

УДК 541.64:539.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ИЗ ОЛИГОМЕР-ПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ФЕНОЛФТАЛЕИНФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫЙ ОЛИГОМЕР — ПОЛИНАФТОИЛЕНБЕНЗИМИДАЗОЛ

Грибова И. А., Коршак В. В., Виноградова О. В.,
Тохадзе З. Д., Слонимский Г. Л., Сергеев В. А.,
Квачев Ю. П., Дубовик И. И., Бабчиницер Т. М.,
Русанов А. Л., Баженова В. Б.

Термомеханическим, динамическим механическим, реологическим и калориметрическим методами показано, что введение полинафтоиленбензимидазола в фенолфталеинфенолформальдегидный олигомер приводит при нагревании к формированию материала, пространственная структура которого образуется как за счет поликонденсации олигомера, так и за счет химического взаимодействия полинафтоиленбензимидазола с этим олигомером.

Развитие современной техники выдвигает задачу создания новых полимерных материалов с заданным комплексом физических и технологических свойств. Это вызывает необходимость исследования смесей полимеров, различающихся по химической природе.

При разработке новых технологичных полимерных материалов представляется перспективным использовать теплостойкий полигетероарилен в качестве полимерного носителя [1] в сочетании с термореактивным олигомером, способным образовывать сетки при нагревании.

Цель настоящей работы — изучение свойств, а также структурных особенностей полимерных систем, полученных отверждением фенолформальдегидного олигомера в присутствии полинафтоиленбензимидазола (**ПНБИ**). В связи с этим вопросы, связанные с формированием структуры фенолформальдегидного полимера в присутствии ПНБИ, установлением связи между структурой полимеров и физико-механическими свойствами, потребовали детального исследования прежде всего реологических, термомеханических и теплофизических свойств как исходных олигомер-полимерных смесей, так и прессованных двухкомпонентных материалов.

В качестве фенолформальдегидного олигомера была использована в основном резольная смола СФ-490, представляющая собой продукт конденсации фенола, фенолфталеина и формальдегида [2]. Наличие в структуре отверженного полимера наряду с диоксидифенилметановыми фенолфталеиновыми фрагментами обуславливает его более высокую термостойкость по сравнению с фенолформальдегидными полимерами. В качестве второго компонента был выбран ПНБИ, полученный высокотемпературной поликонденсацией 3,3',4,4'-тетрааминдифенилоксида и диангидрида нафталин-1,4,5,8-тетракарбоновой кислоты [3]. ПНБИ относится к наиболее тепло- и термостойким полигетероариленам полулестничного строения. Полимеры этой химической структуры практически нерастворимы в органических растворителях, однако синтез ПНБИ в феноле показывает, что на начальной стадии образования полимер растворим в этом растворителе, что может свидетельствовать о возможном его набухании в феноле и в расплавленном фенолформальдегидном олигомере. В процессе термомеханических исследований при малых напряжениях ПНБИ не обнару-

живает размягчения. Лишь при высокой температуре ($\sim 600^\circ$) наблюдается быстрое развитие деформации вследствие термической деструкции полимера [4]. В связи с этим переработка ПНБИ представляет большие трудности и приводит к существенному изменению его структуры.

Вязкость расплава олигомер-полимерной смеси исследовали в условиях линейного повышения температуры на капиллярном вискозиметре постепенного расхода. Диаметр материального цилиндра составил 12 мм, диаметр капилляра 1,5 мм, длина 8 мм; скорость перемещения штока 0,1 мм/мин, скорость нагревания 10 град/мин.

Термомеханические эксперименты с порошкообразными образцами выполняли на установке УИП-70М с использованием максимально возможной чувствительности прибора, при которой полный рабочий сигнал деформационного датчика эквивалентен перемещению индентора на 0,1 мм. Измерения проводили в температурном интервале $20\text{--}400^\circ$ со скоростью нагревания 10 или 2,5 град/мин при непрерывном воздействии на образец сжимающего усилия величиной 0,02 МПа.

Термомеханические свойства материалов при повышенных нагрузках исследовали на плоскостном пластометре, работающем по принципу сжатия образца [5] в условиях линейного роста температуры со скоростью 10 град/мин.

Динамические механические измерения осуществляли на обратном крутильном маятнике в режиме свободно затухающих колебаний. В качестве торсиона использовали никромовую проволоку диаметром 0,15 мм. Исходную деформацию кручения задавали посредством электромагнитной системы возбуждения. Регистрацию колебаний выполняли с помощью фотоэлектрической схемы. Испытания проводили на образцах прямоугольного сечения длиной 60, шириной 10 и толщиной 1 мм на частоте 1 Гц при скорости нагревания 1 град/мин. Образцы получали компрессионным прессованием при $180\text{--}220^\circ$ и давлении 100 МПа.

Теплофизические исследования проводили на микрокалориметре ДСМ-2 при изменении температуры со скоростью 12,5 град/мин.

Структурные исследования осуществляли на электронном микроскопе БС-540 («Тесла») методом угольно-платиновых реплик со сколов прессованных образцов.

Степень отверждения олигомера оценивали количеством золь-фракций после шестичасового кипячения в ацетоне.

Введение полифеноленбензимидазола в олигомер СФ-490 существенным образом влияет на реологическое поведение его расплава (рис. 1). Возрастание вязкости расплава для СФ-490, связанное со структурированием, как видно из кривой 1 рис. 1, начинается при $\sim 150^\circ$ и в дальнейшем проявляется появлением максимума вязкости, равным $2,0 \cdot 10^5$ Па·с в области $220\text{--}225^\circ$. Падение вязкости при температурах выше 225° и уменьшение ее значения до $0,5 \cdot 10^5$ Па·с при 300° , вероятно, связано с одновременным протеканием деструкции и структурирования СФ-490.

Введение 10 вес. % ПНБИ в олигомер СФ-490 существенно не влияет на вязкость его расплава (рис. 1, кривая 2): характер изменения кривой такой же, как у чистого олигомера. Однако структурирование композиции начинается на $5\text{--}8^\circ$ раньше, и наблюдается более высокая вязкость расплава по сравнению с СФ-490. Вязкость расплава значительно повышается при введении ПНБИ в количестве 20 вес. % (рис. 1, кривая 3). Сравнительно большему содержанию ПНБИ в олигомере соответствует более низкая температура (125°), при которой начинается структурирование двухкомпонентной системы. В результате этого процесса достигается значительно большее значение вязкости ($\sim 14 \cdot 10^5$ Па·с). Полученные результаты могут свидетельствовать об активной роли носителя ПНБИ в процессе структурирования.

С целью выяснения влияния инертного наполнителя на вязкость расплава фенолфталеинфенолформальдегидного олигомера вместо полигетероарилена был использован графит. Инертный наполнитель — графит задерживает процесс образования трехмерной структуры олигомера СФ-490, так как в присутствии графита температура начала возрастания вязкости расплава смещается со 150° до более высокого значения — 165° .

Для изучения роли ПНБИ в процессе формирования трехмерной структуры из олигомер-полимерной системы СФ-490 — ПНБИ проведены термомеханические исследования порошкообразных непрессованных смесей и составляющих их компонентов. Как видно из полученных данных (рис. 2), термомеханические свойства фенольной смолы и ПНБИ резко отличаются. Смола СФ-490 практически полностью размягчается в интервале температур $35\text{--}100^\circ$, у ПНБИ не наблюдается размягчения во всем исследованном интервале температур (рис. 2, кривые 1, 5).

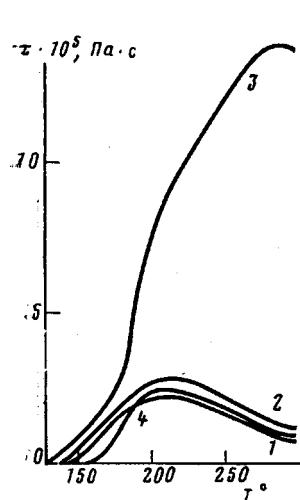


Рис. 1

Рис. 1. Зависимость вязкости расплава от температуры. Содержание ПНБИ в композиции, вес. %: 1 – 0, 2 – 10, 3 – 20, 4 – 30% графита

Рис. 2. Термомеханические кривые, полученные при скорости нагревания 10 (1–5) и 2,5 град/мин (6, 7); 1, 6 – исходная фенолфталеинфенольформальдегидная смола СФ-490; 5 – ПНБИ; 2–4, 7 – смеси СФ-490 с ПНБИ, содержащие 5 (2), 10 (3, 7) и 20% ПНБИ (4)

Введение ПНБИ в СФ-490 приводит к увеличению температуры начала размягчения СФ-490 и к ускорению процесса структурирования (рис. 2). Увеличение содержания ПНБИ до 10–20 вес. % отчетливо выявляет температурный интервал структурирования исследуемых композиций (рис. 2, кривые 3, 4). Особое внимание привлекают максимумы на кривых при температурах 102–135 и 130–160° соответственно. Их появление свидетельствует о развитии химических реакций, сопровождающихся выделением низкомолекулярных летучих веществ. Это подтверждается результатами калориметрического исследования. На ДСК-термограммах наблюдаются эффекты, согласующиеся с данными работы [2] по выделению воды и фенола.

Понижение скорости нагревания при термомеханических испытаниях с 10 до 2,5 град/мин не изменяет температурного интервала размягчения смолы СФ-490 и не приводит к ее отверждению во время испытаний (рис. 2, кривые 1, 6), но способствует более полному структурированию олигомер-полимерной системы. Об этом свидетельствуют увеличение интенсивности максимума в зоне структурирования и понижение уровня пенетрации в области высоких температур (рис. 2, кривые 6, 7). Увеличение содержания ПНБИ в композиции приводит к постепенному вырождению максимума.

Формирование сшитой структуры СФ-490 с участием ПНБИ может происходить за счет химического взаимодействия активных групп, таких как концевые аминогруппы, пиридиновый азот гетероцикла ПНБИ, фенольных групп, сложноэфирных групп лактонного цикла СФ-490. Существенный вклад в образование связи может вносить протонирование пиридинового азота гетероциклов фенольными гидроксилами.

С целью выяснения природы возможного химического взаимодействия между фенолфталеинфенольформальдегидным олигомером и ПНБИ проведены термомеханические испытания смеси СФ-490 с 20 вес. % модельного аналога ПНБИ, не имеющего концевых аминогрупп,— бис-(нафтоилен-бензимидазола), полученного взаимодействием диангидрида нафталин-1,4,5,8-тетракарбоновой кислоты с диамином, а также смеси ПНБИ с 20 вес. % фенолфталеина. Термомеханические кривые, снятые для выбранных смесей, приведены на рис. 3. Изменение скорости нагревания смеси СФ-490 с модельным соединением не оказывает влияния на харак-

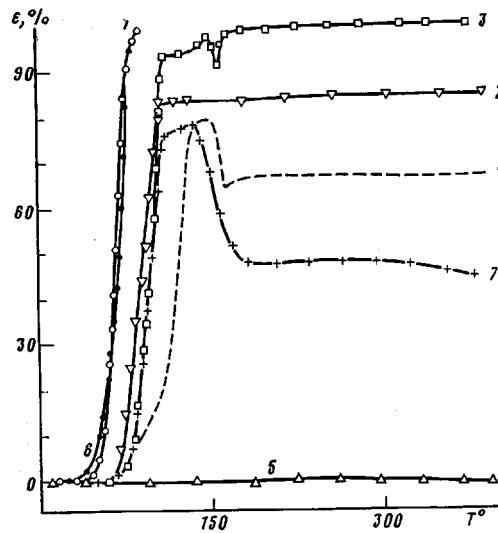
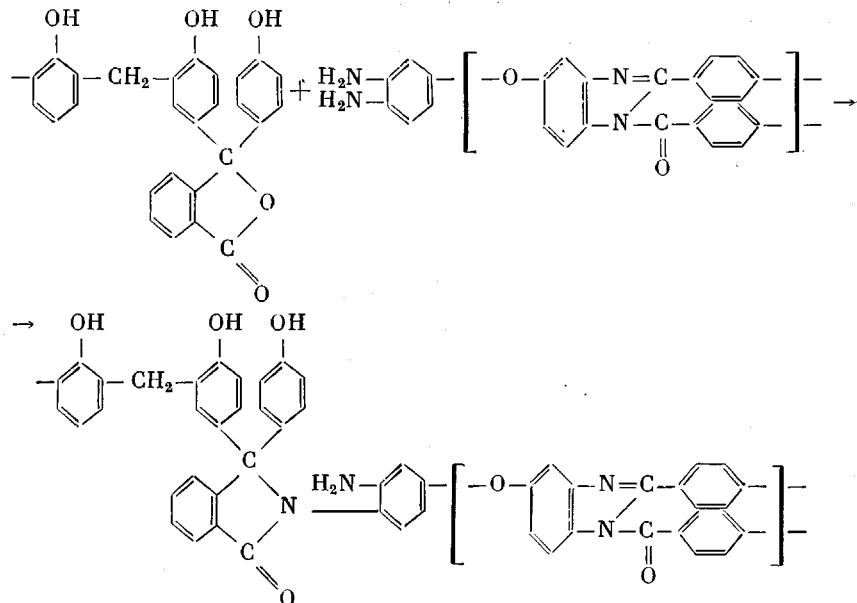


Рис. 2

тер процесса размягчения смолы в отличие от системы смола — ПНБИ (рис. 3, кривые 1, 2 и рис. 2, кривые 3, 7).

С целью выяснения роли лактонного цикла в процессе отверждения системы представляло интерес исследовать влияние введения низкомолекулярного соединения бензоидного лактонного строения — фенолфталеина как в ПНБИ, так и в *бис*-(нафтоиленбензимидазол) (рис. 3, кривые 3, 4). *Бис*-(нафтоиленбензимидазол) практически не влияет на плавление фенолфталеина в процессе термомеханического испытания смеси (рис. 3, кривая 4), а ПНБИ практически подавляет плавление фенолфталеина, очевидно, в результате взаимодействия концевых аминогрупп со сложноэфирной группой лактонного цикла.

На основании этих исследований можно предположить, что в процессе образования сплошной структуры карбонильные группы лактонного цикла СФ-490 могут взаимодействовать с концевыми аминогруппами или аминогруппами незациклизованных фрагментов ПНБИ по схеме



Взаимодействие фенолфталеин-фенолформальдегидного олигомера с ПНБИ может протекать более полно в процессе совместного прессования вследствие смачивания макромолекул ПНБИ расплавленной фенольной смолой и развития диффузионных процессов. Затем образование связи происходит, очевидно, за счет физического и химического взаимодействия макромолекул. Эти процессы способствуют образованию межфазного слоя в двухфазной системе ПНБИ+СФ-490.

Об образовании двухфазной системы свидетельствуют данные рентгенографических [6], а также электронно-микроскопических исследований. Сопоставление электронных микротографий поверхностей сколов прессованной смолы СФ-490 (рис. 4, а) и ее композиции с 40 вес. % ПНБИ (рис. 4, б) показывает, что непрерывной фазой является фенолформальдегидный полимер, а включения в виде глобулярных ассоциатов представляют собой фазу ПНБИ, образующую каркас, вместе с которым формируется трехмерная сетка системы.

Введение ПНБИ с приведенной вязкостью от 1,3 до 9,0 дL/g в смолу СФ-490 повышает ударную прочность материала с 10·10² до (30–34)·10² Дж/m². Следует учесть, что ударная прочность самого ПНБИ, прессованного в данных условиях, незначительна (7,0·10² Дж/m²). Повышение ударной прочности композиции по сравнению с прессованным СФ-490 свидетельствует об адгезионном взаимодействии смолы с поверхностью частиц ПНБИ и химическом взаимодействии компонентов.

Представлялось необходимым изучить влияние соотношения компонентов СФ-490 и ПНБИ на свойства материалов, образующихся в резуль-

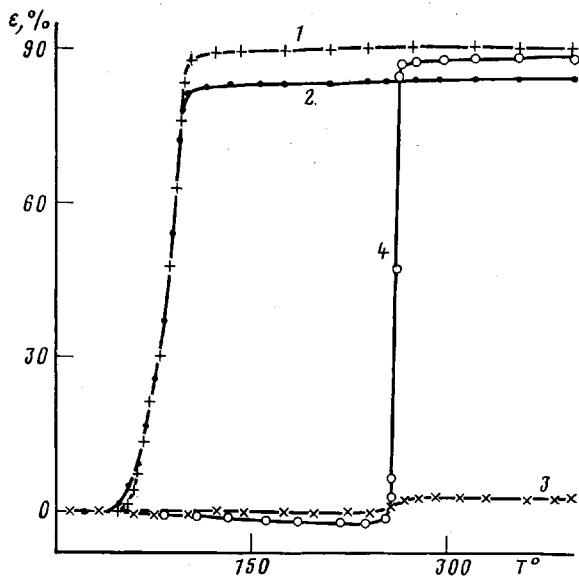


Рис. 3. Термомеханические кривые смесей, полученные при скорости нагревания 10 (1, 3, 4) и 2,5 град/мин (2); 1, 2 — бис-(нафтоиленбензимидазол) (20 вес.%) + СФ-490 (80 вес. %); 3 — фенолфталеин (20 вес.%) + ПНБИ (80%); 4 — фенолфталеин (20 вес.%) + бис-(нафтоиленбензимидазол) (80 вес. %)

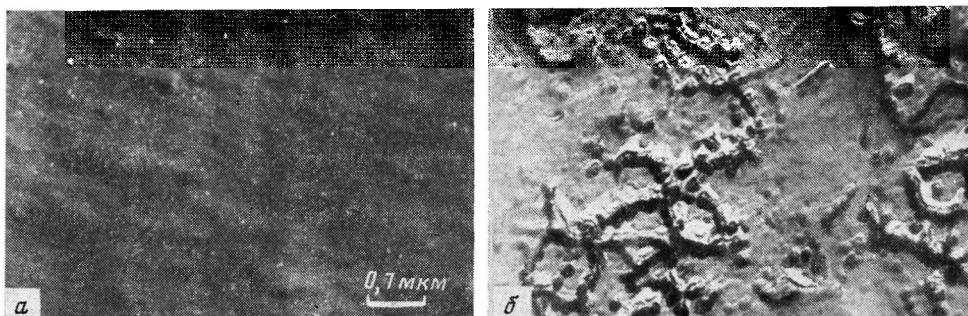


Рис. 4. Электронные микрофотографии прессованных материалов СФ-490 (а) и 60 вес. % СФ-490+40 вес. % ПНБИ (б)

тате компрессионного прессования олигомер-полимерных систем. Изучены термо- и физико-механические свойства, а также оценена степень отверждения полимеров по гель-оль-анализу материалов (таблица).

Твердость и прочность материала зависят от соотношения компонентов и имеют максимальное значение при введении 40 вес. % ПНБИ в фенолфталеин-фенолформальдегидную смолу. Присутствие частиц ПНБИ в СФ-490 способствует снижению количества золь-фракции фенолформальдегидного полимера в процессе совместной переработки в тех случаях, когда ПНБИ взято 20–60 вес. %. Количество растворимой части фенольного полимера понижается в присутствии ПНБИ с 8 до 1–2 %. Введение ПНБИ влияет на плотность материала. Как видно из таблицы, экспериментально найденное значение плотностей материалов различного состава превышает вычисленные по правилу аддитивности на 1–2 %, что свидетельствует о взаимодействии компонентов на молекулярном уровне. Увеличение количества гель-фракции фенолформальдегидного полимера в присутствии ПНБИ также указывает на возможность химического взаимодействия олигомера с полимером.

Об активной роли полигидроарилена в формировании трехмерной структуры композиционного материала на основе фенолфталеин-фенол-

Зависимость физико-механических свойств и количества золь-фракции от соотношения исходных компонентов

| Состав материала, вес. % | | Ударная вязкость $A \cdot 10^2$, Дж/м ² | Твердость по Бринелю, МПа | Плотность ** $d \cdot 10^3$, кг/м ³ | Содержание золь-фракции, % |
|--------------------------|--------|---|---------------------------|---|----------------------------|
| СФ-490 | ПНБИ * | | | | |
| 100 | — | 10,0 | 250 | 1,284 | 8,0 |
| 80 | 20 | 19,0 | 270 | <u>1,312</u> 1,307 | 2,0 |
| 60 | 40 | 29,0–35,0 | 300 | <u>1,350</u> 1,339 | 1,0–1,5 |
| 40 | 60 | 19,0 | 280 | <u>1,369</u> 1,355 | 2,0 |
| 20 | 80 | 10,0 | 140 | <u>1,383</u> 1,381 | 7,0 |
| — | 100 | 7,0 | 150 *** | 1,407 | 1,0 |

* Приведенная вязкость ПНБИ 1,3 дл/г.

** В числителе — найденное значение плотности, в знаменателе — вычисленное по аддитивности.

*** Под нагрузкой 150 Н, в остальных случаях при 250 Н.

формальдегидной смолы наглядно свидетельствуют результаты динамического механического исследования (рис. 5).

Температурные зависимости действительной части комплексного модуля сдвига G' и тангенса угла механических потерь $\tan \delta$ для фенолфталеинфенолформальдегидного полимера (рис. 5, кривые I' и I) свидетельствуют о последовательном развитии с возрастанием температуры процессов расстекловывания, доотверждения и деструкции. Расстекловыванию полимера отвечают интенсивный максимум $\tan \delta$ с соответствующим ему резким и существенным по величине падением G' . Размораживание молекулярной подвижности полимера создает условия для доотверждения сетчатой структуры. Это проявляется в возрастании G' . Дальнейшее увеличение температуры вызывает процессы термоокислительной деструкции, что приводит к появлению максимума $\tan \delta$ при 335° и соответствующему возрастанию G' .

В отличие от СФ-490 изменения с температурой $\tan \delta$ и G' для ПНБИ незначительны (рис. 5, кривые b , b'), что свидетельствует о высокой стабильности характеристик внутреннего трения и упругости материала. Уровень механических потерь незначительно возрастает лишь с $\sim 300^\circ$. Модуль сдвига плавно и незначительно уменьшается с возрастанием температур.

Введение ПНБИ приводит к смещению максимума $\tan \delta$, отвечающего расстекловыванию сетчатой структуры композиционного материала, в область более высоких температур и понижению его интенсивности. Это свидетельствует о частичной химически вынужденной совместимости полимеров.

Для примера отметим, что если для СФ-490 температурное положение максимума $\tan \delta$, его высота и отвечающее ему уменьшение G' составляют 181° , 0,66 и $1,53 \cdot 10^8$ Па, то для композиции, состоящей из 20 вес. % СФ-490 и 80 вес. % ПНБИ, эти величины соответственно равны 255° , 0,05 и $2,75 \cdot 10^8$ Па. Увеличение концентрации ПНБИ в композициях приводит к вырождению подъема G' в температурной зоне, отвечающей доотверждению системы. Возрастание концентрации ПНБИ способствует также увеличению термической стабильности композиции; об этом свидетельствуют понижение интенсивности высокотемпературного максимума $\tan \delta$ с 0,06 до 0,02 и уменьшение соответствующего этому максимуму значения G' с $4,9 \cdot 10^8$ до $1,7 \cdot 10^8$ Па.

Для более глубокого изучения природы деформаций проведены дифференциальные термомеханические испытания прессованных образцов

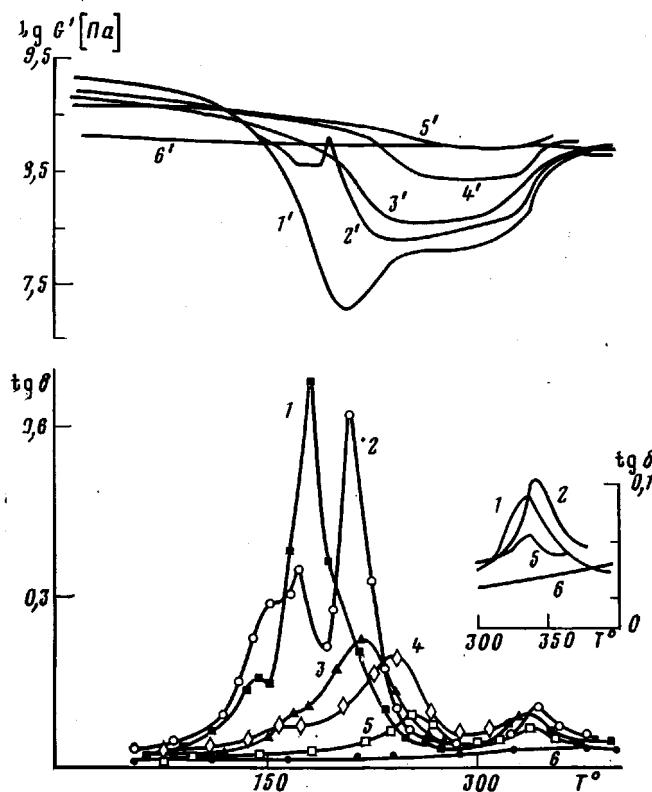


Рис. 5. Температурные зависимости тангенса угла механических потерь $\text{tg } \delta$ (1–6) и действительной части комплексного модуля сдвига G' ($1'$ – $6'$) композиций, полученных компрессионным прессованием фенолфталеин-фенолформальдегидной смолы с ПНБИ. Количество ПНБИ, вес. %: 1, $1'$ – 0, 2, $2'$ – 20, 3, $3'$ – 40, 4, $4'$ – 60, 5, $5'$ – 80, 6, $6'$ – 100

из фенолформальдегидного олигомера СФ-490 и олигомер-полимерной смеси СФ-490+ПНБИ в режиме периодического нагружения и разгрузки (рис. 6).

Оказалось, что в процессе температурного воздействия образцы претерпевают ряд изменений. При этом по характеру деформации можно выделить несколько температурных зон. В первой зоне (20 – 100°) материалы жестки, и заметная деформация не обнаруживается. Во второй зоне (100 – 250°) деформации частично обратимы. В этой температурной зоне наблюдается значительное возрастание величины деформации полимерного образца из олигомера СФ-490, т. е. проявляются его высокоэластические свойства, а также способность к течению. В этой зоне для образца на основе олигомер-полимерной системы ПНБИ+СФ-490 интенсивный рост деформации не наблюдается, хотя и обнаруживается небольшое развитие высокоэластической деформации. Отсутствие необратимых деформаций у этого образца еще раз свидетельствует о протекании процессов структурирования при введении ПНБИ в олигомер. В третьей температурной зоне (выше 250°) для образца из полимера из СФ-490 наблюдается резкое уменьшение деформативности, обусловленное процессами структурирования этой смолы при 250° и выше. Для двухкомпонентной системы СФ-490+ПНБИ выше 250° наблюдается незначительное уменьшение деформативности, сопровождающееся почти полным исчезновением ее обратимости.

Все изложенное показывает, что в процессе совместной переработки олигомера СФ-490 и ПНБИ формируется полимерная система с более сплошной сетчатой структурой.

Для сравнительной оценки структуры фенолфталеин-фенолформальдегидного полимера и исследуемой двухкомпонентной системы подробно исследована их деформативность при 200° под нагрузкой.

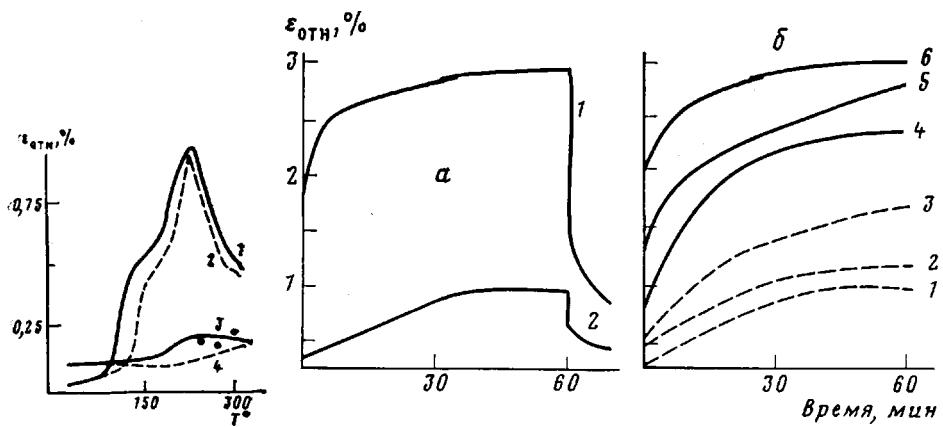


Рис. 6

Рис. 7

Рис. 6. Зависимость деформации для прессованных образцов из СФ-490 (1, 2) и ее смесей с 40 вес.% ПНБИ (3, 4) при нагружении (1, 3) и разгрузении (2, 4)

Рис. 7. Зависимость деформации $\varepsilon_{\text{отн.}}$ от времени для прессованных образцов из СФ-490 (1а, 4б – 6б) и ее смесей с 40 вес.% ПНБИ (2а, 1б – 3б) а: 200°, нагрузка 0,8 МПа, разгрузка 0,1 МПа; б: 1, 6 – 200, 2, 5 – 250, 3, 4 – 300°, первичная нагрузка 0,8 МПа, через 60 мин разгрузка до 0,1 МПа, нагревание до следующей температуры, нагрузка до 0,8 МПа и т. д.

Как видно из рис. 7, а, образец, полученный из СФ-490, достигает за 60 мин значения величины относительной деформации, равного 3% (при 200°), в то время как образец из смеси из СФ-490 и ПНБИ в тех же условиях деформируется лишь на 1%. При этом обратимая (высокоэластическая) часть деформации составляет $\sim 3/4$ в случае фенолформальдегидного полимера и менее 1/2 в случае полимерной системы. Все это ясно показывает на значительно более частую сетку последней.

Представляло интерес оценить влияние длительного воздействия высоких температур на деформативность образцов на основе олигомера СФ-490 и системы 60 вес.% СФ-490+40 вес.% ПНБИ, находящихся под нагрузкой. Испытания проводили таким образом, что один и тот же образец, находящийся под нагрузкой 0,8 МПа в течение 60 мин, затем разгружали до 0,1 МПа, нагревали до следующего выбранного значения температуры и вновь нагружали до 0,8 МПа. Этот процесс проводили для трех значений температуры. Как видно, из рис. 7, б, с увеличением температуры достигаемая за 60 мин относительная деформация фенолформальдегидного полимера постепенно уменьшается от 3% при 200° до 2,3% при 300°. Соответствующие значения деформации полимер-полимерной системы заметно меньше, но с увеличением температуры возрастают от 1% при 200° до 1,6% при 300°. Следовательно, в этих двух полимерных материалах нагревание влияет на подвижность элементов структуры в противоположных направлениях. Это подтверждает существенно различную природу сеток, сформировавшихся в процессе переработки исследованных нами двух полимерных систем – смолы СФ-490 и композиции СФ-490 с ПНБИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реакции на полимерных подложках в органическом синтезе/Под ред. Ходж П., Шерингтона Д. М.: Мир, 1983.
2. Коршак В. В., Сергеев В. А., Шитиков В. К., Северова А. А., Назмердинова И. Х., Желтакова С. Г., Бурлуцкий В. Ф., Киселев Б. А., Яременко В. В. Высокомолек. соед. А, 1968, т. 10, № 5, с. 1085.
3. Коршак В. В., Русанов А. Л., Берлин А. М., Фидлер С. Х., Адырханова Ф. И. Высокомолек. соед. А, 1979, т. 21, № 1, с. 68.
4. Тодадзе Т. В., Аскадский А. А., Слонимский Г. Л., Русанов А. Л., Берлин А. М., Фидлер С. Х., Лекаев Т. В., Грибова И. А., Тодадзе М. С., Виноградова О. В., Коршак В. В. Высокомолек. соед. А, 1980, т. 22, № 3, с. 558.
5. Лиознов Б. С., Краснов А. П. В кн.: Машины и приборы для испытаний материалов. М.: Металлургия, 1971, с. 96.

6. Коршак В. В., Грибова И. А., Виноградова О. В., Токхадзе З. Д., Бабчиницер Т. М., Слонимский Г. Л., Квачев Ю. П., Генин Я. В. В кн.: Тез. докл. II Всесоюз. конф. «Триботехника – машиностроению»/Под ред. Матвеевского Р. М. М.: НПО НАТИ, 1983, с. 85.

Институт элементоорганических
соединений им. А. Н. Несмейнова
АН СССР

Поступила в редакцию
19.VI.1984

STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE MATERIAL PREPARED
FROM THE OLIGOMER-POLYMER SYSTEM
(PHENOLPHTHALEINE-PHENOLFORMALDEHYDE OLIGOMER –
POLYNAPHTHOYLENOBENZIMIDAZOL)

Gribova I. A., Korshak V. V., Vinogradova O. V., Tokhadze Z. D.,
Slonimskii G. L., Sergeev V. A., Kvachev Yu. P., Dubovik I. I.,
Babchinitscher T. M., Rusanov A. L., Bazhenova V. B.

S u m m a r y

It has been shown by thermomechanical dynamic, mechanical, rheological and calorimetric methods that introducing of polynaphthoylenobenzimidazol into the phenol-phthaleine-phenolformaldehyde oligomer under heating results in the formation of material having three-dimensional structure formed both by polycondensation of the oligomer and by the chemical interaction of the introduced polymer with this resin.