

УДК 541.64:536.7

ОДИН ИЗ ВОЗМОЖНЫХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СОВМЕСТИМОСТИ ПОЛИМЕРОВ

© 1999 г. А. А. Аскадский

*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук
117813 Москва, ул. Вавилова, 28*

Поступила в редакцию 22.04.98 г.

Принята в печать 13.07.98 г.

Предложен критерий для оценки и предсказания совместимости полимеров, основанный на рассмотрении работы смачивания и межмолекулярных сил, возникающих на границе раздела двух полимеров. Изучены условия полной и частичной совместимости, а также абсолютной несовместимости полимеров. Для первых двух случаев в общем виде проанализированы зависимости температуры стеклования от состава смеси. Предложенные соотношения проверены на примере двух пар совместимых полимеров: полистирол–поливинилметиловый эфир и полистирол–полифениленоксид. Показано хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема предсказания совместимости полимеров существует на протяжении многих лет, и ее актуальность все время возрастает. Исследование совместимости полимеров важно как с научной, так и с практической точки зрения [1–3]. Одна из концепций, развитых для анализа совместимости полимеров, основана на параметре растворимости (плотности энергии когезии). Обычное уравнение для оценки параметра взаимодействия χ полимер–полимер записывается через параметры растворимости каждого полимера следующим образом:

$$\chi = \frac{V_r}{RT} (\delta_1 - \delta_2)^2, \quad (1)$$

где V_r – мольный объем каучукоподобной фазы в расчете на повторяющееся звено полимера; δ_1 и δ_2 – параметры растворимости для полимеров 1 и 2, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура.

Согласно этому подходу, совместимость полимеров имеет место, когда параметр взаимодействия является положительным и близким к нулю. Ограничения подхода проанализированы в статье [4]. Одно из ограничений связано с тем, что параметр растворимости должен рассчитываться и измеряться с большой точностью. В случае полимеров это невозможно, поскольку данный параметр оценивают с помощью косвенных методов (определение характеристической вязкости растворов полимера в ряде растворителей, обладающих различным параметром растворимости, с последующим построением зависимости характеристической вязкости от параметра растворимости того растворителя, в котором проведены измерения; построение зависимости степени набуха-

ния от параметра растворимости того растворителя, в котором осуществляется набухание, и т.д.). Согласно работе [5], критическая величина параметра χ , которая ограничивает верхний предел растворимости, определяется из соотношения $\chi_{kp} = 1/2 [N_1^{1/2} + N_2^{1/2}]^2$, где N_1 и N_2 – степени полимеризации компонентов 1 и 2; при этом точность расчета или экспериментального определения параметров растворимости δ должна быть не менее, чем 0.1 ($\text{Дж}/\text{см}^3$)^{1/2}.

Наиболее детально концепция параметра растворимости развита в работе [4], где оперируют индивидуальными вкладами компонентов в параметр растворимости. Там же используют так называемый параметр совместимости, введенный ранее в работе [6], представляющий собой разность плотностей энергии когезии компонентов.

В настоящей работе сделана попытка применения предложенного ранее критерия растворимости полимеров в органических растворителях к анализу совместимости полимеров друг с другом. Согласно работам [7–10] растворение полимеров происходит в том случае, если выполняется критерий

$$\mu < 1.374 \Phi (\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a}) \quad (2)$$

Здесь $\mu = \delta_p^2 / \delta_s^2$, где δ_p – параметр растворимости полимера, δ_s – параметр растворимости растворителя. Величину Φ получают из соотношения

$$\Phi = \frac{4(V_s V_p)^{1/3}}{(V_s^{1/3} + V_p^{1/3})^2} \quad (3)$$

(V_p и V_s – мольные объемы полимера и растворителя соответственно).

Величину a рассчитывают по выражению

$$a = \gamma_{sp}/\gamma_s, \quad (4)$$

где γ_{sp} – межфазное натяжение, γ_s – поверхностное натяжение растворителя. В свою очередь межфазное натяжение определяется следующим образом:

$$\gamma_{sp} = \gamma_s + \gamma_p - 2\Phi(\gamma_s \gamma_p)^{1/2} \quad (5)$$

Здесь γ_p и γ_s – поверхностная энергия полимера и поверхностное натяжение растворителя.

В настоящей работе этот критерий будет применен для анализа проблемы совместимости.

КРИТЕРИЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Один из возможных путей решения вопроса о предсказании совместимости полимеров заключается в использовании критерия (2), который предназначен для анализа растворимости полимеров. Если один полимер вводится в малых количествах в другой полимер, то первый рассматривается при использовании критерия (2) как "полимер", а второй – как "растворитель". При этом в принципе возможны следующие варианты.

1. При использовании критерия (2) оказывается, что во всех случаях его левая часть больше правой. Под всеми случаями подразумеваются такие, когда первый полимер вводится в небольших количествах во второй и, наоборот, второй полимер вводится в небольших количествах в первый. Тогда критерий совместимости имеет вид

$$\mu_1 = \frac{\delta_{p,1}^2}{\delta_{p,2}^2} > 1.374\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a_1}) = 2\rho\beta_1 \quad (6)$$

$$\mu_2 = \frac{\delta_{p,2}^2}{\delta_{p,1}^2} > 1.374\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a_2}) = 2\rho\beta_2 \quad (7)$$

Здесь $\delta_{p,1}$ и $\delta_{p,2}$ – параметры растворимости полимеров 1 и 2;

$$\Phi = \frac{4(V_{p,1}V_{p,2})^{1/3}}{(V_{p,1}^{1/3} + V_{p,2}^{1/3})^2} \quad (8)$$

($V_{p,1}$ и $V_{p,2}$ – мольные объемы повторяющихся звеньев полимеров 1 и 2);

$$a_1 = \gamma_{p,1;p,2}/\gamma_{p,2} \quad (9)$$

$$a_2 = \gamma_{p,1;p,2}/\gamma_{p,1} \quad (10)$$

где $\gamma_{p,1;p,2}$ – межфазное натяжение на границе полимер-1–полимер-2, которое вычисляется по соотношению

$$\gamma_{p,1;p,2} = \gamma_{p,1} + \gamma_{p,2} - 2\Phi(\gamma_{p,1}\gamma_{p,2})^2 \quad (10)$$

($\gamma_{p,1}$ и $\gamma_{p,2}$ – поверхностные энергии полимеров 1 и 2).

Поскольку левые части критериев (6) и (7) больше их правых частей, это означает, что полимеры 1 и 2 являются абсолютно несовместимыми.

2. При введении небольших количеств первого полимера во второй критерий (2) показывает, что "растворимость" первого полимера во втором имеет место

$$\mu_1 = \frac{\delta_{p,1}^2}{\delta_{p,2}^2} < 1.374\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a_1}) = 2\rho\beta_1 \quad (11)$$

Однако при введении второго полимера в первый, согласно расчету с помощью критерия (2), оказывается, что "растворимости" второго полимера в первом не должно быть, т.е.

$$\mu_2 = \frac{\delta_{p,2}^2}{\delta_{p,1}^2} > 1.374\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a_2}) = 2\rho\beta_2 \quad (12)$$

Здесь же следует заметить, что обычно о совместимости двух полимеров судят по температуре стеклования смеси. Для абсолютно совместимых полимеров характерна одна температура стеклования смеси, которая лежит между температурами стеклования исходных компонентов. Для смесей абсолютно несовместимых полимеров наблюдаются две температуры стеклования, каждая из которых соответствует температуре стеклования исходного компонента. При частичной совместимости, когда в каждой микрофазе присутствуют оба компонента, но в разных количествах, проявляются также две температуры стеклования, но по сравнению с температурами стеклования исходных компонентов они смешены навстречу друг другу.

Для рассматриваемого случая, когда первый полимер "растворяется" во втором, а второй не "растворяется" в первом, зависимость температуры стеклования от состава имеет вид, схематически представленный на рис. 1. Из кривой 1 видно, что при добавлении второго полимера в количестве до 30–40% в первый температура стеклования смеси изменяется слабо. Объяснение такого хода кривой будет дано ниже на примере конкретной системы полимер 1–полимер 2. Сейчас следует отметить, что в данном случае проявляется одна температура стеклования для каждой смеси, что свидетельствует о совместимости компонентов. Такой характер поведения смеси может быть связан с микрофазовым расслоением, которое характерно даже для однородных систем [11].

3. Третий случай соответствует абсолютной совместимости полимеров, т.е. первый полимер "растворяется" во втором, а второй "растворяется" в первом. Критерий совместимости приобретает вид

$$\mu_1 = \frac{\delta_{p,1}^2}{\delta_{p,2}^2} < 1.374\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a_1}) = 2\rho\beta_1 \quad (13)$$

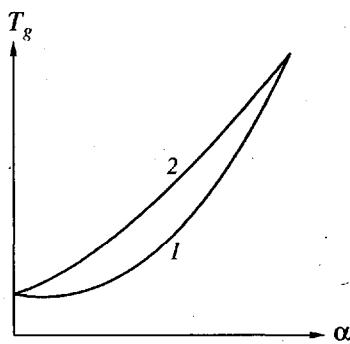


Рис. 1. Схематическое изображение зависимостей температуры стеклования смесей совместимых полимеров от состава: 1 – система подчиняется критериям (11) и (12); 2 – смесь из двух абсолютно совместимых полимеров. Пояснения в тексте.

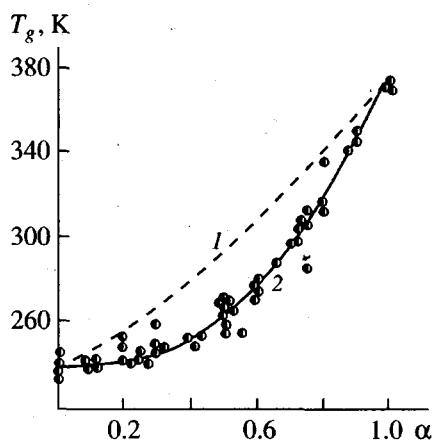


Рис. 2. Зависимость температуры стеклования смеси ПС–ПВМЭ от мольной доли ПС: 1 – кривая, определенная по уравнению (15); 2 – кривая, рассчитанная по уравнениям (22) и (23).

$$\mu_2 = \frac{\delta_{p,2}^2}{\delta_{p,1}^2} < 1.374 \Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + \alpha_2}) = 2\rho\beta_2 \quad (14)$$

При такой ситуации, как было отмечено выше, проявляется одна температура стеклования T_g , а зависимость T_g от состава смеси имеет вид, схематически представленный на рис. 1 кривой 2. Эта зависимость описывается соотношением [10]

$$T_g = \frac{\alpha_1 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 + \alpha_2 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2}{\alpha_1 \frac{\left(\sum_i \Delta V_i \right)_1}{T_{g,1}} + \alpha_2 \frac{\left(\sum_i \Delta V_i \right)_2}{T_{g,2}} + 2\alpha_1(1-\alpha_1)0.03} \quad (15)$$

где α_1 и α_2 – мольные доли полимеров 1 и 2 соответственно, $(\sum_i \Delta V_i)_1$ и $(\sum_i \Delta V_i)_2$ – ван-дер-ваальсовы объемы повторяющихся звеньев полимеров 1 и 2; $T_{g,1}$ и $T_{g,2}$ – их температуры стеклования (расчетные или экспериментальные).

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Теперь рассмотрим поведение ряда конкретных, хорошо изученных полимерных смесей. Первая из них – смесь ПС (полимер 1) с поливинилметиловым эфиром (ПВМЭ) (полимер 2). Поведение этой смеси различных составов детально изучено в ряде работ [12–18]. Зависимость температуры стеклования смеси от состава показана на рис. 2. Хорошо видно, что при увеличении содержания ПС от 0 до 40% величина T_g изменяется очень слабо и практически не зависит от состава смеси. Данная зависимость не описывается уравнением (15), пригодным для статистических сополимеров и гомогенных смесей полимеров (рис. 1, кривая 1).

Проанализируем в деталях совместимость ПС и ПВМЭ с помощью критерия (2). Сначала предположим, что ПС является “растворителем” для ПВМЭ. Исходные характеристики, необходимые для использования критерия (2), показаны в таблице. Подставляя значения этих характеристик в критерий (14), получаем

$$\mu_2 = 0.684 < 1.218 = 2\rho\beta_2$$

Таким образом, поскольку левая часть критерия меньше правой, ПВМЭ хорошо “растворяется” в ПС.

Теперь предположим, что ПВМЭ является “растворителем” для ПС. Тогда с помощью критерия совместимости (6) имеем

$$\mu_1 = 1.462 > 1.175 = 2\rho\beta_1$$

Поскольку левая часть критерия больше правой, ПВМЭ не “растворяет” ПС. Поэтому, когда ПС вводят в ПВМЭ, следует ожидать микрофазовое расслоение, но такое, что в смеси может проявляться одна температура стеклования. Это связано с тем, что часть ПВМЭ будет совмещаться с ПС. В результате могут образовываться две микрофазы, одна из которых содержит ПВМЭ, а вторая – смесь ПВМЭ с ПС. При возрастании концентрации ПВМЭ во второй микрофазе ее совместимость с ПВМЭ будет улучшаться, и при определенной концентрации ПВМЭ вторая микрофаза будет совместима с ПВМЭ. Оценим такую критическую концентрацию ПВМЭ. С этой целью запишем соотношение для расчета параметра растворимости данной смеси полимеров,

Ряд физических характеристик для ПС, ПВМЭ и ПФО

Полимер	δ , (Дж/см ³) ^{1/2}	γ , мДж/м ²	V_m , см ³ /моль	$\sum_i \Delta E_i^*$, Дж/моль	$\sum_i \Delta V_i$, Å ³	T_g , К
ПС	18.6	41.6	97.1	22988	109.8	373
ПВМЭ	15.4	33.4	60.7	8696	60.7	245
ПФО	18.2	44.4	103.8	23587	117.4	-

которое вытекает из общего соотношения, приведенного в монографии [10],

$$\delta^2 = \frac{\alpha \left(\sum_i \Delta E_i^* \right)_2 + (1 - \alpha) \left(\sum_i \Delta E_i^* \right)_1}{N_A \left[\alpha \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 + (1 - \alpha) \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 \right]}, \quad (16)$$

где α – мольная доля ПВМЭ в смеси, $(\sum_i \Delta E_i^*)_1$ и $(\sum_i \Delta E_i^*)_2$ – мольные энергии когезии для ПС и

ПВМЭ соответственно; $(\sum_i \Delta V_i)_1$ и $(\sum_i \Delta V_i)_2$ – ван-дер-ваальсовы объемы повторяющихся звеньев ПС и ПВМЭ.

Подставляя в соотношение (16) все характеристики полимеров, имеющиеся в таблице, получаем

$$\delta^2 = \frac{22988 - 14292\alpha}{4.18(66.13 - 29.57\alpha)} \times 4.18 \text{ (Дж/см}^3\text{)} \quad (17)$$

Теперь оценим поверхностную энергию смеси на основе уравнения [10]

$$\gamma = [\alpha C_1 + (1 - \alpha)C_4] \frac{\alpha \left(\sum_i \Delta E_i^* \right)_2 + (1 - \alpha) \left(\sum_i \Delta E_i^* \right)_1}{\left[\alpha \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 + (1 - \alpha) \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 \right]^{2/3} [\alpha m_2 + (1 - \alpha)m_1]^{1/3}} \quad (18)$$

Здесь C_1 и C_4 – коэффициенты для ПВМЭ (неполярный полимер) и ПС соответственно; m_1 и m_2 – числа атомов в повторяющихся звеньях ПС и ПВМЭ.

Подставляя все величины из таблицы в соотношение (18), получаем

$$\gamma = (0.0231\alpha + 0.1046) \times \frac{22988 - 14292\alpha}{(109.8 - 49.1\alpha)^{2/3} (16 - 6\alpha)^{1/3}} \quad (19)$$

Для дальнейшего анализа нам нужно оценить мольный объем смеси

$$V = \alpha 53.68 + (1 - \alpha) 97.08 \quad (20)$$

Используем выражения (17), (19) и (20) для расчета левой и правой частей критерия (2). При этом будем рассматривать двухкомпонентную смесь, один из компонентов которой представляет собой ПВМЭ, а второй – смесь (микрофазу) ПВМЭ–ПС с разной мольной долей α ПВМЭ. Результаты расчета показаны на рис. 3 в виде двух зависимостей обеих частей критерия (2) от мольной доли ПВМЭ. Точка пересечения двух указанных зависимостей соответствует содержанию ПВМЭ в микрофазе, при котором наступит совместимость ПВМЭ с этой микрофазой. Критиче-

ская концентрация $\alpha_{cr} = 0.62$. Ван-дер-ваальсов объем смеси с критической концентрацией ПВМЭ определится как

$$\left(\sum_i \Delta V_i \right)_{cr} = 60.7 \times 0.62 + 109.8 \times 0.38 = 79.36 \text{ Å}^3$$

Теперь можно рассчитать температуру стеклования смеси с $\alpha_{cr} = 0.62$. Для этого воспользуемся

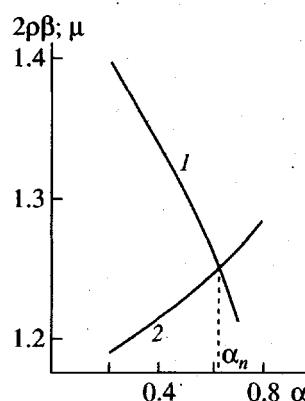


Рис. 3. Зависимость μ и β от мольной доли ПВМЭ внутри микрофазы. Пояснения в тексте.

уравнением [10]

$$T_g = \frac{\alpha_{cr} \left[\left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 - \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 \right] + \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1}{\alpha_{cr} \left[\frac{\left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 - \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1}{T_{g,2}} + \frac{\left(\sum_i \Delta V_i \right)_1}{T_{g,1}} + 2\alpha_{cr}(1-\alpha_{cr})0.03 \right]} \quad (21)$$

Подставляя в соотношение (21) все параметры системы из таблицы и учитывая, что $\alpha_{cr} = 0.62$, находим, что $T_{g,cr} = 284$ К. Теперь можно найти зависимость температуры стеклования T_g от соста-

ва смеси, образованной ПВМЭ и "критической" смесью, т.е. такой, которая состоит из ПС и ПВМЭ с $\alpha_{cr} = 0.62$. Используя для этой цели уравнение (21), получаем

$$T_g = \frac{\alpha \left[\left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 - \left(\sum_i \Delta V_i \right)_{cr} \right] + \left(\sum_i \Delta V_i \right)_{cr}}{\alpha_{cr} \left[\frac{\left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 - \left(\sum_i \Delta V_i \right)_{cr}}{T_{g,2}} + \frac{\left(\sum_i \Delta V_i \right)_{cr}}{T_{g,cr}} + 2\alpha_{cr}(1-\alpha_{cr})0.03 \right]}, \quad (22)$$

где α – мольная доля ПВМЭ.

Соотношение (22) справедливо только в интервале α от 1 до 0.62. Кривая, построенная в согласии с выражением (22), показана на рис. 2 (кривая 2). Видно, что экспериментальные точки хорошо укладываются на эту зависимость.

Для описания второй части зависимости T_g от состава смеси ПВМЭ–ПС (внутри интервала α от 0.62 до 0) прежде всего необходимо определить ван-дер-ваальсов объем смеси, для которой $T_g = 248$ К.

$$\begin{aligned} \sum_i \Delta V_i &= 0.62 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 + \\ &+ 0.38 \left[0.62 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 + 0.38 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 \right] \\ \sum_i \Delta V_i &= 67.8 \text{ \AA}^3 \end{aligned}$$

Теперь можно описать зависимость T_g от состава смеси, один из компонентов которой пред-

ставляет собой ПС, а второй – микрофазу с $T_g = 248$ К. Для этой системы имеем

$$T_g = \frac{\alpha'(109.8 - 67.8) + 67.8}{\alpha' \left(\frac{109.8}{373} - \frac{67.8}{248} \right) + \frac{67.8}{248} + 2\alpha'(1-\alpha')0.03} \quad (23)$$

(α' – мольная доля ПС на шкале от 1 до 0.38). Чтобы определить реальную мольную долю ПС в смеси, следует записать

$$(1-\alpha) = 0.38 + \alpha'0.62,$$

где α – мольная доля ПВМЭ и $(1-\alpha)$ – мольная доля ПС в общей смеси.

Подставляя $\alpha' = \frac{(1-\alpha)-0.38}{0.62}$ в соотношение

(23), находим, что оно хорошо описывает вторую часть зависимости T_g от состава смеси при высоком содержании ПС (рис. 2).

Таким образом, критерий растворимости (2) может быть с успехом применен для описания зависимости температуры стеклования T_g такой смеси полимеров, в которой один из полимеров хорошо "растворяет" второй полимер, но этот второй полимер плохо "растворяет" первый.

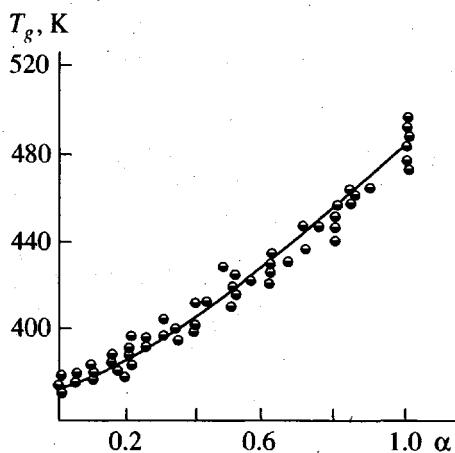


Рис. 4. Зависимость температуры стеклования смеси ПС–ПФО от мольной доли ПФО.

Теперь проанализируем более простой случай, когда два полимера абсолютно совместимы друг с другом.

В качестве примера такой смеси рассмотрим систему ПС–поли-2,6-диметил-1,4-фениленоксид (ПФО), хорошо изученную в ряде работ [17–23].

Предположим, что ПС является “растворителем” для ПФО. Применяя критерий растворимости (2) с учетом всех физических характеристик компонентов смеси (таблица), находим, что

$$\mu_2 = \delta_2^2 / \delta_1^2 = 0.959; \quad \Phi = 1.0;$$

$$\gamma_{1,2} = 0.0456; \quad a = 0.001096; \quad 2\rho\beta_2 = 1.328$$

(δ_1 и δ_2 – параметры растворимости ПС и ПФО соответственно). Поскольку $\mu_2 < 2\rho\beta_2$, то согласно критерию (2), ПС – хороший “растворитель” для ПФО, т.е. совместимость должна быть.

Теперь примем, что ПФО является “растворителем” для ПС, тогда

$$\mu_1 = \delta_1^2 / \delta_2^2 = 1.043; \quad \Phi = 1.0;$$

$$\gamma_{1,2} = 0.0456; \quad a = 0.00103; \quad 2\rho\beta_1 = 1.33$$

И в этом случае левая часть критерия (2) меньше правой части, т.е. совместимость также должна иметь место. Действительно, данная пара полимеров является абсолютно совместимой. Это приводит к тому, что температура стеклования смеси ПС–ПФО описывается такой же зависимостью от состава, как и для статистических сополимеров, т.е. соотношением (21). Данная зависимость показана на рис. 4; экспериментальные точки хорошо укладываются на расчетную кривую.

Рассматриваемый подход обладает тем преимуществом перед рядом других подходов, что он не требует введения никаких “подгоночных” параметров. Иными словами, для такого анализа нужно иметь только химическое строение компонентов, на основании которого все физические характеристики полимеров определяются расчетным путем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полимерные смеси / Под ред. Пола Д., Ньюмена С. М.: Мир, 1981. Т. 1.
2. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. М.: Химия, 1980.
3. Кулезнев В.Н. // Коллоид. журн. 1987. Т. 49. № 5. С. 881.
4. David D.R., Sincock T.F. // Polymer. 1992. V. 33. № 12. P. 4505.
5. Krause S.J. // Polymer Blends / Ed. by Paul D.R., Newman S. London: Acad. Press, 1987. V. 1. P. 27.
6. Шварц А.Г., Динзбург Б.Н. Совмещение каучуков с пластиками и синтетическими смолами. М.: Химия, 1972.
7. Аскадский А.А., Матвеев Ю.И., Матевосян М.С. // Высокомолек. соед. А. 1990. Т. 32. № 10. С. 2157.
8. Матвеев Ю.И., Аскадский А.А. // Высокомолек. соед. А. 1994. Т. 36. № 3. С. 436.
9. Матвеев Ю.И., Аскадский А.А. // Высокомолек. соед. А. 1989. Т. 31. № 4. С. 526.
10. Askadskii A.A. Physical Properties of Polymers, Prediction and Control. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1996.
11. Кулезнев В.Н. // Высокомолек. соед. Б. 1993. Т. 35. № 8. С. 1391.
12. Bank M., Leffingwell J., Thiess C. // Macromolecules. 1971. V. 4. № 1. P. 43.
13. Kwei T.K., Nishi T., Roberts R.F. // Macromolecules. 1974. V. 7. № 5. P. 667.
14. Schneider H.A., Brekner N.J. // Polym. Bull. 1985. V. 14. P. 73.
15. Yang H.E. // Ph. D. Thesis. Univ. of Massachusetts, 1985.
16. Schneider H.A., Leikauf B. // Thermochim. Acta. 1987. V. 114. P. 165.
17. Halary J.L., Ben Larbi F.C., Oudin P., Monnerie L. // Makromol. Chem. 1988. B. 189. № 9. S. 2117.
18. Schmidt-Rohr K., Clauss J., Spiess H.W. // Macromolecules. 1992. V. 25. № 12. P. 3273.
19. Prest W.M., Porter R.S. // J. Polym. Sci. A-2. 1972. V. 10. № 9. P. 1639.
20. Shultz A.R., Gendron B.M. // J. Appl. Polym. Sci. 1972. V. 16. № 2. P. 461.
21. Kwei T.K., Erish H.L. // Macromolecules. 1978. V. 11. № 6. P. 1267.

22. Ting S.P., Pearce Eli M., Kwei T.K. // *J. Polym. Sci.*, 23. Kryszewski M., Jachowicz J., Malanga M., Vogl O. // *Polym. Lett. Ed.* 1980. V. 18. № 3. P. 201. *Polymer*. 1982. V. 23. № 2. P. 271.

A Possible Criterion for Estimating the Miscibility of Polymers

A. A. Askadskii

*Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds, Russian Academy of Sciences,
ul. Vavilova 28, Moscow, 117813 Russia*

Abstract—A criterion for estimating and predicting the miscibility of polymers is proposed, which is based on analysis of the adhesion energy and intermolecular forces acting at the interface between two polymers. The conditions of complete or partial miscibility and absolute incompatibility of polymers are studied. In the first two cases, a general dependence of the glass transition temperature on the of polymer blend composition is analyzed. The relationships obtained were verified for two pairs of compatible polymers: poly(styrene)–poly(vinyl methyl ether) and poly(styrene)–poly(phenylene oxide). A good agreement between the calculated and experimental data was obtained.