

УДК 541.64:536.7

ФОРМЫ ЗАВИСИМОСТИ СОСТАВ — СВОЙСТВА ДЛЯ СМЕСЕЙ  
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ

*Кудрявцев Г. И., Федорова Р. Г., Никитина О. А.,  
Шаблыгин М. В.*

Исследовано влияние термодинамически несовместимых смесей полиамидов ароматического и жирноароматического ряда на формы зависимости их свойств в растворе и твердом состоянии (изотропные и анизотропные системы) от состава смеси. При исследовании вязкостных свойств растворов смесей полимеров установлена агрегация компонентов флуктуационного характера для кинетически устойчивых смесей и отсутствие взаимодействия в случае расслаивающихся систем. В случае анизотропных систем наблюдается два проявления свойств: 1) экстремальное повышение термостабильности смесей в сравнении с гомополимерами; 2) неаддитивный характер зависимости прочностных свойств ориентированных смешанных систем. Всплески термостабильности для некоторых смесей полимеров могут быть следствием структурирования систем за счет образования мостичных ковалентных или водородных связей. Экстремальное отклонение от аддитивности прочностных свойств волокон является следствием как ориентационных явлений, так и армирования системы ориентированными, более прочными ультратонкими анизодиметрическими частицами дисперсной фазы.

Смешанные системы на основе термодинамически несовместимых полимеров давно привлекают внимание исследователей как метод модификации физических и механических свойств полимеров.

В последнее время появились работы, в которых указывается на возможность улучшения физико-механических свойств термостойких полимеров и волокон путем использования смесей жесткоцепных полимеров [1]. Большинство исследований по смесям полимеров относятся к изучению их свойств в растворах [2].

В настоящем сообщении более подробно рассматриваются некоторые свойства смесей полимеров как в растворе, так и в твердой фазе в связи с их влиянием на физико-механические и термические показатели волокон и пленок.

Объектами исследования служил ряд полиамидов, описанных в работах [3–5]. В частности, к ним относятся полидифениленсульфонтерефталамид (I) с  $\eta_{ig}$  1,7; полиметафенилензофталамид (II) с  $\eta_{ig}$  1,65; полипарафенилентерефталамид (III) с  $\eta_{ig}$  2,66–2,76; полипараксилиденадипамид (IV) с  $\eta_{ig}$  2,0; полигексаметилентерефталамид (V) с  $\eta_{ig}$  1,3; поли-4,4'-дифенилоксидтерефталамид (VI) с  $\eta_{ig}$  2. Полиамидокислоту (VII) [3] синтезировали низкотемпературной поликонденсацией из диангидрида пиромеллитовой кислоты и 4,4'-диаминодифенилового эфира в растворе ДМФ или ДМАА,  $\eta_{ig}$  = 1,5–1,65. Растворы смесей полимеров 10–15%-ной концентрации готовили путем перемешивания гомополимеров в ДМАА, смеси ДМАА–ДМФ или в концентрированной серной кислоте в объемах, соответствующих расчетным. Использовали ДМАА марки х. ч. с т. кип. 165–166,5° и ДМФ марки х. ч. с т. кип. 150,5–155°. Содержание влаги в растворителях не превышало 0,1%.

Устойчивость смесей характеризовали визуально и нефелометрически с помощью нефелометра ФЭК-Н-57 в кюветах, имеющих расстояние между рабочими гранями 5 мм.

Реологические характеристики снимали на вискозиметре Геппнера.

Для исследования совместимости олигомеров и полимеров применяли метод обращенной газовой хроматографии. Олигомеры и полимеры, а также их смеси наносили в виде тонкой пленки из растворов в ДМАА на инертный носитель, например полисорб-1, в количестве 3% от веса последнего. Сорбатами служили для олигомеров  $\alpha$ -гентая и толуол, для полимеров – этанол. По хроматограммам определяли удерживаемый объем  $V_g$  сорбата. Время удерживания определяли в области температур 80–150° [6]. Пленки готовили путем осаждения полимерных растворов в водно-органическую осадительную ванну, тщательно промывали водой, этанолом, высушивали в вакууме (5 torr) при комнатной температуре в течение 24 час. Волокна формировали по мокрому методу в водно-органические осадительные ванны с последующим пластификационным и термическим вытягиванием. В случае содержания

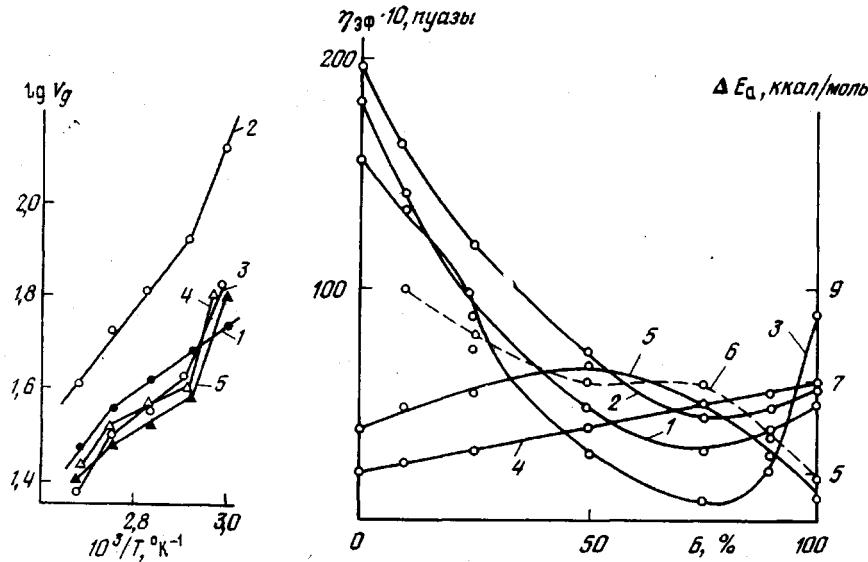


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 1. Зависимость  $V_g$  от обратной температуры (сорбат – этанол) для VIII (1), II (2) и их смесей состава 50:50 (3), 25:75 (4), 75:25 вес. % (5)

Рис. 2. Зависимость вязкости (1–3) и энергии активации вязкого течения (4–6) систем А:Б от соотношения компонентов в смеси в растворах в ДМАА (1, 3–6) и ДМАА–ДМФ (2)

1, 2 — I:VII; 3 — VI:VII; 4 — II:VII; 5 — I:VII; 6 — VI:VII

полиамидокислотного компонента свежесформованные волокна подвергали химической циклизации с целью превращения звеньев полиамидокислоты в полиимидные (VIII). Физико-механические свойства волокон исследовали по стандартной методике [7].

Термостойкость полимеров и волокон оценивали путем измерения прочности пленок или волокон до и после выдерживания при 350–400° в течение определенного времени. Термостойкость  $G$  выражали в процентах сохранения прочности после высокотемпературной экспозиции в сравнении с прочностью при 20°. Термические свойства полимеров и волокон изучали на дериватографе системы Паулек – Паулик – Эрдей (скорость подъема температуры 9 град/мин), а также на приборе для термомеханического исследования полимеров [8] при скорости подъема температуры 3 град/мин, постоянной нагрузке 40 г (удельной нагрузке 0,0817 кГ/мм<sup>2</sup>). ИК-спектры пленок и волокон получали на приборе UR-10 [9].

Исследуемые системы относятся к термодинамически несовместимым полимерным смесям, о чем свидетельствует их расслоение при продолжительном стоянии, а также данные, полученные методом обращенной хроматографии [10].

В качестве иллюстрации на рис. 1 приводятся данные удельного удерживаемого объема сорбата от обратной температуры среды для смеси полимеров II–VII, которая является наиболее кинетически устойчивой из всех исследованных систем. Рассчитанные по методу [11] термодинамиче-

Таблица 1

## Термодинамические характеристики смесей олигомеров и полимеров II–VII

Система	Состав, вес. %	Олигомеры		Полимеры	
		$\Delta H$ , ккал/моль	$\Delta S$ , кал/моль·град	$\Delta H$ , ккал/моль	$\Delta S$ , кал/моль·град
VII	100	-12,65	-20,06	-3,66	-1,83
II	100	-12,49	-18,65	-5,96	-7,45
VII : II	50 : 50	-11,54	-16,81	-3,35	-1,24
VII : II	25 : 75	-11,42	-16,47	-3,43	-1,45
VII : II	75 : 25	-11,42	-19,28	-3,38	-1,19

Примечание.  $\Delta H$  и  $\Delta S$  — энталпия и энтропия растворения соответственно.

Таблица 2

Кинетическая устойчивость исследованных смешанных систем при 20°.  
Концентрация в растворе 10–15 мол. %

Система	Состав смеси, вес. %					
	90 : 10	80 : 20	75 : 25	50 : 50	25 : 75	10 : 90
время до начала расслаивания, сутки						
I : VII *	10	10	10	7	10	10
II : VII *	10	10	10	—	10	10
I : II *	360	360	360	300	300	360
III : V **	10	10	2–3	1	Не смешиваются	
VI : VII *	2	1	1	1	То же	
III : IV **	2	1	Не смешиваются	—	—	1

\* Растворитель ДМАА или ДМАА — ДМФ.

\*\* Растворитель 99–99,5%-ная  $H_2SO_4$ .

ские характеристики (табл. 1) для смеси полимеров подтверждают явную несовместимость в отличие от смесей их олигомеров, которые показывают сегментальную растворимость на границе раздела фаз [6, 12].

Несмотря на термодинамическую несовместимость исследуемых полимеров, почти все изученные системы при определенных соотношениях компонентов имеют замедленную кинетику фазового расслоения и являются псевдосовместимыми. Их растворы длительное время не изменяют свойства и не разделяются на две фазы.

В табл. 2 представлены результаты нефелометрических наблюдений. Данные таблицы позволяют рассматриваемые смеси по кинетической устойчивости в растворе условно разделить на три группы.

Группа 1 — смеси полимеров, кинетически устойчивые в течение длительного времени. К ним относятся смеси I–II и I–VII.

Группа 2 — смешанные системы с ограниченной кинетической совместимостью, но образующие устойчивую эмульсию, не распадающуюся на фазы за время технологических операций при формировании пленок и волокон. Сюда относятся смеси II–VII и III–V составов 90:10, 80–20 и 75:25 вес. %.

Группа 3 — кинетически неустойчивые системы, расслаивающиеся сразу же после смешения или при выставлении до одних суток. Это смеси III–IV, VI–VII и III–V составов 50:50, 25:75 и 10:90 вес. %.

Необходимо отметить, что указанное деление очень условно, так как кинетическая устойчивость смесей зависит от многих факторов, в частности от природы общего растворителя, суммарной концентрации полимеров в растворе, температуры среды и т. д.

Поэтому отнесение выбранных систем к определенной категории сделано по чисто методическим соображениям для удобства последующего анализа результатов исследований. Реологические характеристики концентрированных растворов для систем, имеющих разную кинетическую устойчивость, оказались довольно различными. Так, например, зависимость эффективной вязкости  $\eta_{\text{eff}}$  от состава смеси полимеров группы 1 (рис. 2, кривые 1, 2) показывает, что  $\eta_{\text{eff}}$  изменяется не по закону аддитивности. Добавление небольшого количества полиамидокислоты резко понижает

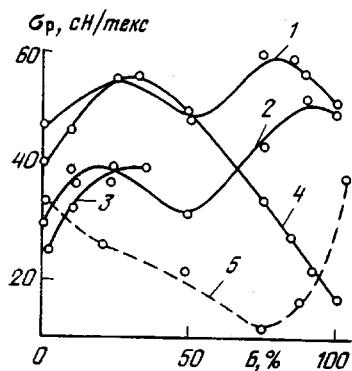


Рис. 3

Рис. 3. Зависимость разрывной прочности от состава смеси А:Б: 1 – II:VIII; 2 – I:VIII; 3 – VI:VIII; 4 – III:V; 5 – III:IV

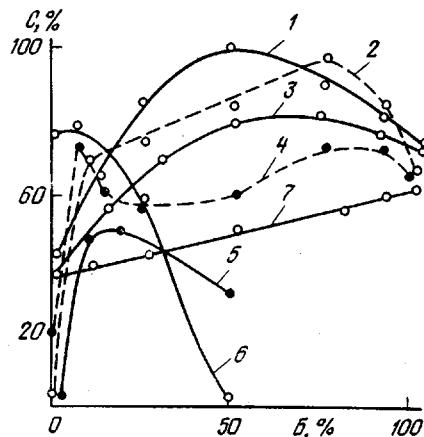


Рис. 4

Рис. 4. Зависимость термостабильности смешанных систем при 350 (1, 3, 5, 7), 400 (2, 4) и 300° (6) от состава смеси А:Б: 1, 2 – II:VIII; 3, 4 – I:VIII; 5 – VI:VIII; 6 – III:IV; 7 – I:II

значение  $\eta_{\text{eff}}$ . Этот эффект наблюдается как для смеси в одном общем растворителе ДМАА, так и в смеси растворителей ДМАА – ДМФ. Здесь же (кривые 4–6) приводятся значения кажущейся энергии активации вязкого течения для смесей, приготовленных в ДМАА. Обращает на себя внимание тот факт, что данные изменения  $\Delta E_a$  для системы I–VII (рис. 2, кривая 5) находятся в кажущемся противоречии с зависимостью  $\eta_{\text{eff}}$  от состава. В самом деле, из рис. 2 (кривые 1 и 2) видно, что при добавлении к раствору I даже небольших количеств полиамидокислоты первичная надмолекулярная структура полиамида разрушается и подвижность структурных элементов смеси определяется как ассоциатами I, так и возникающими более подвижными, смешанными, доменными образованиями I–VII. Это должно было приводить к уменьшению кажущейся энергии активации  $\Delta E_a$ . Однако такого явления не наблюдается, что, видимо, связано с образованием сильных межмолекулярных связей между VII и полиамидом. Исследования растворов I–VII показывают, что их реологические свойства во многом сходны со свойствами гомогенных растворов [13]. Это подтверждает вывод о том, что в пределах исследуемых концентраций и температур смешиваемые полимеры можно рассматривать как псевдосовместимые. Иная картина наблюдается для систем с ограниченной кинетической совместимостью. Так, например, в системе II–VII зависимость энергии активации вязкого течения от соотношения компонентов (рис. 2, кривая 4) почти аддитивна.

Для совершенно несовместимых смесей группы 3 зависимость энергии активации вязкого течения от соотношения компонентов имеет вид, подобный системе VI–VII (рис. 2, кривая 6). Зависимость эффективной вязкости для VI–VII (кривая 3) от соотношения компонентов показывает, что

уже при небольших добавках VI к VII наблюдается резкое уменьшение вязкости вследствие образования гетерогенной системы, представляющей собой эмульсию растворов двух полимеров. Как было указано в табл. 2, такая эмульсия образуется вплоть до соотношения VI : VII = 75 : 25 вес. %, и только в очень ограниченной области с небольшим содержанием VII, в пределах 1–25 вес. %, некоторое время раствор не расслаивается, поэтому левая ветвь кривой 3 на рис. 2 и оказывается более пологой. В этом случае система подобна кинетически совместимой I–VII (кривые 1, 2).

Различный характер свойств изученных смесей полимеров проявляется не только в растворах, но и в твердой фазе, образующейся путем высаживания полимерной смеси каким-либо нерастворителем, например водой, эта-

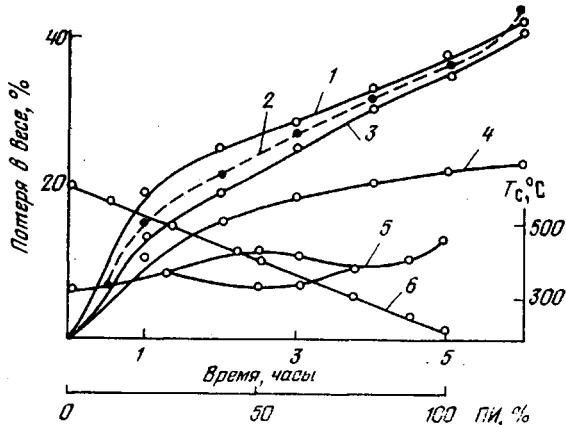


Рис. 5. Деструкция гомополимеров и смесей в зависимости от времени прогревания (1–4) и от состава смеси (6)

1 – II, 2 – II:VIII=75:25 вес. %, 3 – II:VIII=25:75 вес. %, 4 – VIII, 5 – температура стекловидного состояния смеси I:VIII, 6 – смеси II:VIII и I:VIII

нолом, глицерином и др. Особенno это сказывается на физико-механических и термомеханических свойствах волокон и пленок. На рис. 3 представлены показатели прочности волокон из смесей полимеров разного химического состава.

Наиболее интересные результаты получаются при формировании волокон из кинетически устойчивых смесей и ограниченно устойчивых дисперсных систем (группы 1 и 2 по нашей классификации), что иллюстрируется на примере II–VII\*, I–VII\* и III–V. Главной особенностью их свойств является наличие экстремальных зависимостей прочность – состав смеси. Экстремальные всплески приходятся на соотношения 90 : 10, 75 : 25, 20 : 80, 10 : 90 вес. %. При соотношении 50 : 50 вес. % наблюдаются резкие провалы в показателях прочности, что объясняется малой кинетической устойчивостью таких систем, успевающих расслоиться в процессе технологических операций по подготовке прядильных растворов и формирования волокон. По этой причине кривая 3 для системы VI–VIII имеет незавершенный характер. Замечено, что если суметь очень быстро сформовать волокна из смесей до их расслоения, то провалов прочности не наблюдается. По-видимому, с этим же связан характер кривой 4 (с одним максимумом) на рис. 3. Таким образом, отсутствие второго максимума в смесях, обогащенных V и VII (кривая 3 и 4), объясняется их быстрым разделением на фазы. Системы группы 3, термодинамически и кинетически несовместимые, такие, например, как III–IV, показывают снижение прочности сформованных из них волокон (кривая 5, рис. 3) при всех соотношениях компонентов.

\* Готовое волокно вместо компонента VII в своей структуре содержит компонент VIII вследствие имидизации, т. е. I–VIII, II–VIII, VI–VIII.

Наиболее интересны результаты, полученные при исследовании термической стабильности ориентированных полимеров, сформованных из некоторых кинетически устойчивых смесей полимеров [14]. На рис. 4 представлены данные по сохранению термостабильности ориентированных систем в зависимости от состава смеси для типичных представителей полимерных смесей после 100 час. экспозиции при 300°, 10 час. при 350° и 4 час. при 400°.

Из представленных данных можно выделить две группы смешанных полимеров. Первая группа (II–VIII, I–VIII, VI–VIII) показывает отчетливо заметные всплески термостабильности волокон при некоторых соотношениях компонентов. Для I–VIII и II–VIII это соотношение близко к эквимольному (кривые 1–3), для VI–VIII оно составляет 75 : 25 вес. % (кривая 5), а для I–VIII при 400° имеется два соотношения при 90 вес. % первого компонента и 75–80 вес. % второго (кривая 4). Вторая группа (III–IV и I–II) (кривые 6, 7) имеет термостабильность, близкую к аддитивной. Сопоставление данных по термостабильности систем с данными по их совместимости и реологическим свойствам дает основания предположить, что эффекты повышенной термостабильности волокон не связаны с кинетическими особенностями смешанной системы, а определяются их химической природой. В самом деле, наиболее кинетически устойчивая система I–II не показывает повышения термостабильности в сравнении с аддитивной ни для одного соотношения компонентов. Эффекты увеличения термостабильности наблюдаются только для систем, состоящих из полиамида и полиамидокислоты. Однако влияние физической структуры смешанного полимера в ряде случаев является важным. Так, например, те же смеси II–VIII и I–VIII, которые показывали экстремальные значения термостабильности для ориентированных систем (рис. 4, кривые 1–4), в случае изотропных пленок и механических смесей полимеров таких экстремумов не дают (рис. 5). Изотермическая дериватограмма (рис. 5, кривая 6) имеет монотонное понижение показателя деструкции образцов, прогретых при 400° в течение 1 часа, по мере увеличения доли более высокотермостойкого компонента (VII). На рис. 5 представлены также кинетические кривые деструкции механической смеси тех же компонентов при 400° (кривые 1–4). Отчетливо видно, что деструкция смесей полимеров проходит со скоростью, промежуточной между скоростями деструкции гомополимеров II и VIII (кривые 1, 4). Наблюданное противоречие — экстремальное повышение термостабильности ориентированных полимеров и близкое к аддитивному изменение термостабильности механических изотропных смесей, по-видимому, можно объяснить формированием псевдооднородной плотно упакованной структуры при наложении поля деформационных сил в процессе получения волокна (фильтрное и пластификационное вытягивание).

Это явление можно назвать структурной термостабилизацией. Оно подтверждается наличием единой температуры стекловления для смесей составов 90 : 10, 75 : 25, 25 : 75, 10 : 90 вес. %, не расслаивающихся в процессе формования, и двух температур для заведомо неустойчивых смесей составов 75 : 25–25 : 75 вес. %, которые при формировании разделяются на фазы (рис. 5, кривая 5). Еще более заметное влияние структурной организации смешанного полимера проявляется при получении волокна из кинетически неустойчивых смесей. Так, например, при формировании волокна из смесей VI–VII и II–VII в готовом волокне VI–VIII и II–VIII наблюдается повышение термостабильности только в том случае, если полимерные растворы не успели расслоиться. Формование в момент расслоения приводит к получению волокон с резко выраженной структурной неоднородностью. Такие волокна по термостабильности не отличаются от волокон из гомополимеров [14].

Таким образом, рассмотренный экспериментальный материал позволяет выделить два наиболее характерных проявления свойств смешанных систем в твердой фазе: 1) повышенная термостабильность некоторых смесей

в сравнении с гомополимерами; 2) экстремальное отклонение от аддитивности прочностных свойств ориентированных смешанных систем, кинетически устойчивых в концентрированных растворах.

Природа этих явлений может быть связана как с химической структурой компонентов смеси, так и с физико-химическими свойствами всей системы в целом. Как уже упоминалось, полимерные смеси состоят или из компонентов одного и того же химического класса — полиамидов, или разных классов — полиамида и полииамидокислоты, причем в процессе превращения в готовые изделия (пленки, волокна) смесь полиамида — полииамидокислота превращается в полиамида — полиимид при химической или термической циклизации.

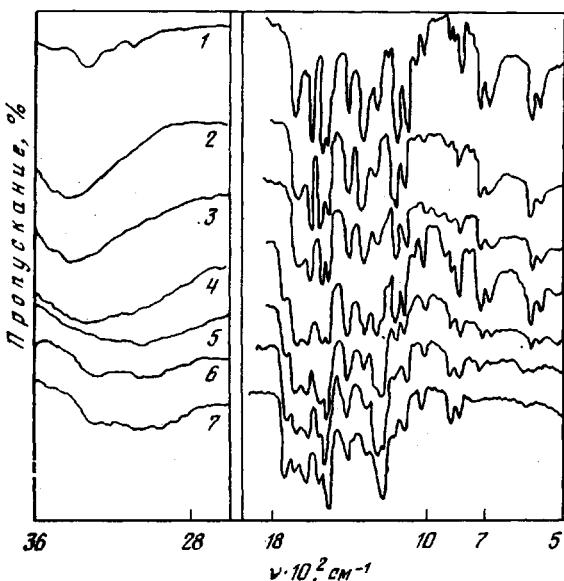


Рис. 6

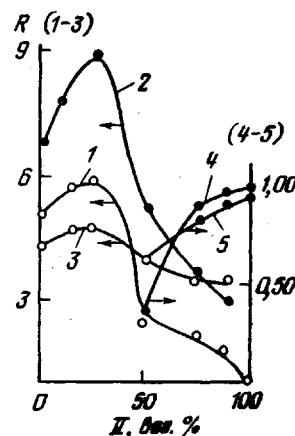


Рис. 7

Рис. 6. ИК-спектры образцов I (1), I:VII=90:10 (2), 75:25 (3), 50:50 (4), 25:75 (5), 10:90 вес., % (6), VII (7)

Рис. 7. Зависимость дихроизма  $R$  полос поглощения в ИК-спектрах от состава волокна: 1 - 1020, 2 - 610, 3 - 1780, 4 - 1680, 5 - 3340  $\text{см}^{-1}$

Экспериментальные факты показывают, что смеси одного и того же класса не проявляют повышенной термостабильности, тогда как для всех смесей, составленных из полиамида и полиимидов, всегда наблюдается повышение термостабильности при некоторых соотношениях компонентов.

Далее будет показано, что смешение полиамидов с полииамидокислотой при определенных соотношениях компонентов и концентрациях в общем растворителе, несмотря на их термодинамическую несовместимость, может приводить к образованию достаточно прочных смешанных ассоциатов макромолекул полиамида и полииамидокислоты за счет образования межмолекулярных водородных связей. Эти ассоциаты могут образовываться или в гомогенной среде в случае систем группы 1 или в переходной области в случае гетерогенных систем группы 2 [15].

Для пленок и волокон, подвергавшихся термообработке, возможно образование и более прочных межмолекулярных мостичных связей типа  $-\text{CO}-\text{N}-\text{CO}-$ . Это подтверждается температурами стеклования (рис. 5), изменением плотности, а также данными ИК-спектроскопии пленок и волокон (рис. 6). ИК-спектры, полученные для пленок из I—VII, сформованных по мокрому способу из общего растворителя (ДМАА), показывают сильные отклонения от аддитивности ряда полос [9]. Отчетливо это прояв-

ляется для смесей с соотношением компонентов 90 : 10 и 25 : 75 вес. %, что свидетельствует о наличии взаимодействия между I и VII. Данное соотношение соответствует и наибольшая термостабильность (рис. 4). Заметное отклонение имеет место также для полосы с частотой  $1730 \text{ см}^{-1}$ , что может быть связано с конформационными перестройками в макромолекулах VII.

Таким образом, всплески на кривых термостабильности для некоторых смесей полимеров могут быть объяснены образованием сильно структурированных систем за счет мостиных ковалентных или водородных связей.

Важный вклад в проявление особых свойств смешанных полимеров вносит их физическая структура, в частности микро- и макрогетерогенность пленок или волокон.

Ранее указывалось, что экстремальные отклонения от аддитивности прочностных свойств волокон наблюдаются только в случае формования их из псевдосовместимых, нерасслоившихся систем, подвергавшихся большим ориентационным вытяжкам. Влияние ориентационных явлений, сопровождающих процесс образования смешанных волокон, подробно рассмотрено в работе [9]. Молекулярную ориентацию в смешанных волокнах на основе II–VII оценивали методом поляризационной спектроскопии. Исследование дихроического отношения ряда полос в ИК-спектрах (рис. 7) вытянутых волокон показало, что введение в волокно до 25% как одного, так и другого компонента сопровождается ростом поляризации прежде всего доминирующего в смеси полимера. Для волокон, содержащих 10 и 25% II, наблюдается возрастание как суммарной ориентации макромолекул VII и II (кривая 1), так и ориентации макромолекул VIII (кривые 2, 3). Вероятно, наличие 10–25% I в растворе VII способствует образованию оптимальной гетерогенной системы, которая позволяет достичь в процессе формования максимального ориентационного эффекта.

Экстремальная зависимость ориентации молекул от состава в указанном интервале концентраций хорошо коррелирует с подобной зависимостью прочностных характеристик указанных волокон (рис. 3). Для волокна с соотношением компонентов 50 : 50 вес. % характерно падение как суммарной ориентации макромолекул, так и ориентации макромолекул VIII. Ранее было показано, что эти смеси в прядильном растворе не устойчивы и быстро разделяются на фазы.

Повышение прочности волокон с преобладающим содержанием компонента II по сравнению с прочностью гомополимерного волокна не сопровождается существенным изменением ориентации макромолекул. Можно предположить, что в этом интервале соотношений компонентов экстремальное повышение прочности является следствием армирования системы ориентированными, более прочными, ультратонкими анизодиметрическими частицами VIII дисперсной фазы (рис. 8). Эффективность такого микроармирования, по-видимому, усиливается образованием переходных слоев и межфазным взаимодействием [15].

Всесоюзный научно-исследовательский  
и проектный институт  
искусственного волокна

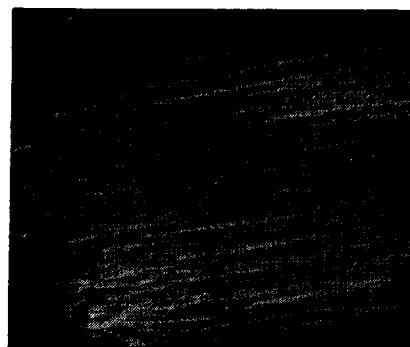


Рис. 8. Микрофотография (увеличение в 320 раз) в поляризованном свете термовытянутого волокна II:VIII соотношения 75:25 вес. % после вытравливания первого компонента

Поступила в редакцию  
30 III 1978

## ЛИТЕРАТУРА

1. Японск. пат. 44934, 1973; 00412, 1974; Пат. США 3767756, 1974; Р. Г. Федорова, Г. И. Кудрявцев, М. В. Шаблыгин, Международный симпозиум по химическим волокнам, Калинин, 1974, № 4, стр. 39; Г. И. Кудрявцев, Р. Г. Федорова, Высокомолек. соед., Б17, 83, 1975.
2. W. Meissner, W. Berger, Faserforsch. und Textiltech., 1965, № 16, 400.
3. В. В. Коршак, Термостойкие полимеры, «Наука», 1969, стр. 179, 213.
4. Р. Г. Федорова, Г. И. Кудрявцев, Н. С. Кругикова, Химич. волокна, 1972, № 2, 73; Т. И. Шейн, Г. И. Кудрявцев, Р. Г. Федорова, Т. И. Кислова, Авт. свид. 169741, 1965. Бюлл. изобретений, 1965, № 7.
5. Р. Г. Федорова, Г. И. Кудрявцев, Н. В. Яшкова, Высокомолек. соед., Б18, 818, 1976.
6. Э. П. Цуман, Л. В. Гончарова, Л. М. Левитес, Р. Г. Федорова, Г. И. Кудрявцев, Химич. волокна, 1977, № 1, 39.
7. Н. В. Демина, А. М. Моторина, Э. А. Немченко, Н. А. Новиков, С. А. Новикова, М. М. Панфилова, Л. С. Романова, А. А. Роговина, Методы физико-химических испытаний химических волокон, нитей и пленок, Легкая индустрия, 1969, стр. 331.
8. Б. Л. Цетлин, В. И. Гаврилов, Н. А. Великовская, В. В. Кочкин, Заводск. лаб., 22, 352, 1956.
9. Р. Г. Федорова, М. В. Шаблыгин, Г. И. Кудрявцев, Химич. волокна, 1973, № 2, 14; О. А. Никитина, М. В. Шаблыгин, Р. Г. Федорова, Г. И. Кудрявцев, Химич. волокна, 1977, № 1, 34.
10. Ю. С. Липатов, А. Е. Нестеров, Т. Д. Игнатова, Докл. АН СССР, 222, 609, 1975; А. Е. Нестеров, Ю. С. Липатов, Высокомолек. соед., А16, 1919, 1974.
11. Д. А. Власирев, А. Ф. Шушунова, Руководство по газовой хроматографии. «Высшая школа», 1975, стр. 302.
12. В. Н. Кулезнев, Л. С. Крохина, Ю. Г. Оганесов, Л. М. Злацен, Коллоидн. ж., 33, 98, 1971.
13. Р. Г. Федорова, Г. И. Кудрявцев, Н. С. Кругикова, Химич. волокна, 1970, № 6, 71.
14. Р. Г. Федорова, Г. И. Кудрявцев, Н. В. Яшкова, О. А. Никитина, М. В. Шаблыгин, Международный симпозиум по химическим волокнам, Калинин, 1977, № 4, стр. 36.
15. Ю. С. Липатов, Высокомолек. соед., А20, 3, 1978.

---

## FORMS OF THE COMPOSITION-PROPERTIES RELATIONSHIP FOR THE MIXTURES OF THERMODYNAMICALLY INCOMPATIBLE POLYMERS

*Kudryavtsev G. I., Fedorova R. G., Nikitina O. A.  
Shablygin M. V.*

### Summary

The effect of thermodynamically incompatible mixtures of polyamides of an aromatic and alkyl aromatic series on the form of relationship of their properties in a solution and solid state (the isotropic and anisotropic systems) depending on a mixture composition is studied. In investigation of the viscous properties of the polymeric mixture solutions the aggregation of the components of the fluctuating character is found for kinetically stable mixtures and also the absence of interaction in the case of separated systems. In case of anisotropic systems there are two ways for the manifestation of properties: 1) the extremal increase of the thermal stability of mixtures in comparison with homopolymers; 2) the nonadditive character of the dependence of the strength properties of oriented mixed systems. The splashes of thermal stability for certain mixtures can be a consequence of system structurization due to bridge-like covalent and hydrogen bonds. The extremal deviation from the additivity of the strength properties of fibres is a consequence both orientation phenomena and system reinforcement by the oriented, more strength superthin anisodimetric particles of dispersed phase.