

УДК 541.64.532.77:539.2

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ФТОРОПЛАСТА-42 И СТРУКТУРУ ПЛЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ НА ЕГО ОСНОВЕ

© 2008 г. Т. М. Ермолинская, Л. А. Фенько, А. В. Бильдюкович

Государственное научное учреждение "Институт физико-органической химии"

Национальной академии наук Беларусь
220072 Минск, ул. Сурганова, 13

Поступила в редакцию 06.08.2007 г.

Принята в печать 18.03.2008 г.

Изучены вязкостные свойства разбавленных и концентрированных растворов фторопласта-42 в ацетоне, ДМФА, ДМАА, N-метилпирролидоне и trimetilfosfatе. Методами ИК-спектроскопии и рентгенофазового анализа исследованы пленки фторопласта-42, полученные осаждением концентрированных растворов в воде. Исходя из значений характеристической вязкости и вязкости концентрированных растворов показано, что качество растворителя для фторопласта-42 изменяется в следующем ряду: ацетон > ДМФА > ДМАА > trimetilfosfat ≥ N-метилпирролидон. Пленки, выделенные из растворов в различных растворителях, обладают высококристаллической структурой (степень кристалличности ~70%), представленной тремя полиморфными модификациями.

Высокая химическая стойкость обуславливает широкое применение фторопластовых мембран в различных областях промышленности [1]. Перспективным методом получения таких мембран является их формование из растворов полимеров. Существуют, по крайней мере, три компонента, вовлеченные в данный процесс: полимер, растворитель и нерастворитель, которым осаждают полимер. Структура мембраны и ее функциональные характеристики определяются физическими и химическими свойствами этих трех компонентов, и прежде всего характером взаимодействий в системе полимер–растворитель. Качество растворителя определяет морфологию мембран [2–4]. Так, для ПВДФ переход от триэтилфосфата к амидным растворителям (N-метилпирролидон – МП, ДМФА, ДМАА) приводит к изменению структуры мембран от симметричной губчатой до асимметричной с резко выраженным скин-слоем и большими макронеоднородностями в субструктуре мембранны [4].

В связи с этим выбор растворяющей системы остается основной и наиболее сложно решаемой задачей [5]. Предприняты многочисленные попытки определить взаимосвязь между свойствами

E-mail: uf@ifoch.bas-net.by (Бильдюкович Александр Викторович).

растворителя, типом вводимых добавок и характеристиками получаемых мембран [2–7]. В качестве критерия, определяющего пригодность растворяющей системы для получения мембран, предлагают использовать параметры растворимости компонентов раствора [8], параметр взаимодействия χ [9], характеризующий избыточную энергию взаимодействия в растворе, приходящуюся на одну молекулу растворителя для пары полимер–растворитель, характеристическую вязкость раствора полимера в данном растворителе [2]. Считается, что с уменьшением энергии взаимодействия полимера с растворителем возрастает скорость осаждения полимера, и это увеличивает вероятность формирования асимметричных мембран с плотным поверхностным слоем и большими макронеоднородностями в нижних слоях мембранны [10].

Для обоснования выбора растворителя для ПВДФ в работе [2] исследовано влияние параметров растворимости пар полимер–растворитель, растворитель–нерастворитель, а также вязкости формовочных растворов и коэффициентов диффузии растворителя и нерастворителя на структуру мембран. Было установлено, что прямая связь между структурой мембран и изученными характеристиками системы отсутствует. Поэтому

Таблица 1. Некоторые характеристики органических растворителей [12, 13]

Растворитель	Диэлектрическая проницаемость	Дипольный момент, Д	Динамическая вязкость, П	δ	δ_d	δ_p	δ_h
				МПа ^{1/2}			
Ацетон	20.7	2.7	0.34	19.9	15.5	10.4	7.0
ДМФА	36.7	3.8	0.80	24.9	17.4	13.7	11.3
ДМАА	37.8	3.8	0.92	22.8	16.8	11.5	10.2
МП	32.2	4.0	1.70	23.0	18.0	12.3	7.2
ТМФ	-	8.9	1.67	22.3	16.8	16.0	10.2

авторы [2, 8] считают, что при получении мембран на основе нового полимера необходимо всестороннее экспериментальное исследование систем полимер–растворитель–осадитель. Кроме достаточно подробно изученного ПВДФ существует целая гамма фторполимеров и сополимеров, которые в принципе могут быть использованы для получения мембран различного назначения. Одним из таких полимеров является статистический сополимер винилиденфторида и тетрафторэтилена (**Ф-42**). Однако в литературе практически нет сведений о свойствах его растворов.

Цель данной работы – исследование свойств разбавленных и концентрированных растворов фторопласта-42 в различных растворителях и пленок, полученных на его основе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования служил фторопласт-42 (**Ф-42**) марки В, производства Кирово-Чепецкого химического комбината. ММ полимера, найденная вискозиметрическим методом в ацетоне [11] и рассчитанная по уравнению $[\eta] = 6.1 \times 10^{-5}M^{0.81}$, составила 2.47×10^5 .

Растворимость полимера определяли внесением навески полимера (0.1 г) в 10 мл растворителя при комнатной и повышенной температурах. В качестве потенциальных растворителей исследовали вещества различной природы, однако экспериментально установлено, что растворяющей способностью по отношению к **Ф-42** обладают лишь отдельные представители карбонильных соединений (ацетон, метилэтилкетон), амидов (ДМАА, ДМФА, МП), сложных эфиров фосфорной – trimetilfosfat (ТМФ) и уксусной кислот (этилацетат, бутилацетат). При нагревании **Ф-42** растворяется в ДМСО и диоксане. Для проведе-

ния дальнейших исследований выбрали пять растворителей, приведенных в табл. 1.

Исследовали разбавленные и концентрированные растворы **Ф-42**. Вязкость разбавленных растворов определяли на вискозиметре Уббелоде с диаметром капилляра 0.54 или 0.86 мм при 20°C. Величину характеристической вязкости $[\eta]$ рассчитывали экстраполяцией по Хаггинсу $\eta_{ud}/c = [\eta] + k_H[\eta]^2c$, а константу Хаггинаса $k_H = \eta_{priv}[\eta]/[\eta]^2c$ [14].

Концентрированные растворы **Ф-42** готовили при 50°C (если растворителем служил ацетон) или при 80°C (для остальных растворителей) и непрерывном перемешивании. Концентрация полимера в формовочных растворах была постоянной и составляла 10%. Приготовленные растворы выдерживали одни сутки при комнатной температуре для охлаждения и дегазации. Вязкость концентрированных растворов определяли методом “падающего шарика” на вискозиметре Хепплера (тип ВН-2) в интервале 25–50°C [15]. Температуру активации вязкого течения растворов определяли по уравнению Аррениуса. Свободную энергию активации вязкого течения ΔG рассчитывали по выражению [16]

$$\Delta G = 2.303RT(\lg \eta + 4),$$

а по разнице теплоты активации и свободной энергии находили энтропию активации вязкого течения:

$$T\Delta S = \Delta H - \Delta G$$

Из концентрированных растворов методом мокрого формования отливали пленки. Раствор полимера наносили на стекло или на армирующую подложку, в качестве которой использовали термоскрепленное полиэфирное полотно производства Открытого акционерного общества “Ко-

Таблица 2. Параметры $\delta_{t,p-s}$ и свойства растворов Ф-42 в органических растворителях

Растворитель	$\delta_{t,p-s}$, МПа ^{1/2}	[η]	k_H	Число осаждения (вода)	η^* , Па с	ΔH^*	ΔG^*	$T\Delta S^*$
						кДж/моль		
Ацетон	2.93	2.93	1.58	10.0	0.94	29.3	15.5	13.8
ДМФА	5.41	2.59	3.86	9.5	7.52	24.8	20.6	4.2
ДМАА	2.93	2.46	4.50	9.0	11.70	33.9	21.7	12.2
МП	4.77	0.32	4.86	9.6	25.45	28.5	23.6	4.9
ТМФ	7.21	0.36	0.01	4.0	105.6	36.7	27.2	9.5

* Для 10%-ных растворов Ф-42.

митекс" (Сыктывкар), с последующим погружением в осадительную ванну. Осадительной ванной служила вода при 10°C. После завершения фазового разделения мембранны отмывали от остатков растворителя и высушивали.

ИК-спектры исходного полимера и полученных пленок регистрировали на ИК-спектрофотометре "Protégé 460" фирмы "Nicolet" (США). Спектры обрабатывали по стандартной программе OMNIC, версия 3.1.

Фазовую структуру пленок изучали методом рентгенофазового анализа на рентгеновском дифрактометре HZG 4A ("Carl Zeiss", Jena, Германия). Использовали $\text{Cu}K_\alpha$ -излучение, Ni-фильтр. Съемку проводили в шаговом режиме сканирования, обеспечивающем прецизионное определение положения дифракционных рефлексов. Дифрактограммы образцов записывали в идентичных условиях съемки.

Фильтрационные характеристики полученных пленок: (производительность фильтрации Q и точку пузырька P) измеряли по изопропиловому спирту по стандартным методикам [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве критерия качества растворителя Кестинг [18] предлагает использовать следующие величины: параметры растворимости для системы полимер–растворитель, характеристическую вязкость раствора полимера в данном растворителе, а также максимальное количество нерастворителя, которое может быть введено в систему.

Количественной величиной, которая может служить критерием качества растворителя, является разность параметров растворимости полиме-

ра и растворителя $\delta_{t,p-s}$. Расчет $\delta_{t,p-s}$ основан на использовании концепции трехмерного параметра растворимости. Значения $\delta_{t,p-s}$ рассчитывали по формуле [2]

$$\delta_{t,p-s} = [(\delta_{d,p} - \delta_{d,s})^2 + (\delta_{p,p} - \delta_{p,s})^2 + (\delta_{h,p} - \delta_{h,s})^2]^{1/2},$$

где индексы p и s относятся к полимеру и растворителю соответственно.

Величина $\delta_{t,p-s}$ характеризует расстояние между координатами полимера и растворителя в трехмерном пространстве Хансена и является косвенной характеристикой термодинамического сродства полимера и растворителя. Чем меньше $\delta_{t,p-s}$, тем сильнее взаимодействие между полимером и растворителем и тем лучше качество растворителя.

На основании полученных данных о растворимости Ф-42 с использованием программы, приведенной в работе [19], были рассчитаны обобщенный параметр растворимости ($\delta_{t,p} = 20.31$ МПа^{1/2}), а также частичные параметры растворимости, ответственные за дисперсионные ($\delta_{d,p} = 15.56$ МПа^{1/2}), полярные ($\delta_{p,p} = 8.93$ МПа^{1/2}) и водородные ($\delta_{h,p} = 9.53$ МПа^{1/2}) взаимодействия.

Значения $\delta_{t,p-s}$ для исследованных растворителей приведены в табл. 2. Исходя из величины $\delta_{t,p-s}$ изучаемые растворители по качеству можно расположить следующим образом: ацетон = ДМАА > МП > ДМФА > ТМФ.

Однако если параметры растворимости низкомолекулярных соединений могут быть рассчитаны непосредственно из величин теплот испарения, то параметры растворимости полимеров

определяются косвенным путем. Экспериментальные методы определения обобщенного параметра растворимости основаны на измерении показателей преломления, характеристической вязкости или набухания полимеров в различных растворителях. Предполагается [20], что характеристическая вязкость максимальна, когда параметр растворимости полимера равен параметру растворимости растворителя. Для расчета параметров растворимостей, ответственных за проявление различных взаимодействий, $\lg[\eta]$ наилучшего растворителя представляют уравнением, переменными в котором являются величины δ_d , δ_p , δ_h [20]. Расчет частичных параметров взаимодействия может быть проведен построением сферы растворимости в трехмерном пространстве на основании данных о параметрах растворимости растворителей и нерастворителей для данного полимера. Координаты центра сферы представляют собой частичные параметры растворимости исследуемого полимера [19, 21].

Таким образом, в основе использованных методов лежит изначально либо характеристическая вязкость, либо некий приблизительный алгоритм. Поэтому наиболее адекватной характеристикой качества растворителя является $[\eta]$. Величина характеристической вязкости является мерой дополнительных потерь энергии при течении раствора, связанных с вращением и упруговязким деформированием макромолекул в потоке растворителя [22]. Большой объем макромолекулярных клубков в хороших растворителях обусловливает их большее гидродинамическое сопротивление, следовательно, чем лучше растворитель, тем выше значение $[\eta]$.

Из табл. 2 видно, что по значениям характеристической вязкости исследованные растворители можно расположить в ряд ацетон > ДМФА > ДМАА > ТМФ \geq МП.

Характеристическая вязкость раствора в ацетоне наибольшая, поэтому он является наилучшим растворителем для Ф-42, наихудшие растворители для Ф-42 – МП и ТМФ. Следует отметить существенные различия в значениях $[\eta]$ для ДМАА и его циклического аналога МП, параметры растворимости которых близки.

Эмпирическая константа Хаггинса [17] для многих систем полимер–хороший растворитель

равна 0.2–0.4. С ухудшением качества растворителя k_H возрастает, а при значительной межмолекулярной агрегации в растворах она достигает аномально высоких значений [22].

Из табл. 2 следует, что с ухудшением качества растворителя наблюдается закономерное возрастание константы Хаггинса. Исключением является ТМФ. Необычно малую величину k_H для растворов Ф-42 в ТМФ можно объяснить наличием специфических взаимодействий полимера с растворителем. В частности, в работе [18] указывается на образование комплексов в растворах фторполимеров (например, между ПВДФ и ТМФ), в работе [23] отмечается возможность межмолекулярной агрегации в растворах фторсодержащих полимеров.

Было также определено максимальное количество нерастворителя, которое может быть введено в систему. Эту величину называют числом осаждения. Его определяют титрованием 1%-ного раствора полимера нерастворителем до появления видимого помутнения [18]. В качестве титранта для исследуемых систем использовали воду. Из данных табл. 2 видно, что в целом ход изменения числа осаждения совпадает с рядом $[\eta]$, за исключением аномально высокого значения числа осаждения для МП. Это можно объяснить тем, что вклад в величину числа осаждения также вносят дополнительные взаимодействия между растворителем и нерастворителем.

Изучение вязкости концентрированных растворов Ф-42 показало, что в зависимости от используемого растворителя их вязкость различается на два десятичных порядка. Данный факт свидетельствует о разной структуре и упорядоченности растворов. Наиболее вязкие растворы получаются в полярных растворителях (ТМФ, МП). Известно, что при плохом качестве растворителя предпочтительнее образование связей между макромолекулами, чем связей между макромолекулами и растворителями [22]. Поэтому ряд изменения вязкости концентрированных растворов также может служить мерой взаимодействия в системе полимер–растворитель. Сопоставительный анализ вязкости разбавленных и концентрированных растворов показывает, что вязкость концентрированных растворов изменяется в обратном порядке по сравнению со значениями $[\eta]$. Из приведенной выше закономерности

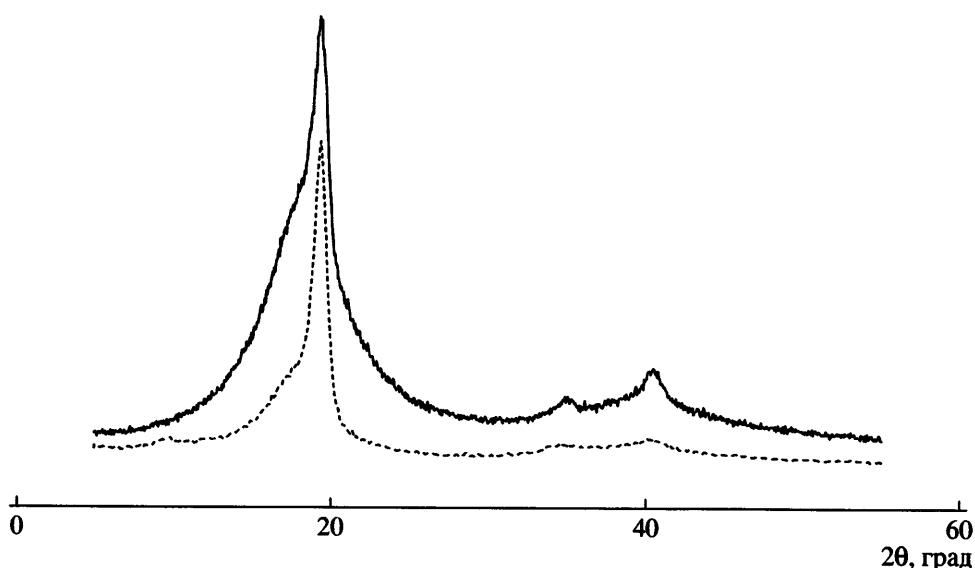


Рис. 1. Дифрактограмма исходного полимера (сплошная линия) и пленки, полученной осаждением 10%-ного раствора Ф-42 в МП (штриховая).

выпадают концентрированные растворы Ф-42 в ТМФ и МП. Аномальное высокое значение вязкости 10%-ного раствора Ф-42 в ТМФ также может быть приписано специфическим взаимодействиям, на которые уже указывалось при обсуждении значений константы Хаггинса.

Величины активационных параметров вязкого течения характеризуют структуру растворов полимеров [16]. При вязком течении одновременно протекают процессы разрушения структуры и ориентации макромолекул. Оба процесса требуют затраты энергии, поэтому ΔH , характеризующая затраты энергии на разрушение структуры раствора, всегда положительна, а $T\Delta S$, в зависимости от того, который из процессов превалирует, может иметь разные значения. Для изученных растворителей значения теплоты активации вязкого течения лежат в сравнительно широком диапазоне (25–37 кДж/моль), что свидетельствует о различной и весьма высокой степени структурирования растворов. Наиболее структурированы растворы Ф-42 в ТМФ. Величины свободной энергии активации вязкого течения для всех растворителей меняются симбатно с изменением характеристической вязкости. Однако изменения величин энталпий и энтропий активаций не коррелируют с рядом качества растворителей. Таким образом отсутствует явная корреляция между качеством растворителя и активационными параметрами вязкого течения растворов полимеров.

Известно [23–25], что качество растворителя влияет не только на конформацию полимера в растворе, но и отражается на свойствах получаемых изделий. Специфическое действие растворителей на конформацию ПВДФ в растворах и полученных из них изделиях подробно рассмотрено в работе [25]. Известно, что конформации цепей в ПВДФ чувствительны к наличию в растворителе ионогенных примесей (например, хлорида лития) [23, 24], изменению температуры приготовления раствора, температуре отливки пленок, качества растворителя [25].

Исследуемый сополимер характеризуется высокой степенью кристалличности. Известно [26], что кристаллическая фаза Ф-42 характеризуется наличием как минимум трех полиморфных модификаций α , β и γ , различающихся по конформационной структуре цепи и характеру упаковки макромолекул в элементарной ячейке кристаллитов. Для α -фазы характерна конформация $TGTG^-$, для γ -фазы $T3GT\ 3G^-$, а для β -фазы – конформация плоского зигзага. На дифрактограммах исходного сополимера и пленок наблюдаются три рефлекса при углах $2\theta = 19^{\circ}30'$, $35^{\circ}0'$ и $40^{\circ}22'$ (рис. 1). В соответствии с работой [26], рефлекс при $19^{\circ}30'$ состоит из двух перекрывающихся рефлексов при $2\theta = 18^\circ$ и $20^\circ3'$. По относению этих рефлексов к тем или иным плоскостям различных кристаллических форм существуют разногласия. В работе [26] утверждается, что рефлекс

в области $2\theta = 18^\circ$ можно отнести к двум перекрывающимся рефлексам α -фазы: 010 и 200. Рефлекс при $2\theta = 20^\circ 3'$ соответствует межплоскостному расстоянию $d = 4.36 \text{ \AA}$ и связан с отражением от плоскости 110, 200 β -фазы, хотя нельзя исключить вклад в него рефлекса 110 α -фазы. Приведенные ниже данные по ИК-спектрам свидетельствуют о присутствии в данном сополимере участков γ -фазы. Поэтому вклад в рефлекс при $2\theta = 18^\circ$ может возникать и при отражении от плоскости 020 этой фазы. Степень кристалличности исходного сополимера и пленок, сформованных из различных растворителей, приведена в табл. 3. Степень кристалличности полученных пленок выше, чем у исходного полимера, а кристаллическая структура более однородна, что видно по меньшей ширине полосы в спектре пленки (рис. 1). Поскольку на дифрактограммах пики, относящиеся к различным фазам, неразличимы, было дополнительно проведено исследование пленок методом ИК-спектроскопии. ИК-спектры исходного сополимера и пленки, изготовленной из ацетона, приведены на рис. 2.

Для каждой конформации существует ряд характерных полос поглощения, что может быть использовано для оценки содержания той или иной модификации в кристаллической фазе сополимера. На основании данных [26–28] в качестве таких полос были выбраны полосы при 535 (α -фаза), 510 (β -фаза) и 822 cm^{-1} (γ -фаза). Отношение ин-

Таблица 3. Степень кристалличности и отношение интенсивности полос в ИК-спектрах пленок Ф-42, полученных из различных растворителей

Растворитель	I_{535}/I_{535} (α -фаза)	I_{535}/I_{510} (β -фаза)	I_{535}/I_{822} (γ -фаза)	Степень кристалличности, %
Исходный образец	1.0	1.51	1.00	63.0
ТМФ	1.0	1.42	0.65	68.4
ДМФА	1.0	1.50	0.72	70.4
ДМАА	1.0	1.47	0.83	69.6
Ацетон	1.0	1.60	0.85	71.8
МП	1.0	2.07	0.64	71.3

тенсивностей полос, характерных для разных полиморфных модификаций в исходном сополимере и пленках, полученных из разных растворителей, приведено в табл. 3.

Следует отметить, что во всех спектрах пленок зафиксированы лишь незначительные сдвиги по некоторым полосам в зависимости от использованного растворителя. В то же время различия в интенсивности характеристических полос для спектров пленок, полученных из различных растворителей, весьма заметны. Сопоставив соотношения интенсивности полос I_{535}/I_{510} и I_{535}/I_{822} в разных пленках, можно утверждать, что конформационная структура исходного полимера и всех

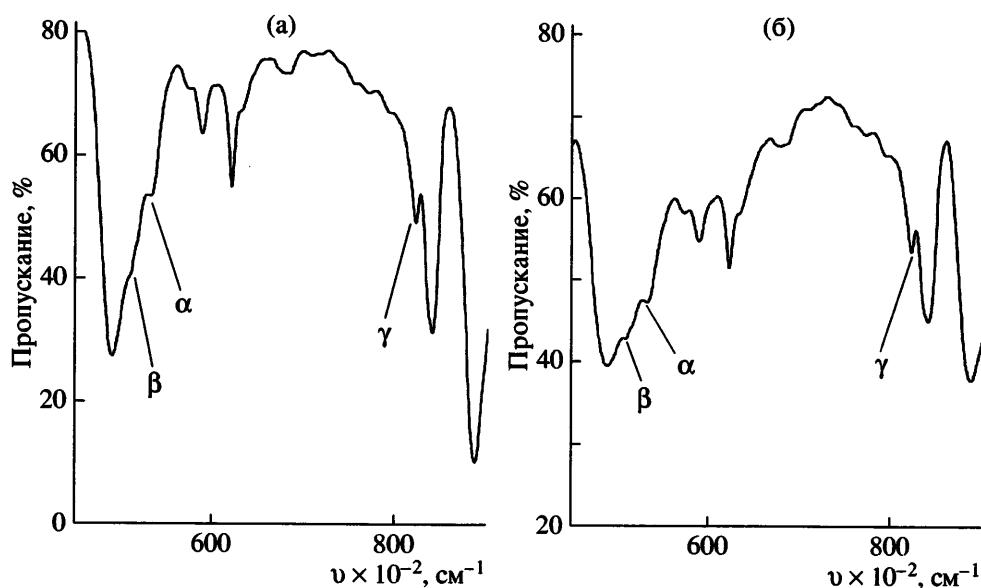


Рис. 2. ИК-спектры исходного сополимера (а) и пленки, полученной из ацетона (б). Пояснения в тексте.

пленок представлена тремя полиморфными модификациями. В исходном сополимере интенсивность полос поглощения, отвечающих α - и γ -фазам, одинаковы, а растворение и последующая коагуляция полимера уменьшает долю цепей в конформации $T3GT\ 3G^-$. Увеличение отношения I_{535}/I_{510} для пленки, отлитой из ТМФ, указывает на конформационные переходы $T3GT\ 3G \longrightarrow \longrightarrow$ плоский зигзаг.

Дополнительно проведено скрининговое исследование возможности получения пористых материалов на основе рассмотренных растворителей. Пленки, изготавливаемые из бикомпонентных систем полимер–растворитель, характеризуются малыми величинами гидравлической проницаемости. Было исследовано влияние добавок различной природы (изопропанола, этиленгликоля и глицерина, муравьиной, фосфорной и уксусной кислот и воды) на фазовое состояние растворов в зависимости от природы растворителя. Введение осадителей может инициировать как жидкостное, так и кристаллическое расслоение в системе. Муравьиная кислота, изопропиловый спирт и уксусная кислота способствуют студнеобразованию, которое обусловлено протеканием в системе процессов кристаллического фазового расслоения. Добавки этиленгликоля, воды и глицерина приводят к жидкостному расслоению. Тип фазового расслоения зависит только от природы осадителя и не зависит от выбора растворителя. Это позволяет сделать вывод о том, что именно взаимодействие полимер–нерастворитель определяет инициирование фазового расслоения того или иного типа. На проницаемость мембран, сформованных из систем полимер–растворитель–осадитель, влияет природа и растворителя, и добавок. Для изготовления высокопроизводительных мембран перспективно введение осадителей, инициирующих жидкостное расслоение. Наибольшая производительность была у мембран, полученных введением осадителей, инициирующих жидкостное расслоение, в растворы Ф-42 в ДМАА и ДМФА (13 мл/см² мин) и в ацетон (15 мл/см² мин). Введение осадителей в растворы Ф-42 в плохих растворителях (МП и ТМФ) приводит к формированию пленок с удельной производительностью по изопропиловому спирту не более 3 и 5 (мл/(мин см² атм)). Поэтому перспективными для последующей переработки

в пористые проницаемые структуры оказались растворы Ф-42 в хороших растворителях (ДМФА, ДМАА и ацетоне).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baker R.W. Membrane Technology and Applications. New York: Wiley, 2004.
2. Bottino A., Munari S. // J. Membr. Sci. 1991. V. 57. P. 1.
3. Yeow M.L., Liu Y.T., Li K. // J. Appl. Polym. Sci. 2002. V. 90. P. 2150.
4. Yeow M.L., Liu Y.T., Li K. // J. Appl. Polym. Sci. 2004. V. 92. P. 1782.
5. Mulder M. Basic Principles of Membrane Technology. The Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 1991.
6. Lin D.-J., Chang Ch.-L., Huang F.-M., Cheng L.-P. // Polymer. 2003. V. 44. P. 413.
7. Fontananova E., Jansen J. C., Cristiano Al., Curcio Ef., Drioli En. // Desalination. 2006. № 192. P. 190.
8. Ruaan R.-C., Chang T., Wang Da-M. // J. Polym. Sci., Polym. Phys. 1999. V. 37. P. 1495.
9. Li Z., Jiang C. // J. Membr. Sci. 2000. V. 174. № 1. P. 87.
10. Smolders C.A. // Ultrafiltration Membranes and Applications / Polymer Science and Technology/Ed. by A.R. Cooper. New York: Plenum Press, 1980. V. 13.
11. Панишин Ю.А., Малкевич С.Г. Фторопласти. Л.: Химия, 1978.
12. Smallwood I. M. Handbook of Organic Solvent Properties. London: Arnold, 1996.
13. Дринберг С.А., Ицко Э.Ф. Растворители для лакокрасочных материалов: Справочное пособие. Л.: Химия, 1986.
14. Рафиков С.Р., Будтов В.П., Монаков Ю.Б. Введение в физико-химию растворов полимеров. М.: Наука, 1978.
15. Инструкция по эксплуатации: Вискозиметр Хеппера, тип ВН-2. Дрезден, 1979.
16. Тагер А.А., Ботвинник Т.О. // Высокомолек. соед. А. 1974. Т. 16. № 6. С. 1284.
17. Дытнерицкий Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978.
18. Кестинг Р.Е. Синтетические полимерные мембранны. М.: Химия, 1991.
19. Gharagheizi F. // J. Appl. Polym. Sci. 2007. V. 103. P. 31.

20. Bustamante P., Navarro-Lupion J., Escalera B. // Eur. J. Pharm. Sci. 2005. № 24. P. 229.
21. Gharagheizi F., Sattari M., Angaji M.T. // Polym. Bull. 2006. № 57. P. 377.
22. Молодцова Е.Д. // Пласт. массы. 1991. № 8. С. 47.
23. Кочервинский В.В. // Успехи химии. 1996. Т. 65. № 10. С. 936.
24. Salimi A., Yousefi A.A. // J. Polym. Sci., Polym. Phys. 2004. V. 42. P. 3487.
25. Барааш А.Н., Литовченко Г.Д., Зверев М.П., Ко-стрина Т.Ф., Кручинин Н.П. // Хим. волокна. 1975. № 3. С. 25.
26. Кочервинский В.В., Глухов В.А., Соколов В.Г., Ромадин В.Ф., Мурашева Е.М., Овчинников Ю.К., Трофимов Н.А., Локшин Б.В. // Высокомолек. соед. А. 1988. Т. 30. № 9. С. 1969.
27. Кочервинский В.В., Мурашева Е.М. // Высокомо-лек. соед. А. 1991. Т. 33. № 10. С. 2096.
28. Вайтенков А.И., Коваленко О.Е. // Журн. техн. физики. 1998. Т. 68. № 12. С. 101.

Effect of a Solvent on the Solution Behavior of Teflon-42 and the Structure of Related Films

T. M. Ermolinskaya, L. A. Fen'ko, and A. V. Bil'dyukevich

*State Research Institution, Institute of Physicoorganic Chemistry, Belarussian Academy of Sciences,
ul. Surganova 13, Minsk, 220072 Belarus
e-mail: uf@ifoch.bas-net.by*

Abstract—The viscosity characteristics of dilute and concentrated solutions of Teflon-42 in acetone, DMF, DMAA, N-methylpyrrolidone, and trimethyl phosphate have been studied. Films based on Teflon-42 prepared by precipitation from concentrated aqueous solutions are investigated by IR spectroscopy and X-ray analysis. The analysis of intrinsic viscosity and viscosity of concentrated solutions shows that, with respect to Teflon-42, solvent quality changes in the following order: acetone > DMF > DMAA > trimethyl phosphate ≥ N-methylpyrrolidone. Films prepared from polymer solutions in various solvents are characterized by a highly crystalline structure (the degree of crystallinity is ~70%) that involves three polymorphic modifications.