孔尺寸较大,容易出现泡孔合并与破裂,因此冲击性能提高的幅度较小。

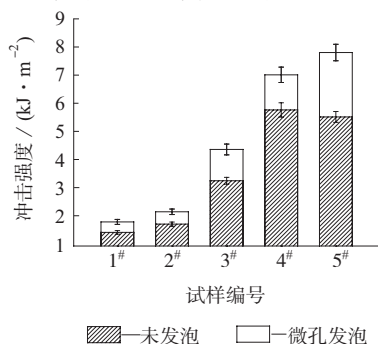


图6 微孔发泡对 PPS/PEEK 共混物缺口冲击强度的影响

(2) 介电性能。

图7为微孔发泡对不同比例 PPS/PEEK 共混物介电常数(ϵ)的影响。由图7可见,微孔发泡后,共混物的介电常数均有明显下降,但不同配比共混物下降的程度不同,这主要与发泡程度有关。纯 PPS 和 PEEK 微孔发泡程度较大,因此介电常数降低程度较大,分别由发泡前的 3.21 和 3.11 降至发泡后的 2.36 和 2.51; PPS/PEEK(5:5) 共混物的介电常数降低程度最小,由发泡前的 3.10 降至 2.76,原因是其结晶度较高,发泡程度低。因此,通过微孔发泡控制不同发泡程度可制备低介电常数微孔材料。

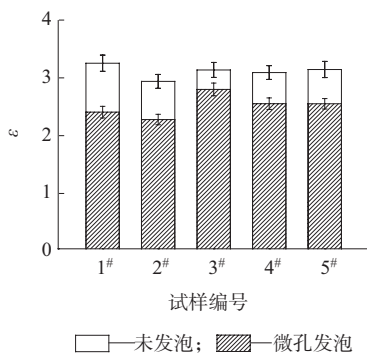


图7 微孔发泡对 PPS/PEEK 共混物介电常数的影响

(3) 动态力学性能。

通过 DMA 仪对未发泡和微孔发泡 PPS/PEEK

共混物的储能模量进行研究。图8和图9分别为未发泡和微孔发泡 PPS/PEEK 共混物的储能模量曲线。由图8可知,共混物的储能模量均大于纯 PPS,说明 PEEK 的加入有效提高了材料的刚度。3# 试样 PPS/PEEK(5:5) 共混物的储能模量大于纯 PEEK 的储能模量,这是由于少量 PPS 的加入使共混物的结晶度增大,从而使材料的刚度大大提高。纯 PPS 和 PEEK 有一个玻璃化转变,而 PPS/PEEK 共混物出现两个玻璃化转变,分别对应纯 PPS 相和 PEEK 相的玻璃化转变。当温度高于 120℃ 时,纯 PPS 的储能模量快速降到零值附近,而共混物及 PEEK 则仍保持一定的模量,说明共混物及纯 PEEK 的热稳定性均高于纯 PPS。由图9可见,微孔发泡后 PPS/PEEK 共混物的储能模量较发泡前有所降低。PPS/PEEK(5:5) 的储能模量降低较小,主要因为结晶度较大,发泡程度相对较低,且形成的泡孔尺寸较小,具有较大的刚性。

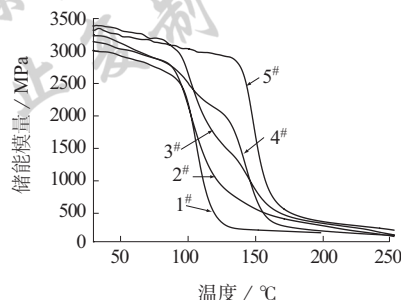


图8 未发泡 PPS/PEEK 共混物的储能模量曲线

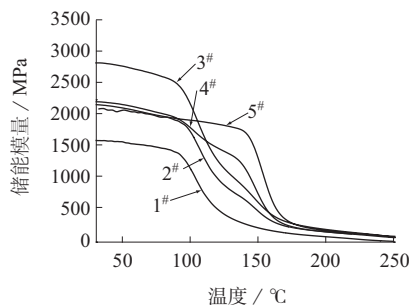


图9 微孔发泡 PPS/PEEK 共混物的储能模量曲线

3 结论

(1) 采用熔融共混挤出法制得共混组成为 10:0, 8:2, 5:5, 2:8 和 0:10 的结晶性/结晶性 PPS/PEEK 共混物片材。共混使 PPS 相和 PEEK 相的结晶度增大。

(2) 共混组成和饱和压力对 PPS/PEEK 共混物中的 CO₂ 气体饱和和浓度有重要影响。随着 PEEK 含量及饱和压力增大,共混物中的气体饱和和浓度逐渐增大。

(3) PPS 与 PEEK 中的晶体结构、相界面、不同的基体强度及溶解度导致微孔材料中形成尺寸更小、密度更大的多级泡孔结构。随着饱和压力增大,微孔材料的泡孔密度逐渐增大,泡孔尺寸逐渐减小。

(4) 微孔发泡使 PPS/PEEK 共混物的冲击强度增大,使介电常数和储能模量降低。

参考文献

- [1] Miller D, Chatchaisucha P, Kumar V. Microcellular and nanocellular solid-state polyetherimide (PEI) foams using sub-critical carbon dioxide I. Processing and structure [J]. Polymer, 2009, 50(23): 5 576–5 584.
- [2] Lee J W S, Wang K, Park C B. Challenge to extrusion of low-density microcellular polycarbonate foams using supercritical carbon dioxide [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2005, 44(1): 92–99.
- [3] Ma Zhonglei, Zhang Guangcheng, Yang Quan, et al. Fabrication of microcellular polycarbonate foams with unimodal or bimodal cell-size distributions using supercritical carbon dioxide as a blowing agent [J]. Journal of Cellular Plastics, 2014, 50(1): 55–79.
- [4] Miller D, Kumar V. Microcellular and nanocellular solid-state polyetherimide (PEI) foams using sub-critical carbon dioxide II. Tensile and impact properties [J]. Polymer, 2011, 52(13): 2 910–2 919.
- [5] Lei Yajie, Liu Tao, Chen Zhenglei, et al. Morphology, mechanical and dielectric properties, and rheological behavior of EAGMA toughened microcellular PEI-EAGMA foam [J]. RSC Advances, 2014, 4(37): 19 103–19 110.
- [6] Zhai Wentao, Leung S N, Wang L, et al. Preparation of microcellular poly(ethylene-co-octene) rubber foam with supercritical carbon dioxide [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 116(4): 1 994–2 004.
- [7] Ma Zhonglei, Zhang Guangcheng, Yang Quan, et al. Mechanical and dielectric properties of microcellular polycarbonate foams with unimodal or bimodal cell-size distributions [J]. Journal of Cellular Plastics, 2015, 51(3): 307–327.
- [8] Sorrentino L, Aurilia M, Iannace S. Polymeric foams from high-performance thermoplastics [J]. Advances in Polymer Technology, 2011, 30(3): 234–243.
- [9] Tsivintzelis I, Angelopoulou A G, Panayiotou C. Foaming of polymers with supercritical CO₂: An experimental and theoretical study [J]. Polymer, 2007, 48(20): 5 928–5 939.
- [10] Nofar M, Park C B. Poly (lactic acid) foaming [J]. Progress in Polymer Science, 2014, 39(10): 1 721–1 741.
- [11] Zhang Richao, Huang Yigang, Min Min, et al. Isothermal crystallization of pure and glass fiber reinforced poly(phenylene sulfide) composites [J]. Polymer Composites, 2009, 30(4): 460–466.
- [12] Díez-Pascual A M, Díez-Vicente A L. High-performance aminated poly(phenylene sulfide) / ZnO nanocomposites for medical applications [J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2014, 6(13): 10 132–10 145.
- [13] Werner P, Verdejo R, Wöllecke F, et al. Carbon nanofibers allow foaming of semicrystalline poly(ether ether ketone) [J]. Advanced Materials, 2005, 17(23): 2 864–2 869.
- [14] Bao Jinbiao, Liu Tao, Zhao Ling, et al. Supercritical carbon dioxide induced foaming of highly oriented isotactic polypropylene [J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2011, 50(23): 13 387–13 395.
- [15] Zhao Yufeng, Xiao Min, Wang Shuanjin, et al. Preparation and properties of electrically conductive PPS / expanded graphite nanocomposites [J]. Composites Science and Technology, 2007, 67(11–12): 2 528–2 534.
- [16] Blundell D J, Osborn B N. The morphology of poly(aryl-ether-ether-ketone) [J]. Polymer, 1983, 24(8): 953–958.

德国复合材料供应商 LAMILUX 开发新型抗菌材料

根据美国疾控中心 (CDC) 及多名医学专家研究表明: 在美国每 25 例病患中将有一例会感染院内细菌 (医源性感染), 而且每年会有多达 15 000 例病患死于这种感染。这是由于现阶段的医院内部有大量可以使细菌侵入并繁殖的避风港, 包括营业大厅的墙壁和天花板。

德国 LAMILUX 复合材料有限公司是欧洲领先的纤维增强复合材料的生产制造商, 同时也专业生产玻璃屋顶和日光系统。目前该公司已经和世界领先的纳米银的研究部门、总部位于德国雷根斯堡和 Rent-a-Scientist 合作研发出新型的抗菌材料, 这款名为 Anti Bac 的抗菌材料是一种表面涂覆纳米银的纤维增强塑料, 该材料具有强力的抗菌效果, 只需几个小时即可杀死细菌。该材料最初将被用于医院手术室墙壁涂层, 未来将被广泛应用于任何无菌室内环境的墙壁和天花板。食品工业是目前该材料的主要应用目标行业, 特别

是冷藏系统, 食品加工区和屠宰场。LAMILUX 的 Anti Bac 抗菌材料目前已在位于德国巴德阿巴 (Bad Abbach) 的阿斯科勒比俄斯诊所 (Asklepios Clinic) 进行应用测试, 该诊所内部分手术室墙上已覆盖 Anti Bac 抗菌材料板。(中塑在线)

巴斯夫上海 10 万 t 聚酰胺装置投产

5 月 6 日, 巴斯夫聚酰胺 6 和 6 / 6.6 共聚物装置在上海化学工业区落成启用。这座年产能 10 万 t 的新装置将进一步增强巴斯夫本地化生产和供应网络, 以更好地服务不断增长的亚太市场。这座巴斯夫全生产装置位于漕泾的上海化学工业区内, 巴斯夫与合作伙伴共同运行的世界级异氰酸酯综合生产装置也坐落于此。同样位于该园区的巴斯夫装置还包括: 面向涂料和家具油漆行业的聚四氢呋喃和聚异氰酸酯装置, 用于汽车尾气催化剂的贵金属解决方案装置, 以及由合资企业巴斯夫上海涂料有限公司运营的汽车涂料装置。(中国聚合物网)