



聚合物共混

II. 聚合物的相容性

姜 胶 东

(北京服装学院纤维材料系, 北京, 100029)

提 要 介绍聚合物的相容性, 包括热力学分析、聚合物相容性的判断方法以及改善聚合物相容性的方法。

关键词 聚合物共混, 相容性, 相容剂

当进行聚合物共混时, 首先应考虑聚合物之间的相容性如何, 如果两种聚合物是热力学完全不相容的, 则由于共混时难以实现精细分散, 相尺寸(相畴)较大, 两相之间粘着力很小, 所得共混物很难具有预期性能, 甚至不如共混前原始聚合物。如果两种聚合物是热力学完全相容体系, 所得共混物为均相体系, 其性能通常为原始两种聚合物性能的几何平均。第三种情况是两种聚合物有部分相容性, 即在某个组成比范围内是相容的, 而在其它组成比是不相容的。多数有实际意义的聚合物共混物都是不相容或部分相容体系, 但是在两相界面有较强的粘着力。

在有关聚合物共混的文献中常出现两个词, 一个是 Miscibility, 译为相容性或混溶性, 是指两种聚合物可以在链段水平上相容, 共混物为均相体系。另一个是 Compatibility, 译为相容性。如果两种聚合物在热力学上是不相容的, 但是若能设法使分散相实现精细分散, 均匀混合, 而且可以长期稳定, 不发生明显的宏观相分离现象, 所得共混物具有预期的性能, 则称之为是相容的, 或称为具有工艺相容性。

1 热力学分析

根据热力学理论, 两种聚合物共混时, 相容的条件是:

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m < 0 \quad (2-1)$$

$$\left[\frac{\partial^2 \Delta G_m}{\partial \Phi_2^2} \right]_{T, P} > 0 \quad (2-2)$$

式中 ΔG_m —— 混合自由能;

ΔH_m —— 混合焓;

ΔS_m —— 混合熵;

Φ_2 —— 聚合物2所占体积分数。

如果同时满足(2-1)、(2-2)式则为热力学相容体系, 如果只满足(2-1)式, 不满足(2-2)式, 则为部分相容体系。

利用 Flory - Huggins^[1,2] 的格子模型理论可以分别计算 ΔS_m 和 ΔH_m :

$$\Delta H_m = KT\chi_{12}N\Phi_1\Phi_2 \quad (2-3)$$

$$\Delta S_m = -KT \left[\frac{\Phi_1}{m_1} \ln \Phi_1 + \frac{\Phi_2}{m_2} \ln \Phi_2 \right] \quad (2-4)$$

式中 χ_{12} —— 两种高分子间的相互作用参数;

Φ_1, Φ_2 —— 分别为聚合物1和聚合物2的体积分数;

N —— 格子模型中格子数目;

K —— Boltzmann 常数;

T —— 温度;

m_1, m_2 —— 分别为聚合物1和聚合物2的聚合度。

将(2-3)、(2-4)式代回(2-1)式得

$$\Delta G_m = KTN \left[\frac{\Phi_1}{m_1} \ln \Phi_1 + \frac{\Phi_2}{m_2} \ln \Phi_2 + \chi_{12} \Phi_1 \Phi_2 \right] \quad (2-5)$$

由于 m_1 和 m_2 均很大, 所以 ΔG_m 的符号主要由 χ_{12} 决定。如果两种聚合物分子间有较强的相互作用, $\chi_{12} \leq 0$, 则 $\Delta G_m < 0$, 共混过程为自发过程。反之, 若 $\chi_{12} > 0$, 则可能导致 $\Delta G_m > 0$, 成为不相容体系。由(2-5)式可求出偏克分子混合自由能, 进而可以求得 χ_{12} 的临界值 $(\chi_{12})_c$ 为:

$$(\chi_{12})_c = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{1}{m_1^{1/2}} \right) + \left(\frac{1}{m_2^{1/2}} \right) \right]^2 \quad (2-6)$$

若 $m_1 = m_2 = m$, 则

$$(\chi_{12})_c = 2/m \quad (2-7)$$

对于非极性聚合物体系有⁽³⁾:

$$\Delta H_m = V \Phi_1 \Phi_2 (\delta_1 - \delta_2)^2 \quad (2-8)$$

结合(2-3)式可得

$$\chi_{12} = \frac{\tilde{V}_0}{RT} (\delta_1 - \delta_2)^2 \quad (2-9)$$

式中 δ_1 、 δ_2 分别为聚合物1和聚合物2的溶解度参数, $\tilde{V}_0$ 为聚合物链节的摩尔体积。

将(2-7)式代入(2-9)式得到临界条件为:

$$\frac{M(\delta_1 - \delta_2)^2}{\rho RT} = 2 \quad (2-10)$$

式中 M 为聚合物的分子量; ρ 为聚合物密度。由于 m 和 M 均是较大的值, 由(2-7)式和(2-10)式可知, 只有 χ_{12} 很小, 或 $|\delta_1 - \delta_2|$ 很小时才能成为热力学相容体系。通常, 当 $\chi_{12} > 0.01$, $|\delta_1 - \delta_2| > 0.1$ 时就有可能成为不相容体系。

上述热力学分析表明, 如果两种聚合物分子间没有较强的相互作用, 一般均为不相容体系。据报道⁽¹⁴⁾, 有人曾统计了342对聚合物, 其中77%为不相容体系。但是, 近20年来, 随着相容剂的研究和使用, 使相容或部分相容体系的数目大大增加, 据报道⁽⁵⁾, 目前相容体系的数目已超过500对。

2 判断相容性的实验方法

2.1 测定玻璃化转变温度(T_g)

这是最常用的方法, 对于相容体系应当同时满足以下3条: (1) 共混物只是一个 T_g ; (2) $T_{g1} < T'_g < T_{g2}$ (T_{g1} 和 T_{g2} 分别为聚合物1和聚合物2的玻璃化温度, 设 $T_{g1} < T'_{g2}$); (3) T_g 随共混物组成有规律地变化(例如服从 Fox 方程式 $\frac{1}{T_g} = \frac{W_1}{T_{g1}} + \frac{W_2}{T_{g2}}$)。图2-1为聚苯醚(PPO)与聚苯乙烯(PS)共混体系的 T_g 与共混物组成的关系。在全部组成范围均只测得一个 T_g , 而且服从 Fox 方程, 证明 PPO 与 PS 可以在链段水平上混合, 是热力学相容体系。

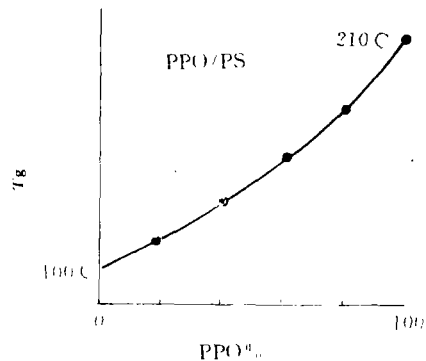


图2-1 PPO/PS 的 T_g 与组成关系

若共混物在所有组成比情况下均测得两个 T_g 而且分别等于 T_{g1} 和 T_{g2} , 则为不相容体系。满足下述情况中任一种者为部分相容体系。(1) 只在一定的组成比范围内, 共混物具有一个 T_g ; (2) 虽然共混物只有一个 T_g , 但是转变温度范围较宽; (3) 虽然共混物有两个 T_g (一个为 T'_{g1} 另一个为 T'_{g2}), 但是均不等于原聚合物的 T_{g1} 和 T_{g2} , 而是 $T_{g1} < T'_{g1}$, $T'_{g2} < T_{g2}$ 。图2-2为聚碳酸酯(PC)与有机玻璃(PMMA)共混体系, 由图2-2可见, PC/PMMA 具有两个 T_g , 但是其中一个比 PMMA 的 T_g 高, 另一个比 PC 的 T_g 低, 说明在 PC 和 PMMA 的相界面处, 由于两种组分相互扩散, 使两个 T_g 相互靠拢, 即有部分相容性。

此种方法也受到某些限制, 当两种聚合物的 T_g 相差较小, 或其中一组分含量太少, 或其中一组分为结晶聚合物, 由于结晶使非晶区含

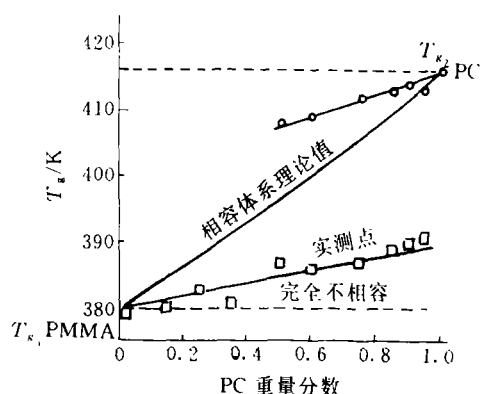


图2-2 PC/PMMA 共混物的 T_g 与 PC 重量分数的关系

量相对减少,在上述情况下均难以用 T_g 法判断相容性。此外,同一共混体系,由于测定 T_g 的方法不同,也可能得出不同的结论。

2.2 共溶剂法

采用一种共同的溶剂将两种聚合物溶解制成浓度为3%~5%的溶液。在一定温度下放置,若能长期稳定不发生分层,则为相容体系,反之,为不相容体系。此法虽然简单,但是会受到溶液浓度、组成比、溶剂性质等影响,因此多与其它方法配合使用。

2.3 光学透明法

一般两种透明的无定形聚合物若相容,制成的共混物也是透明的。若不相容,入射光将在两相界面处被散射,使之不透明。如 PS、PMMA 都是透明的,但是只要在 PMMA 中混入 0.01% 的 PS,共混物便不透明。因此用这种方法可以很方便地判断相容性。但是此法也受若干限制,若两种聚合物折光指数差很小 ($\Delta n < 0.01$),非均相的共混物也会因表现为光学透明而误判为相容体系。例如 PC 的 $n = 1.590$, PS 的 $n = 1.591$, $\Delta n = 0.001$,因而在普通显微镜下为透明,但仍可用相差显微镜观察到相分离。其次,如果相畴尺寸远小于光的波长,在相界面处的散射光很弱也会呈现光学透明。可见光波长为 400~700 nm,若相畴尺寸小于 100~200 nm,就不能在光学显微镜中显示出来,但是可以用电子显微镜观察。

2.4 小角中子散射法(SANS)

用 SANS 法可以直接测定固态聚合物中分子链的均方末端距及均方回转半径,如 PMMA/SAN 共混体系,发现当 SAN 中丙烯腈含量为 28.7% 时,用 SANS 法测得共混物中 SAN 的均方末端距与在稀溶液无干扰条件下的值相近,证明 SAN 是随意分散在 PMMA 中,是热力学相容体系。而 PMMA/PMS 测得 PMS 的均方末端距比在稀溶液情况下的值大 16 倍,证明二者是不相容体系。

2.5 测定聚合物-聚合物相互作用参数(χ_{12})

根据热力学分析,若 $\chi_{12} \leq 0$,则 $\Delta H_m \leq 0$, $\Delta G_m < 0$,共混物为相容体系。但由于很难直接测定两种聚合物的混合热,目前只能用间接方法测定 χ_{12} 。如熔点降低法^[7]、吸附探针法^[8]、反相气相色谱法^[9]、中子散射法^[10]、两相共存曲线法^[11]、光散射法^[12]、光学 θ 条件法^[13]等。

2.6 显微镜观察

当今透射电镜的分辨力已小于 10 nm,若配合适当的染色技术,是观察相区尺寸、形状、相界面等最有力的工具。相差显微镜的分辨力也可达 1 μm ,只要两相折光指数有微小差异就可观察到不相容体系的相分离形态。扫描电镜最适合观察共混物表面和断面形态,而且操作简单、制样方便,因此经常使用。目前多采用 T_g 法和显微镜观察相结合来判断相容性。

2.7 红外光谱法(IR)

因 2-3 为聚对乙烯基苯酚(PVPh)与聚己内酯(PCL)共混物的 IR 图^[14],其中(a)的 1734 cm^{-1} 峰为 PCL 自身羰基伸缩振动,1708 cm^{-1} 峰为与 PVPh 的羟基生成氢键作用后的 PCL 羰基的伸缩振动。由图可见,随着 PVPh 含量增加,1708 cm^{-1} 峰加强,1734 cm^{-1} 峰减弱,证明生成如下氢键:

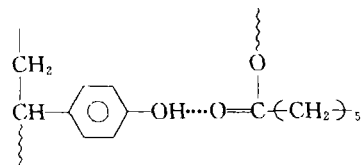


图2-3(b)为同一共混体系,PVPh 羟基吸收峰

为 3525 cm^{-1} , PVPh 自身羟基缔合氢键在 3370 cm^{-1} 有宽峰。PVPh/PCL 共混物中由于 PVPh 的 -OH 与 PCL 的 C=O 形成氢键,因

此使 3525 cm^{-1} 峰减弱,而 3370 cm^{-1} 峰发生位移。生成 3420 cm^{-1} 峰,证明 PVPh/PCL 是由于氢键作用而成为相容体系。类似的体系还有

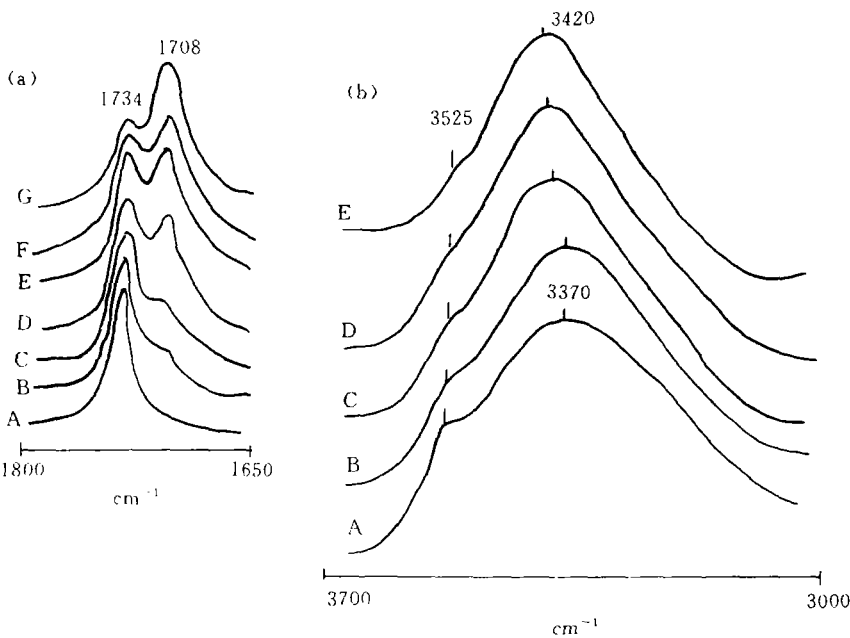


图2-3 PVPh 与 PCL 共混物的 IR 图(测试温度75 ℃)
(a)中 PCL(wt) %: A-100;B-80;C-70; D-50;E-30;F-20; G-10
(b)中 PCL(wt) %: A-0;B-10;C-20; D-30;E-50

PVPh/PVAc、PVPh/EVA 等^[15]。

3 改善聚合物相容性的方法

3.1 设法使高分子间发生特殊相互作用

通过选择或改变高分子链结构,或引入某种基团,使高分子间发生某种特殊相互作用是改善相容性的重要方法。表2-1给出若干种特殊相互作用类型及相应的共混体系(相容体系)实例。

3.2 利用共聚物分子内的排斥作用^[31]

以上介绍的是利用聚合物分子间的相互吸引作用改善相容性。然而,有些共聚物之所以能与某种均聚物相容是由于共聚物分子内结构单元之间的排斥作用。一种均聚物与一种二元无规共聚物共混时可表示为:

$$(1)/(2)_\beta-\text{co}-(3)_{1-\beta} \quad (2-11)$$

式中(1)、(2)、(3)代表不同的结构单元, β 为共聚物中(2)的含量分数,均聚物与共聚物的相互作用参数 χ_b 为:

$$\chi_b = \beta\chi_{12} + (1 - \beta)\chi_{13} - (1 - \beta) \cdot \beta\chi_{23} \quad (2-12)$$

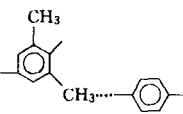
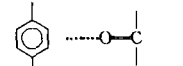
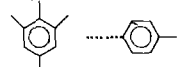
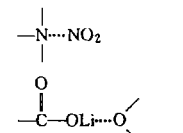
由(2-12)式可知,若 χ_{12} 、 χ_{13} 、 χ_{23} 均大于零,但只要满足如下条件:

$$\chi_{23} > \frac{1}{(1 - \beta)}\chi_{12} + \frac{1}{\beta}\chi_{13} \quad (2-13)$$

χ_b 仍可小于零。换言之,尽管均聚物(1)与均聚物(2)和均聚物(3)都不相容,但是只要 χ_{23} 足够大,仍可能与共聚物(2,3)相容。所以这种相容实际上是利用了共聚物分子内的结构单元之间的排斥力。

例如 PMMA⁽¹⁾与 PS⁽²⁾和 PAN⁽³⁾均不相

表2-1 特殊相互作用的若干类型

类 型	特殊基团	共混物举例	文献
氢键	$\text{C}-\text{O}\cdots\text{H}-\text{C}-\text{Cl}$	聚酯/PVC 例如: PCL/PVC PBT/PVC EVA/PVC PMMA/PVC	[16] [17~19] [20~21]
	$\text{C}-\text{O}\cdots\text{HO}-$	PCL/phenoxy PVPh-co- PS/PCL	
	$\text{O}\cdots\text{HO}-$	PEO/phenoxy	
	$\text{O}\cdots\text{HOOC}-$	PVME/phenoxy PEO-PAA PMMA	
	$\text{C}-\text{O}\cdots\text{F}-\text{C}-\text{F}$	PVF ₂ /PMMA PVF ₂ /PVAc	[22]
离子-离子	$-\text{SO}_3^- + \text{NR}_3^+$	PSSS/PVB TMAC	[23]
π -氢键		PPO/PS	[24]
$n-\pi$ 络合		PMMA/PC PC/聚酯	[25, 26]
$\pi-\pi$ 络合		TMPC/PS	[27]
电荷转移 络合	$-\text{N}\cdots\text{NO}_2$		[28]
离子-偶极		S-co-MAA -Li/PEO	[29, 30]

PVC-聚氯乙烯; EVA-乙烯/醋酸乙烯共聚物; PBT-聚对苯二甲酸丁二醇酯; PMMA-聚甲基丙烯酸甲酯; phenoxy-双酚 A 多羟基醚; PVPh-co-PS-对乙烯基苯酚-苯乙烯共聚物; PEO-聚氧乙烯; PVME-聚乙烯基甲基醚; PVF₂-聚偏氟乙烯; PVAc-聚醋酸乙烯酯。

容, $\chi_{12}=0.31, \chi_{13}=0.66, \chi_{23}=2.13$ 。利用(2-13)式可知当 $\beta=0.685$ 时, $\chi_b=-0.039$, 即 PMMA/SAN 为部分相容体系。类似的情况还有 PVC/EVA、PVC/NBR、PVME/S-co-MAA 等。

3.3 添加(或就地产生)相容剂

相容剂(Compatibilizer)的作用类似于低分

子表面活性剂对于油/水共混体系的分散稳定作用。相容剂的作用是择优分布在两相的界面处,降低界面张力;提高两相间的粘着力;提高分散程度和混合均匀性,减小相畴尺寸;保持共混体系相形态的稳定。

对于 PM₁/PM₂ 共混体系,可以用如下聚合物作为相容剂:

(1) M₁与 M₂的嵌段、接枝或无规共聚物,其中以双嵌段共聚物效果最佳;

(2) 能与 M₁相容的 M₃与 M₂生成的嵌段、接枝或无规共聚物,其中以双嵌段共聚物效果最佳;

(3) 能与 M₂相容的 M₄与 M₁或 M₃生成的嵌段、接枝或无规共聚物,其中以双嵌段共聚物效果最佳;

(4) M₁~M₄多元共聚物。

现以 PS/LDPE 为例说明相容剂的重要性。PS 在常温下是硬而脆的聚合物,LDPE 则较柔

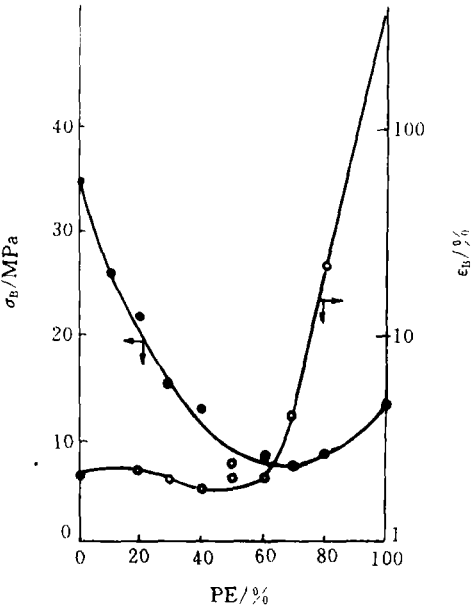


图2-4 PS/LDPE 的拉伸强度(σ_B)

和断裂伸长(ϵ_B)

PS 分子量为 $\bar{M}_n=1 \times 10^5$

LDPE 为 $\bar{M}_n=4 \times 10^4$

软而富有韧性,因此 PS/LDPE 共混后似乎可以改善 PS 的脆性,但是实际情况恰恰相反,图2-4

为 PS/LDPE 共混物的拉伸强度 σ_B 和断裂伸长 $\epsilon_B(\%)$ 与共混物组成的关系^[32]。由图2-4可见在 LDPE 含量从零至60%的范围内,共混物的 ϵ_B 均与纯 PS 的相似,甚至还要低,而且由于 LDPE 的加入,使共混物的 σ_B 明显降低。换言之,简单地将 PS 与 LDPE 熔融共混所得到的共混物力学性能与预期的结果正相反,原因在 PS 与 LDPE 是不相容体系,两相间粘着力很小。

利用阴离子聚合先制备 PS 与聚丁二烯的嵌段高分子(PS-*b*-PBD),然后使 PBD 嵌段加氢,由于氢化后的 PBD(hPBD)结构与 PE 相同,所以 PS-*b*-hPBD 便可以作为 PS/LDPE 的相容剂。

图2-5为添加9%PS-*b*-hPBD后,共混体系

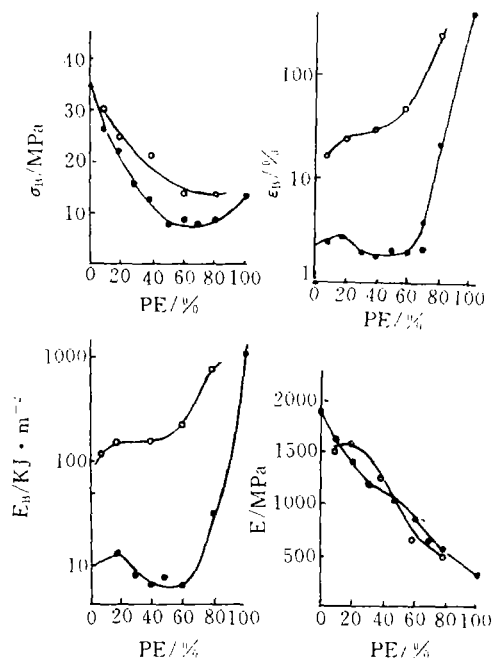


图2-5 PS/LDPE 共混物的极限拉伸强度(σ_B)、断裂伸长(ϵ_B)、断裂能(E_B)及杨氏模量(E)与共混物组成关系

PS 的 $\bar{M}_n = 1 \times 10^5$, LDPE 的 $\bar{M}_n = 4 \times 10^4$

●—无相容剂;○—添加9%PS-*b*-hPBD

的 σ_B 、 ϵ_B 、 E_B (断裂能)和 E (杨氏模量)的变化,可以看出,由于添加了相容剂,使 ϵ_B 、 E_B 明显增加。图2-6为 PS/LDPE(80/20)及添加10%PS-

b-hPBD 后对应力应变曲线的影响,可以看出,添加相容剂后,由于相容剂择优分布在两相界面处,增加了两相间的粘着力,LDPE 才能起到增韧 PS 的作用。类似的例子还有 PET/PS 可以用 PS 嵌段 PET(PS-*b*-PET)为相容剂。

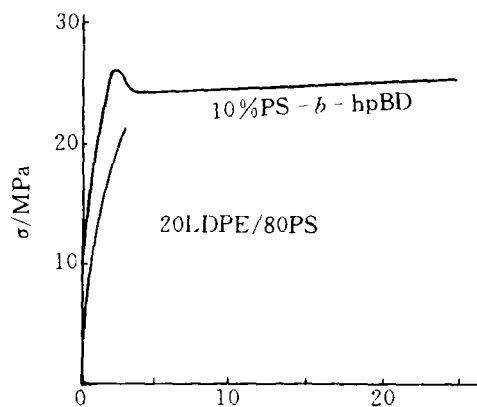
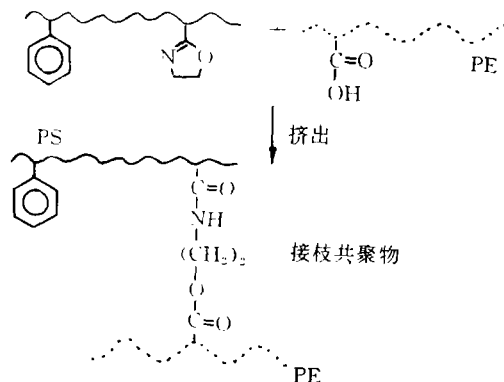


图2-6 添加10%PS-*b*-hPBD 双嵌段共聚合物对 PS/LDPE(80/20)应力-应变曲线的影响

LDPE, $\bar{M}_n = 4 \times 10^4$; PS, $\bar{M}_n = 1 \times 10^5$

相容剂也可以在共混过程中就地产生,如采用接枝共聚共混法制备 ABS 工程塑料及 HIPS 时,在共混过程中由于发生链转移反应而用时产生聚丁二烯接枝聚苯乙烯的高分子,它们即是相容剂。又如 PC/PET 或 PC/PBT 在熔融共混时,由于发生链交换反应也会自发产生 PET-*b*-PC 或 PBT-*b*-PC。PMMA/EPDM 共混时,若添加少量过氧化物,也会由于链转移反应生成接枝共聚物 EPDM-*g*-PMMA。



也可以先在聚合物中引入适当的基团,例

如使 PS 中引入噁唑啉环,使 PE 链引入少量羧基,共混时由于如下反应生成 PS-g-PE 作为 PE/PS 体系的相容剂。

嵌段共聚物的结构也不一定与共混的两种组分相同。例如 PS 与 PVC、SAN、PVF₂等极性聚合物不相容,同时,PS 与上述3种聚合物的嵌段聚合物也难以合成。但是,已知 PMMA 与 PVC、SAN、PVF₂均相容,因此 PMMA-b-PS 可以作为 PS/PVC、PS/SAN、PS/PVF₂共混体系的相容剂,类似的情况还有:

SBS/PVC/PMMA-b-PBD

SBS/SAN/PMMA-b-PBD

PVF₂/LDPE/PMMA-b-hPBD

PVF₂/PMS/PMMA-b-PS

PVF₂/(PPO/PS)/PS-b-PMMA

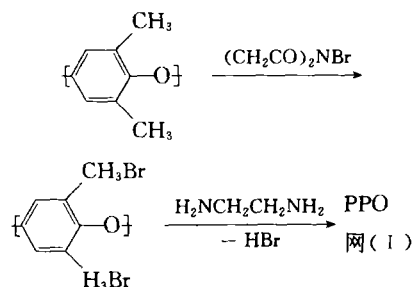
相容剂的用量一般为3%~10%。

3.4 通过生成 IPN 改善相容性

使两种聚合物以网络的形式互相贯穿,生成互相贯穿聚合物网络(IPN),可以阻止不相容的两组分发生宏观相分离,减小相区尺寸,提高分散程度和混合均匀性。应当指出,IPN 通常并不是在分子水平上的相互贯穿,相区尺寸一般为数百纳米。

以 PPO 为例,PPO/PMMA、PPO/PBD、PPO/PUA(聚丙烯酸氨基甲酸乙酯)、PPO/PDMS(聚二甲基硅氧烷),均为不相容体系。但是若制成 IPN 在电镜下观察及测定 T_g 均判断为相容体系^[33]。

合成方法如下:



PMMA、PBD、PUA、PDMS 网(II)可以用一般的自由基聚合交联反应制备。

4 参考文献

- 1 Flory P J. J Chem Phys, 1944,12:425
- 2 Scott R L. J Chem Phys, 1949, 17(3):279~284
- 3 赵华山,姜胶东,吴大诚等. 高分子物理. 北京:纺织工业出版社,1982,49
- 4 吴培熙,张留城. 聚合物共混改性原理及工艺. 北京:轻工业出版社,1984,34
- 5 Culbertson B M. Contemporary topics in polymer science. New York: Plenum Pr, 1989, 177~212
- 6 Han C D. Polymer blends and composites in multiphase systems. Washington: 1984, 129~148
- 7 Nishi T, Wang T T. Macromolecules, 1975(8): 909
- 8 Kwei T K, Nishi T, Roberts R F. Macromolecules, 1974 (8): 667
- 9 Deshpande D D, Patterson D, Schreiber H P et al. Macromolecules, 1974(7): 530
- 10 Schmitt, B J, Kirste R G, Jelenic J. Makro Chem, 1980 (181): 1655
- 11 Allen G, Gee G, Nicholson J P. Polymer, 1960(1): 56
- 12 Kaddour L O, Amasagasti M S, Strazielle C. Makro Chem, 1987(188): 2223
- 13 Fukuda T, Nagata M, Inagaki H. Macromolecules, 1984 (17): 548
- 14 Moskala E J, Varnell D F, Coleman M M. Polymer, 1985 (26): 228
- 15 Moskala E J, Howe S E, Painter P C et al. Macromolecules, 1984(17): 1671~1678
- 16 Olabisi O, Robeson L M, Shaw M T. Polymer-polymer miscibility. New York: Academic Pr, 1979
- 17 Ziska J J, Barlow J W, Paul D R. Polymer, 1981(22): 918
- 18 Harris J E, Goh S H, Paul D R et al. J Appl Polym Sci, 1982(27): 839
- 19 Koleske J V, Lundberg R D. J Polym Sci(part A-2), 1969(7): 795
- 20 Robeson L M, Furtek A B. Plast Chem(Div Org Coat), 1977,37(1): 136
- 21 Robeson L M, Hale W F, Merriam C N. Macromolecules, 1981(14): 1644
- 22 Paul D R, Barlow J W, Bernstein R E et al. Polym Eng Sci, 1978(18): 1225
- 23 Hoffman A S, Lewis R W, Michaels A S, Plast Chem(Div Org Coat), 1969, 29(2): 236
- 24 Djordjevic M B, Porter R S. Polym Eng Sci, 1983(23): 650

(下转第186页)



第6届国际热工程中传递现象学术会议 在汉城举行

第6届国际热工程中传递现象学术会议(ISPTP-6)于1993年5月9~13日在汉城举行。本届会议的主题是热工程中热流体的传递现象(包括质量、动量、热和能传递)的理论基础与应用的各个方面。热工程广泛应用于科学研究和生产技术过程,如生物技术、化工和冶金过程、制造技术、航空航天、材料加工以及动力系统等。会议共发表论文306篇,其中,会议特邀的指导性论文(Lead Papers)4篇,主题论文(Keynote Papers)19篇,而有关聚合物加工过程中两相流体流动及传热研究的论文数占有一定的比例。

(梁基照)

(上接第169页)

Summary Permeabilities of poly [1-(trimethylsilyl)1-propyne](PTMSP) to gases is higher than those of any other nonporous synthetic polymers whether they are glassy or rubbery at ambient temperature. PTMSP is in the glassy polymer state. The high gas permeability of PMSP results primary from substantial gas solubility and diffusivity, which appears to be due to, in turn, to a large excess free volume in the unrelaxed (Langmuir) domains of this glassy polymer. The biggest problem with PMSP is the deterioration of its high permeability with the passage of time or thermal hysteresis. Now, a lot of efforts is being devoted to solving this problem by the addition of less volatile materials, fluorination, bromination, copolymerization with other monomer, or blend with other polymers.

Key words Poly [1-(trimethylsilyl)1-propyne], Membrane, Gas separation, Oxygen enrichment

(上接第184页)

- 25 Garlund Z G. Polymer blend and composites in multiphase systems Washington: Adv Chem Ser. 1984, 129
- 26 Cruz C A, Barlow J W, Paul D R. Macromolecules, 1979 (12): 726
- 27 Barlow J W, Paul D R. Polym Eng Sci, 1981(21): 985
- 28 Sulzberg T, Cotter R J. J Polym Sci(part A-1), 1970(8): 2747
- 29 Eisenberg A, Hara M. Polym Eng Sci, 1984(24): 1308

- 30 Hara M, Eisenberg A. Macromolecules, 1984(17): 1335
- 31 Kressler J. Polymer Bulletin, 1986(15): 113~119
- 32 Utraki L A, Weiss R A. Multiphase polymer: blends and ionomers. Washington: American Chemical Society, 1989, 38~66
- 33 Schaefer D W, Mark J E. Polymer based molecular composites. Pittsburgh Pennsylvania: Materials Research Society, 1990, 231~234

Polymer Compatibility

Jiang Jiaodong

(Department of Fiber Material, Beijing Institute of Clothing Technology, Beijing 100029)

Summary The theories of compatibility of polymers, which consist of thermodynamics analysis, determination and improvement methods of compatibility etc., are presented in this chapter.

Key words Polymer blends, Compatibility, Compatibilizer