

УДК 541.64:542.954

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОМПОЗИТЫ И СМЕСИ ПОЛИАМИДБЕНЗИМИДАЗОЛ-ПОЛИАРИЛЕНСУЛЬФОН

© 2003 г. С. В. Котомин

Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчева Российской академии наук
119991 Москва, Ленинский пр., 29

Поступила в редакцию 04.09.2002 г.

Принята в печать 11.11.2002 г.

Методами термомеханики, поляризационной ИК-спектроскопии и оптической микроскопии исследованы термодеформационные и структурно-морфологические особенности композитов в виде пластиков и нитей, сформованных из гомогенной смеси полисульфона и жесткоцепного полиамидбензимидазола в общем растворителе. Композитные нити, содержащие до 10 мас. % полиамидбензимидазола, относятся к двухфазным коллоидно-дисперсным системам матричного типа, в которых частицы двулучепреломляющей высококоориентированной фазы полиамидбензимидазола диспергированы в изотропной полисульфоновой матрице. Нити, имеющие в составе свыше 10 мас. % полиамидбензимидазола, обладают фибрillярно-матричной структурой и термомеханическими свойствами, близкими к аналогичным свойствам нитей СВМ. При введении в смесь более 40 мас. % полиамидбензимидазола происходит инверсия фаз, и полисульфон переходит в слабо ориентированную дисперсную фазу. Добавка полиамидбензимидазола к полисульфону существенно повышает деформационную теплостойкость органопластиков из монолитизированных нитей благодаря формированию структурного термостойкого каркаса.

ВВЕДЕНИЕ

Армированные пластики на основе теплостойких термопластов и высокопрочных волокон из жесткоцепных полимеров являются перспективными конструкционными материалами для современной техники. Молекулярные композиты на основе смесей жесткоцепных и гибкоцепных полимеров, в которых армирование матрицы жесткоцепными полимерами обеспечивается на молекулярном уровне, в последние годы рассматривают как альтернативу традиционным армированным пластикам.

Термин “молекулярные композиты” относят чаще всего к смесям, полученным из общего растворителя с малым (до 30%) содержанием жесткоцепного полимера [1]. Представляется, что этот термин можно использовать и при других соотношениях компонентов при условии их смешения на молекулярном уровне. Подробный анализ последних достижений и проблем в области создания молекулярных композитов представлен в работе [2].

Широко исследованы молекулярные композиты на основе смесей ароматических полиамидов

(арамидов), например поли-*n*-бензамида (**ПБА**) и поли-*n*-фенилентерефталамида (**ПФТА**), с алифатическими полиамидами, в частности с ПА-6. Смешение полимеров проводят через общий растворитель (серную кислоту). Химическая активность H_2SO_4 и необходимость полного удаления растворителя после смешения значительно усложняет процесс, поэтому наиболее распространенным способом является получение молекулярных композитов в виде волокон, технология формования которых обеспечивает эффективную отмывку от растворителя.

В отличие от арамидных волокон на основе ПФТА (например, Терлона или Кевлара), формование высокопрочных полиамидбензимидазольных волокон типа СВМ проводят из изотропных растворов в ДММА, что позволяет использовать прядильный раствор непосредственно для смешения с другими полимерами, растворимыми в ДММА. Характерной особенностью волокнообразующего жесткоцепного полиамидбензимидазола является высокая ориентация макромолекул, достигаемая при термообработке без дополнительной вытяжки в механическом поле, причем это состояние является термодинамически устойчивым и сохраняется при высоких температурах.

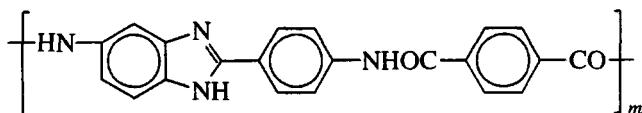
E-mail:svk@ips.ac.ru (Котомин Сергей Владимирович).

Среди конструкционных теплостойких и негорючих термопластов полиариленсульфоны также отличаются хорошей растворимостью в амидных растворителях, что облегчает смешение полимеров в растворе. С другой стороны, получение традиционных композитов методом пропитки волокнистых полимерных наполнителей расплавом полисульфона осложняется высокой температурой и вязкостью этого расплава, поэтому беспропиточный способ совмещения полисульфоновой матрицы с жесткоцепным гетероароматическим полиамидом на молекулярном уровне представляется интересным для получения теплостойких органокомпозитов.

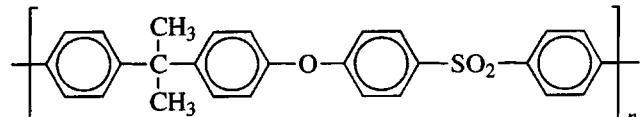
Исследование структуры и свойств композитных нитей из смесей полисульфон–полиамидбензимидазол, а также пластиков, полученных из этих нитей, и посвящена настоящая работа.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными объектами исследования являлись органопластики и нити из следующих полимеров и их смесей: полиамидбензимидазол (ПАБИ)



и полиариленсульфон (ПСФ) на основе дифенилолпропана и 4-гидроксидифенилсульфона



Нити получали формированием из прядильных растворов в ДММА при концентрации полимеров и их смесей в растворе 10–20 мас. % [3]. Характеристическая вязкость полимеров в ДММА (с добавкой 3% LiCl) при 25°C для исходных полимеров составляла 7.3 (ПАБИ) и 0.78 (ПСФ).

Для сравнительной оценки молекулярной ориентации полимеров в нитях использовали метод поляризационной ИК-спектроскопии на спектрофотометре "Specord M-80". Морфологию нитей исследовали поляризационной оптической микроскопией на микроскопе МИН-8 после селективного удаления одного из компонентов.

В качестве селективных растворителей для ПСФ применяли хлороформ и ацетон, для ПАБИ – серную кислоту (х.ч., массовая доля H₂SO₄ не более 93.5–95.6%). Растворение ПСФ нити в хлоро-

форме происходит за 5–10 с, а в ацетоне нити сначала набухают, и затем медленно растворяются. В H₂SO₄ растворение ПАБИ нити происходит за 2–5 с; в тех же условиях ПСФ нить устойчива в течение 15–20 мин.

Термомеханические исследования нитей проводили на термоанализаторе "Perkin-Elmer" (модель ТМА-7), термокалориметрические – на ДСК калориметре "Mettler TA-4000".

Для изучения процесса поперечного деформирования и монолитизации нити подвергали сжатию при постоянном давлении 3 МПа в камере капиллярного вискозиметра ИИРТ по разработанной ранее методике [4]. С помощью индикатора перемещений определяли изменение толщины (объема) образца при нагревании со скоростью 10 град/мин. Для получения однона правленных предельно-армированных образцов пластиков комплексную нить наматывали на плоскую оправку с последующим прессованием при 280°C и давлении 3–6 МПа в течение 15 мин.

Прочность и модуль упругости при изгибе полученных прессованием пластин определяли согласно ASTM D 790-86, деформационную теплостойкость при изгибе оценивали по рекомендуемой фирмой "Perkin-Elmer" методике на микропластиках [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Смеси жесткоцепного ПАБИ и гибкоцепного ПСФ термодинамически несовместимы, но их растворы в ДММА при исследованных концентрациях кинетически устойчивы в течение нескольких часов, что достаточно для формования нитей. Визуальная гомогенность и прозрачность прядильных растворов свидетельствовала о равномерном смешении полимеров в растворе, что является основным условием для получения молекулярных композитов [2].

Изучение воздействия селективных растворителей на образцы полученных композитных нитей показало, что в зависимости от соотношения ПСФ–ПАБИ их можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся образцы с содержанием ПАБИ до 15 мас. %. Эти нити устойчивы к действию серной кислоты, однако под воздействием хлороформа (селективного растворителя ПСФ) нити быстро (за 1–2 с) утрачивают целостность и распадаются с образованием взвеси частиц ПАБИ в жидкой фазе. При этом в поле микроскопа при скрещенных поляризаторах просматриваются двулучепреломляющие анизодиамет-

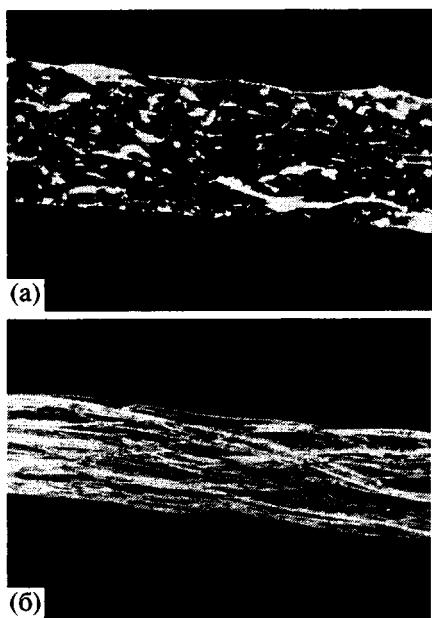


Рис. 1. Микрофотографии дисперсной фазы ПАБИ, полученные после обработки ацетоном нитей из смесей ПСФ–ПАБИ с содержанием ПАБИ 1 (а) и 10 мас. % (б). $\times 250$.

личные частицы, полидисперсные по размеру. Полученные результаты свидетельствуют о том, что нити при этом соотношении компонентов относятся к двухфазным системам матричного типа, причем ПСФ образует матричную фазу, а компонент ПАБИ является диспергированной фазой.

Селективное воздействие ацетона на нити первой группы позволило выявить определенные закономерности структурирования дисперсной фазы. На микрофотографии нити с содержанием ПАБИ 1 мас. % после воздействия ацетона (рис. 1а) видно, что фаза с двойным лучепреломлением диспергирована в изотропной дисперсионной среде в виде анизодиаметричных частиц. По-видимому, это зародыши фибрillлярных образований, способные к дальнейшему формированию фибрill за счет контактного взаимодействия. Подобная картина упорядочения двулучепреломляющей фазы близка к упорядочению в жидких системах, содержащих анизодиаметричные частицы коллоидной степени дисперсности [6].

Увеличение содержания ПАБИ выше 10–15 мас. % приводит к завершению структурирования непрерывных анизодиаметричных частиц. Нити ПСФ–ПАБИ, содержащие 10 мас. % ПАБИ, имеют развитую фибрillлярно-матричную струк-

туру, которая отчетливо видна на микрофотографии нити после обработки ее ацетоном (рис. 1б).

Таким образом, нити в исследованном интервале соотношения ПСФ–ПАБИ можно отнести к двухфазным дисперсным системам матрично-фибрillлярного типа. При содержании ПАБИ до 10–15 мас. % дисперсионной средой является ПСФ, в то время как ПАБИ образует дисперсную фазу.

Ко второй группе следует отнести нити с содержанием ПАБИ более 40%, при котором, вероятно, происходит инверсия фаз. Образцы этой группы устойчивы к действию хлороформа, что свойственно ПАБИ-нити. При набухании в серной кислоте диаметр этих нитей увеличивается почти в 3 раза, и в поле микроскопа (при скрещенных поляроидах) виден гель молочного цвета, очевидно, состоящий из слабо ориентированных частиц ПСФ коллоидной степени дисперсности.

Изучение поляризационных спектров образцов нитей ПСФ, ПСФ–ПАБИ и ПАБИ в области скелетных колебаний цепи показало, что в спектре ПСФ почти отсутствует анизотропия поглощения ИК-излучения (рис. 2). Это относится к полосам 834, 853 и 875 cm^{-1} (колебания связей С–Н в бензольных кольцах), 1081, 1108, 1153, 1170 cm^{-1} (симметричные и асимметричные валентные колебания сульфогруппы) и к полосе 1240 cm^{-1} (валентные колебания оксигруппы) [7].

В случае ПАБИ-нити наблюдается высокая степень анизотропии почти всех ИК-полос поглощения; прежде всего это относится к полосам 810, 844 и 890 cm^{-1} , обусловленным колебаниями бензольных ядер.

Таким образом, смешиваемые полимеры существенно отличаются по способности формировать одновременно ориентированное состояние. Поляризационный спектр нити из смеси с массовым соотношением компонентов 50 : 50 по степени дихроизма полос поглощения занимает промежуточное положение между описанными выше спектрами. Характерные для бензольных колец ПАБИ полосы 810 и 890 cm^{-1} в спектре композитной нити имеют дихроизм, близкий по величине к дихроизму этих полос в спектре ПАБИ-нити. Полосы 1080, 1108, 1153, 1170 и 1240 cm^{-1} , относящиеся к колебаниям сульфо- и оксигрупп ПСФ [7], почти не проявляют дихроизма поглощения. Аналогичная картина наблюдается и для нити, содержащей 60% ПСФ и 40% ПАБИ. Исходя из этого, можно сделать заключение о том, что при любом соотношении компонентов в нитях ПАБИ находится в высокоориентированном, а ПСФ – в слабо ориентированном состоянии.

Из анализа спектров также видно, что для ПСФ в области 2400–3000 см⁻¹ свойственно наличие изолированных полос поглощения, соответствующих к валентным колебаниям связей СН. Спектр ПАБИ характеризуется подобными полосами поглощения 1640 и 3300 см⁻¹, которые обусловлены валентными колебаниями связей С–О и NH амидных групп [8].

Указанное расположение аналитических полос поглощения в поляризационных спектрах позволило провести количественный анализ ориентации компонентов в смесевых системах. Оценку ориентации ПСФ проводили по дихроизму перпендикулярной полосы поглощения 2968 см⁻¹ (относящейся к валентным колебаниям связей С–Н метильной группы), а ПАБИ-компонента – по дихроизму перпендикулярной полосы поглощения 1640 см⁻¹ (валентное колебание карбонила амидной группы). Для характеристики общей молекулярной ориентации в системе использовали дихроизм параллельной полосы поглощения 1020 см⁻¹, присутствующей в спектре как ПСФ, так и ПАБИ и, по-видимому, относящейся к валентным скелетным колебаниям связей в цепи.

На рис. 3 приведена зависимость дихроичного отношения ($R = D_{\parallel}/D_{\perp}$) полос поглощения 1020 (кривая 1), 2968 (кривая 2) и 1640 см⁻¹ (кривая 3) от состава смеси. Как видно, при увеличении содержания ПАБИ в смеси повышается молекулярный ориентационный порядок в нитях. На это указывает рост численного значения дихроизма параллельной полосы 1020 см⁻¹ (кривая 1). Во всех исследованных образцах нитей, независимо от состава, ПСФ находится в слабо ориентированном состоянии (кривая 2), т.е. добавка ПАБИ не влияет на ориентацию ПСФ. Повышение ориентационного порядка в исследованных объектах в основном обусловлено вкладом ПАБИ-компонента, молекулярная ориентация которого повышается с увеличением содержания этого полимера в смеси (кривая 3). Дихроизм перпендикулярной полосы 1640 см⁻¹ для смесей, содержащих 40 и 50% ПАБИ, по численному значению приближается к дихроизму этой полосы в спектре ПАБИ и равен 0.47. Таким образом, в смеси ПСФ–ПАБИ при массовом соотношении компонентов 60 : 40 и 50 : 50% для ПАБИ характерна высокая степень молекулярной ориентации; при этом ПСФ находится в слабоориентированном состоянии. Судя по ИК-спектрам композитных нитей, химического взаимодействия между полимерами при смешении не происходит.

Результаты калориметрических исследований композитных нитей, представленные на рис. 4,

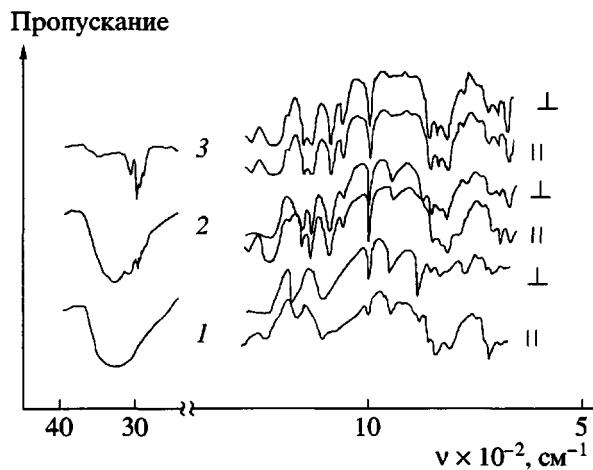


Рис. 2. Участки ИК-спектров (слева от разрыва по оси абсцисс) и ИК-поляризационных спектров (справа от разрыва) образцов нитей на основе ПСФ (1), ПАБИ (2) и равновесовой смеси ПСФ–ПАБИ (3). Спектры получены при электрическом векторе излучения, параллельном и перпендикулярном оси нити.

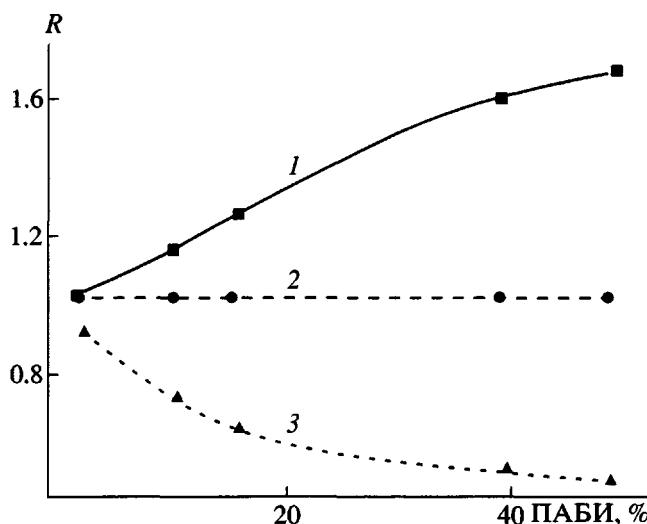


Рис. 3. Зависимость дихроичного отношения ($R = D_{\parallel}/D_{\perp}$) полос поглощения 1020 (1), 2968 (2) и 1640 см⁻¹ (3) в поляризационных ИК-спектрах нитей от состава смеси ПСФ и ПАБИ.

также свидетельствуют о сохранении в смесях значений температур стеклования ПСФ (180°C) и ПАБИ (260°C), свойственных индивидуальным полимерам до смешения.

Для исследуемых композитных волокон ранее не были описаны термодеформационные свойства, являющиеся важными характеристиками для оценки их теплостойкости и поведения при переработке в армированные пластики, особенно методом безматричной монолитизации [9]. Получ-

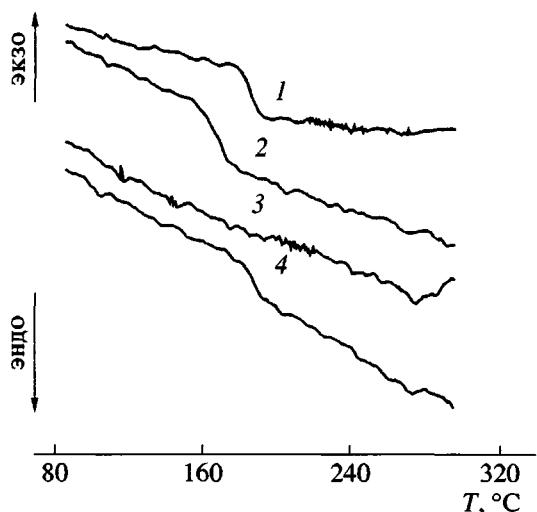


Рис. 4. ДСК нитей из ПСФ, ПАБИ и их смесей при содержании ПСФ 100 (1), 85 (2), 10 (3) и 50 мас. % (4).

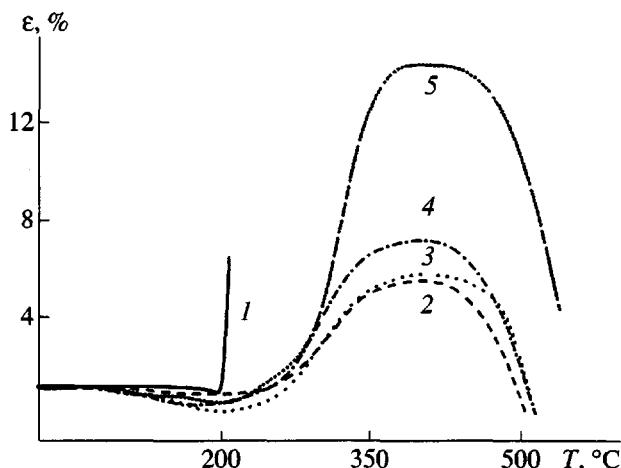


Рис. 5. Термодеформационные кривые для нитей из ПСФ (1), ПАБИ (2) и их смесей при содержании ПСФ 10 (3), 50 (4) и 90 мас. % (5).

ченные данные по указанным свойствам приведены на рис. 5. Как видно, при нагревании нитей из ПАБИ и смесей ПСФ–ПАБИ претерпевают (после небольшой усадки) значительное удлинение. При этом сохраняется форма и определенная прочность композитной нити вплоть до высоких температур в отличие от плавких нитей из ПСФ. Подобное поведение характерно и для большинства волокон, сформованных из изотропных растворов жесткоцепных термостойких полiamидов.

При формировании ПАБИ-нитей из изотропных растворов (в амидных растворителях) степень ориентации макромолекул при формировании и при фильтрной вытяжке относительно невысока. При нагревании нитей из ПАБИ в интервале 260–300°C

наблюдается термотропный переход полимера в ЖК-состояние, сопровождаемый самопроизвольной осевой ориентацией макромолекул и значительным удлинением нити [9]. В результате без дополнительной вытяжки происходит спонтанное удлинение нити и значительно возрастает ориентация, сопровождаемая многократным повышением модуля упругости и прочности волокна.

Добавка ПАБИ к ПСФ обеспечивает благодаря образованию структурного каркаса из фибрill ПАБИ существенное повышение теплостойкости волокна. Нити с содержанием ПАБИ 10% и выше не плавятся, однако нити с содержанием ПАБИ в смеси до 10% сохраняют плавкость и композиты такого типа, очевидно, можно перерабатывать методами литья под давлением и экструзии.

Помимо изучения продольных термодеформационных свойств представляло интерес оценить влияние термопластичной добавки ПСФ на поперечную податливость композитных нитей. Можно было предположить, что добавка должна изменить эту характеристику и способствовать повышению степени наполнения в армированных пластиках, особенно в условиях формирования предельно-армированных материалов.

Полученные нами ранее результаты на композитных арамидных нитях свидетельствовали о существенном повышении поперечной податливости нитей при введении в их состав добавки термопластичного полiamида ПА-6 [10]. Однако, как показано на рис. 6 (кривые 1 и 2), в случае свежесформованных нитей из смесей ПСФ–ПАБИ, влияние термопластичной добавки на эту характеристику незначительно. Подобное различие в действии добавок термопластичных полимеров можно объяснить соотношением вязкости компонентов смеси. Если в случае смеси ПФТА–ПА-6 различие в вязкости полiamидов достигает несколько порядков, то для смеси ПСФ–ПАБИ, как было показано ранее при изучении поперечного деформирования нитей из ПАБИ, вязкость полимеров оказывается близкой [4]. Следует уточнить, что в данном случае речь идет об эффективной "поперечной" вязкости, поскольку в поперечном и осевом направлениях различие в эффективной вязкости для нити ПАБИ достигает несколько порядков.

Для термообработанных нитей ПАБИ (СВМ) и композитных нитей ПАБИ–ПСФ различие в термодеформационном поведении при сжатии более заметно. В целом деформация термообработанных нитей начинается и завершается при более высоких температурах, чем для свежесфор-

мованных нитей. Наибольшее различие при этом проявляется для композитных нитей, содержащих ПСФ. В терминах эффективной вязкости подобное поведение соответствует большей "поперечной" вязкости термообработанных нитей. Можно предположить, что это различие обусловлено сшивкой макромолекул, происходящей при термообработке и понижающей подвижность фибрилл в поперечном направлении.

Физико-механические свойства свежесформованных композитных нитей и полученных из этих нитей предельно-армированных пластиков представлены в таблице. Как видно, при введении до 5% ПСФ в состав волокна физико-механические свойства волокон и пластиков практически остаются на уровне нитей СВМ, но при увеличении содержания добавки выше 10% эти свойства существенно понижаются. Свойства предельно-армированных пластиков также оказываются ниже уровня свойств анизотропно-армированных пластиков, полученных традиционным методом (из препрега) при том же соотношении нить СВМ–ПСФ-матрица.

Значительное уменьшение прочности нити ПАБИ при введении добавки ПСФ можно объяснить особенностями морфологии смесевых волокон, выявленных с помощью электронно-микроскопического исследования композитных нитей ПАБИ, содержащих до 50% ПСФ¹. Было показано, что в этих нитях микрофибрillлярные образования из ПСФ, имеющие размер 10–1000 нм, располагаются в матрице ПАБИ в основном в центральной части нити. Свойства последней в значительной мере определяют прочность нити в целом.

Из таблицы также видно, что физико-механические свойства нитей из ПСФ и композитных нитей с малыми добавками ПАБИ (1–10%) являются также очень низкими. Это обусловлено низкой степенью ориентации, а также рыхлой и пористой структурой нитей, связанной с особенностями осаждения ПСФ из раствора при формировании. Такие нити малопригодны для дополнительной вытяжки и для текстильной переработки. Ранее было показано, что полисульфоновые нити со значительно более высокими механическими свойствами формуются из расплава [11], однако получить смеси ПСФ–ПАБИ через расплав без использования общего растворителя невозможно.

На рис. 7 приведены термодеформационные кривые при изгибе образцов пластиков из ПСФ,

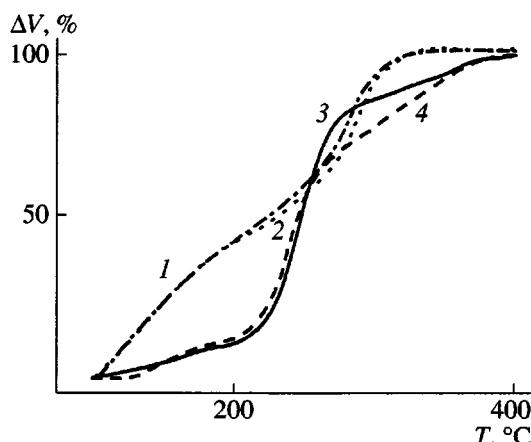


Рис. 6. Изменение объема при поперечном сжатии и нагревании. 1, 2 – свежесформованные, 3, 4 – термообработанные нити из ПАБИ (1, 3) и смеси ПАБИ с 5 мас. % ПСФ (2, 4).

предельно-армированных материалов из нитей СВМ и композитных нитей ПАБИ–ПСФ, а также для сравнения – углепластика с ПСФ-матрицей. Обращает на себя внимание исключительно высокая деформационная теплостойкость предельно-армированных пластиков из композитных нитей. Как видно из рисунка, теплостойкость углепластика находится на уровне ПСФ-матрицы (180°C), а пластик на основе монолитизированных композитных нитей ПАБИ–ПСФ (50 : 50) более чем на 200°C превосходит по этому показателю ПСФ и приближается к предельно-армированному пластику из нитей СВМ. Поскольку деформационная теплостойкость армированных пластиков определяется, как правило, температурой стеклования полимерной матрицы, необычно высокую теплостойкость пластика ПСФ–ПАБИ можно объяснить влиянием структурного каркаса из ПАБИ.

В анизотропно-армированном углепластике армирующие волокна в условиях сложнонапряженного состояния при изгибе работают в основном на растяжение, а матрица – на сдвиг, и теплостойкость последней определяет деформационную теплостойкость материала в целом. В композите ПАБИ–ПСФ жесткоцепной термостойкий каркас полимера, по-видимому, обеспечивает армирование в объеме материала и оказывается более эффективным в условиях изгибающей деформации. Возможно, что причина ранее упомянутой устойчивости такого молекулярного композита к воздействию селективных растворителей для ПСФ также связана с экранирующей ролью этого каркаса, препятствующего растворению и вымыванию ПСФ из объема композита.

¹ Исследования выполнены С.И. Бандуряном.

Свойства композитных нитей и органопластиков

Содержание ПСФ, %	Разрывная нагрузка, сН/текс	Разрывное удлинение, %	Плотность, кг/м ³	Модуль упругости при изгибе, ГПа	Прочность при изгибе, МПа
		свежесформованные нити	органопластики		
0	57	11	1404	110	710
10*	120*	5*	1440*	90*	780*
1	57	10	1400	82	610
5	57	7	1390	80	660
10	56	7	1388	40	530
15	57	6	1385	25	490
20	43	7	1380	21	450
30	33	—	1375	25	360
50	40	10	—	20	360
85	3	10	—	—	—
90	8	10	—	—	—
99	3	12	—	—	—
100	2	5	—	—	—

Примечание. Коэффициент вариации для всех физико-механических показателей составлял 10–15%.

* Относится к термообработанной нити СВМ и высоконаполненному пластику на основе препрега СВМ – 10% ПСФ.

Согласно полученным данным, введение более 5% ПСФ для получения высокопрочных нитей из ПАБИ нецелесообразно, но подобная модификация может быть использована, например,

в случае последующей переработки в виде волокнистого нетканого материала в теплостойкие изотропно-армированные пластики и сотовые конструкции методом спекания без дополнительного применения связующего.

Таким образом, исследования структурно-морфологических особенностей нити, сформованной из смеси ПСФ и ПАБИ, показали, что композитная нить, содержащая от 1 до 15 мас. % ПАБИ, относится к двухфазным коллоидно-дисперсным системам матричного типа, в которых анизотропная фаза ПАБИ диспергирована в изотропной ПСФ-матрице. При содержании ПАБИ выше 40 мас. % происходит инверсия фаз, и ПАБИ становится матрицей, а ПСФ переходит в дисперсную фазу.

При всех соотношениях компонентов в композитной нити ПАБИ всегда сохраняет высокую степень молекулярной ориентации, а ПСФ находится в слабо ориентированном состоянии. Введение в ПСФ более 10% ПАБИ значительно повышает теплостойкость нитей и органопластиков с ПСФ-матрицей за счет термостойкого жесткокцепчного каркаса из ПАБИ. Добавка до 5% ПСФ в состав нитей ПАБИ практически не влияет на их

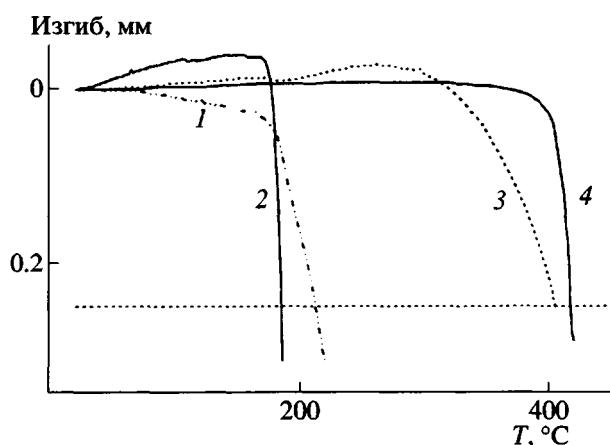


Рис. 7. Термодеформационные кривые при изгибе для пластиков на основе ПСФ (1), углепластика с ПСФ-матрицей (50 : 50) (2), молекулярного композита ПСФ-ПАБИ (50 : 50) (3) и монолитизированных нитей СВМ (4).

прочность и поперечную деформативность свежесформованных нитей.

Термообработанные нити ПАБИ, содержащие до 5% ПСФ, обладают физико-механическими свойствами на уровне нити СВМ и могут быть использованы для получения высокопрочных и теплостойких органопластиков, в том числе и предельно-армированных.

Разработка условий формирования заданной структуры композита в процессе осаждения молекулярной смеси ПАБИ-ПСФ из раствора представляется перспективным продолжением настоящей работы.

Выражаю глубокую признательность Р.Г. Федоровой и О.А. Никитиной за получение волокон и структурный анализ образцов, а также В.Г. Кулиничину — за полезные замечания при обсуждении рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волохина А.В. // Хим. волокна. 1997. № 3. С. 44.
2. Schartel B., Wendorff J.H. // Polym. Eng Sci. 1999. V. 39. № 1. P. 128.
3. Никитина О.А., Федорова Р.Г., Лазарева Л.В., Токарев А.В., Котомин С.В., Кудрявцев Г.И., Диброва А.К. // Хим. волокна. 1992. № 3. С. 14.
4. Котомин С.В., Авдеев Н.Н. // Механика композит. материалов. 2002. Т. 38. № 5. С. 701.
5. Котомин С.В., Байдюкова Е.В., Сапожников Е.М. // Хим. волокна. 1992. № 4. С. 45.
6. Ефремов И. Ф. Периодические коллоидные структуры. Л.: Химия, 1971.
7. Belamy L.J. The Infrared Spectra of Complex Molecules. London: Chapman and Hall, 1975.
8. Романова Т. А., Левитес Л. М., Шаблыгин М. В., Богданов М. Н., Кудрявцев Г. И. // Хим. волокна. 1980. № 2. С. 27.
9. Котомин С.В., Милькова Л.П., Токарев А.В. // Высокомолек. соед. А. 1997. Т. 39. № 4. С. 657.
10. Котомин С.В., Авдеев Н.Н. // Механика композит. материалов. 2003. Т. 39. № 1 (в печати).
11. Котомин С.В., Костров Ю.А., Игнатенко Т.И. // Хим. волокна. 1994. № 6. С. 29.

Poly(amidobenzimidazole)-Poly(arylene sulfone) Molecular Composites and Blends

S. V. Kotomin

*Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Russian Academy of Sciences,
Leninskii pr. 29, Moscow, 119991 Russia*

Abstract—The thermal-deformation and structural-morphological features of composites in the form of plastics and yarns spun from a homogeneous mixture of polysulfone and rigid-chain poly(amidobenzimidazole) in a common solvent were studied using thermomechanical analysis, IR polarization spectroscopy, and optical microscopy techniques. The composite yarns containing up to 10 wt % poly(amidobenzimidazole) are two-phase colloidal disperse systems of the matrix type, where particles of the birefringent highly oriented poly(amidobenzimidazole) phase are dispersed in an isotropic polysulfone matrix. Yarns containing more than 10 wt % poly(amidobenzimidazole) possess a fibrillar matrix structure and thermomechanical properties close to those properties of SVM yarns. When more than 40 wt % of poly(amidobenzimidazole) is introduced into the blend, phase inversion takes place, and the polysulfone passes into a low-oriented dispersed phase. Poly(amidobenzimidazole) added to polysulfone significantly elevates the heat deflection temperature of organoplastics made of consolidated yarns because of the formation of a heat-resistant structural framework.