

МЭБ с коммерческой мембраной NAFION 211, однако имеет больший потенциал разомкнутой цепи 980 мВ vs 950 мВ.

Дальнейшие исследования будут направлены на стабилизацию полимерной мембраны для улучшения характеристик МЭБ.

Список литературы

1. Primachenko O.N., Marinenko E.A., Odinokov A.S., Kononova S.V., Kulvelis Y.V., Lebedev V.T. // *Polymers for Advanced Technologies*. – 2021. – V. 32. – № 4. – P. 1386–1408.
2. Golubkov S.S., Morozova S.M. // *Polymers*. – 2023. – V. 15. – P. 4553.

Благодарность

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание) 075-03-2023-106, № FSMG-2022-0012.

ПОЛУЧЕНИЕ ПРИРОДНОГО ТЕРМОСТАБИЛЬНОГО ПОЛИМЕРА МОДИФИКАЦИЕЙ ЛИГНИНА ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРОЙ

Ю. И. Назарова, М. Д. Юрьева

Научный руководитель – к.х.н., с.н.с. О. В. Ротарь

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

yin1@tpu.ru, mdy5@tpu.ru

Основным объектом изучения стал полимер природного происхождения - лигнин, входящий в число отходов производств бумаги и гидролизных фабрик. В литейном производстве активно применяются термостойкие материалы, вследствие чего можно выдвинуть гипотезу о внедрении природного биополимера в качестве термостойкого реагента. Дешевизна, не токсичность и легкодоступность лигнина делают его перспективным материалом. Поэтому утилизация лигнина - разработка безотходного и малоотходных производства является актуальной задачей на сегодняшний день.

Цель работы поставлена следующим образом: получение термоустойчивого полимера модификацией лигнина серой.

Основой эксперимента стали 2 способа выделения лигнина:

1) Выделение лигнина проводилось щелочным способом в присутствии 8 % гидроксида калия.

2) Выделение лигнина проводилось кислотным способом в присутствии 20 % серной кислоты.

Выбор данных способов обусловлен простотой в исполнении, а также экономически выгодной [2].

Для модификации лигнина были выбраны соотношения: лигнин:сера 1:2, 1:1 и 1:0,5. Модификация лигнина проводилась в течении

3 часов при температуре 280 °С. После продукт синтеза промывали водой для удаления несшитой серы. Установлено идеальное соотношение лигнина:сера-1:1, так как это соотношение является экономически выгодным, и при этом полимер будет иметь высокие показатели термостабильности.

В таблице 1 представлены выходы продукта в зависимости от типа выделения лигнина. Полученный полимер подтвердил термостабильные свойства, температура размягчения составляет 450–500 °С.

Таблица 1. Зависимость выхода лигнина от способа выделения

Метод	Выход, г	Температура размягчения, °С
Щелочной	0,572	450
Кислотный	0,963	500

Итак, в данном исследовании проведена химическая модификация лигнина элементарной серой, из чего можно сделать вывод о получении термостабильного полимера. Мы предполагаем, что технология может стать платформой для изучения сорбционных свойств полимера для решения проблем с нефтерозливами на водных объектах.

Список литературы

1. Thomas Q.Hu. *Chemical Modification, Properties, and Usage of Lignin*. – 2022. – 34 p.
2. Рыженков А.В. *Химическая технология лигнина и перспективные материалы на его основе* // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – 100 с.
3. Грушников О.П., Елкин В.В. *Достижения и проблемы химии лигнина*. – 1999. – 65 с.

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ LCD 3D-ПЕЧАТИ

А. Н. Никишина^{1,2}, Б. Ч. Холхоев², З. А. Матвеев²

Научный руководитель – д.х.н., доцент В. Ф. Бурдуковский²

¹Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова
670000, Россия, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

²Байкальский институт природопользования СО РАН
670047, Россия, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
alenanikishina@yandex.ru

В настоящее время промышленность переработки высокомолекулярных соединений обладает большим парком оборудования и способов. Одним из перспективных методов являются аддитивные технологии, известные также как 3D-печать. На сегодняшний день, существует большое количество методов 3D-печати, среди которых одним из наиболее распространённых, наряду с FDM, является LCD, суть которого заключается в отверждении целого слоя фотополимерной смолы с помощью светодиодов, проходящих через жидкокристаллический дисплей. Фоточувствительные композиции, главным образом, получают из производных акриловых и метакриловых кислот, что ограничивает применение LCD 3D-печати в высокотехнологических отраслях промышленности, поскольку такие изделия обладают низкими эксплуатационными характеристиками. Ранее в работах [1, 2] была показана возможность улучшения эксплуатационных свойств путем добавления в фоточувствительную композицию различных высокотехнологичных полимеров.

Продолжая исследования в этом направлении, в докладе продемонстрированы результаты по использованию в качестве полимерной матрицы представителей классов ароматических полиамидов (МПА) и полиимидов (ПИ). В состав получаемой фоточувствительной композиции кроме полимерной матрицы входили: кросс-линкер – триэтилакрилат изоцианурат или диакрилат этоксилированного бис-фенола А, которые способны полимеризоваться под действием УФ-излучения, фотоинициатор Irgacure 819 и в качестве растворителя N,N-диметилакриламид, который проявляет хорошую растворяю-

щую способность по отношению к используемым полимерам.

Был установлен состав, который обеспечивает долговременную устойчивость и оптимальную вязкость полученной фоточувствительной композиции. Для определения условий печати использовался коммерческий LCD 3D-принтер Anycubic Photon Mono (Китай). Время экспонирования первых трех слоев составляло 15–25 с, а последующих 10–15 с. По данным термогравиметрического анализа материалы демонстрируют термостойкость в пределах 382–389 °С. Согласно данным динамического механического анализа температура стеклования составляет 121–180 °С. Модуль упругости полученных материалов составляет 2,8–3,9 ГПа, а предел прочности при растяжении 54,7–104,4 МПа.

Изделия также обладают эффектом памяти форм (рис. 1), основными показателями которого являются коэффициент фиксации формы и коэффициент восстановления формы, их значения достигают 99,67 % и 99,99 %, соответственно. Анализ стойкости материалов к γ -облучению дозой эквивалентной 30 годам нахождения на околоземной орбите показал, что прочность при растяжении увеличивается на 6,5 %, тепло- и термостойкость практически не изменяется, а модуль упругости незначительно уменьшается.

Таким образом, разработанные фоточувствительные композиции на основе МПА и ПИ позволяют изготавливать изделия с эффектом памяти формы, обладающие хорошими эксплуатационными характеристиками.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-73-10011.