

щелочного компонента составляет 12,5 мас. %, что на 1,2 мас. % ниже используемого в настоящее время на ОАО «Гомельстекло».

Следует отметить, что проведенные исследования вносят существенный вклад в оптимизацию составов листового стекла, направленную на снижение себестоимости и повышение конкурентоспособности продукции без ухудшения, а зачастую и с улучшением его ключевых свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1 Терещенко И.М. Технология листового стекла. – Минск: БГТУ, 2009. – 360 с.

2 Encyclopedia of Glass Science, Technology, History, and Culture. – New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2021. – P. 67–80.

3 Eric Le Bourhis. Glass. Mechanics and Technology. – Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2014. – P. 211–234.

4 Uusitalo, OI. Float Glass Innovation in the Flat Glass. – New York: Springer Cham Heidelberg, 2014 – 109 p.

УДК 546.47:66.081.3

Радковский И.С., Щербина Л.А., Будкуте И.А.

(Белорусский государственный университет пищевых
и химических технологий, г. Могилев, Республика Беларусь)

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН, СОДЕРЖАЩИХ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Благодаря достижениям в развитии технологий производства высокодисперсных материалов, а также, в целом, нанотехнологий, открываются перспективы внутрискруктурного модифицирования различных полимерных материалов с целью придания им востребованных практикой характеристик, отличных от базовых. При этом следует исходить из того, что надмолекулярная структура полимерных материалов представлена флуктуационными надмолекулярными образованиями, которые формируются в результате теплового движения макромолекулярных сегментов, имеющих среднестатистический размер около 10–40 нм. При введении в структуру полимеров наноразмерных модификаторов, обладающих высокой поверхностной энергией и сопоставимыми с сегментами макромолекул размерами высока вероятность образования ассоциативных структур, способных формировать специфические свойства наномодифицируемых полимерных материалов. Такие ассоциативные

структуры могут быть принципиально уподоблены ультрамикрогетерогенным системам с коллоидной дисперсностью. Поэтому их свойства будут значительно отличаться и от свойств гомогенных систем с молекулярной дисперсностью, и от свойств грубодисперсных гетерогенных систем, наполненных крупными агломератами, и, видимо, от свойств обычных, принципиально термодинамически нестабильных низкомолекулярных коллоидных систем. Последнее обусловлено тем, что каждая макромолекула, входящая в полимерную матрицу по принципу молекулярного войлока участвует в формировании многочисленных ассоциативных структур. Тем самым обеспечивается, как минимум, кооперативный эффект во влиянии на свойства материалов, инклюдирующих наноразмерные частицы ассоциативных надмолекулярных структур в полимерной матрице, а также большая стабильность достигаемых наномодификацией показателей.

Поэтому сегодня развивается интерес к аспектам, связанным с особым физическим влиянием наноразмерных структур на свойства нанокompозитных систем. Например, наноразмерные частицы (НЧ) Cu, Zn и их оксиды проявляют антибактериальные эффекты. Повышение огне- и термостойкости полимерных материалов можно ожидать при введении в них ZnO и MgO. Электрофизическую активность полимерам могут придавать материалы на основе Fe.

Исходя из перспективности исследований в данном направлении, целью данной работы явилась оценка возможности распространения этих тенденций на материалы с анизотропной структурой, например, такие как полиакрилонитрильные (ПАН) волокна, в том числе используемые в качестве прекурсоров углеродных волокнистых материалов (УВМ) и текстильных материалов.

Одной из проблем при реализации данной научно-технической задачи на примере высокоанизотропных структур, которые могут быть представлены волокнистыми и пленочными материалами, состоит в том, что их базовые потребительские свойства определяются высокой степенью ориентации макромолекул и их организацией в различные надмолекулярные образования. Первичный вопрос состоит в том, насколько удачно смогут интегрироваться НЧ в надмолекулярную структуру волокнообразующих полимеров, существенно не ухудшая их базовые свойства: способность к волокнообразованию, перерабатываемость и эксплуатацию в виде волокнистых материалов.

Отсутствие достаточных сведений о том, как повлияют НЧ на стабильность протекания технологических процессов получения и переработки ПАН волокнистых материалов сдерживает широкое внедрение перспективных наноразмерных модификаторов в производственную практику.

Для оценки возможности формирования модифицированных НЧ различной природы ПАН волокон были использованы прядильные растворы (ПР) на основе диметилформамида (ДМФ) и волокнообразующего терсополимера (ВТП) поли[акрилонитрил (91) – со – метилакрилат (8) – со – 2-акриламид-2 метилпропансульфокислота (1 % (масс))]. В ПР вводили НЧ Cu, CuO, Zn, ZnO. MgO, Fe₃O₄, SiO₂, имеющие первичный размер от 20 до 110 нм и удельную площадь поверхности от 5 до 200 м²/г. Общее содержание «ВТП–НЧ» в ПР составляло (21,0 ± 0,3) % (масс.). Содержание НЧ в ПР (в % от массы системы «ВТП–НЧ») составляло: 0, 0,1, 0,5, 5,0. НЧ диспергировали воздействием на их дисперсию ультразвуковых колебаний частотой 44 кГц при мощности генератора 400 Вт. Реологическое поведение ПР исследовали с помощью вискозиметра Брукфильда «Brookfield DV-II+Pro». Формирование ПАН волокон осуществляли в условиях, близким к производственным.

Анализ реологического поведения ПР показал, что с увеличением в них содержания НЧ наблюдается тенденция к росту динамической вязкости ПР (рисунок 1). Наиболее активно возрастает вязкость при введении в ПР частиц Zn и, особенно, Cu. Поэтому с ПР, содержащими более 0,1 % Cu, не удалось провести все запланированные исследования. Помимо этого, в присутствии малых количеств (0,1 %) НЧ SiO₂ отмечается экстремум, характеризующий некоторое снижение вязкости ПР.

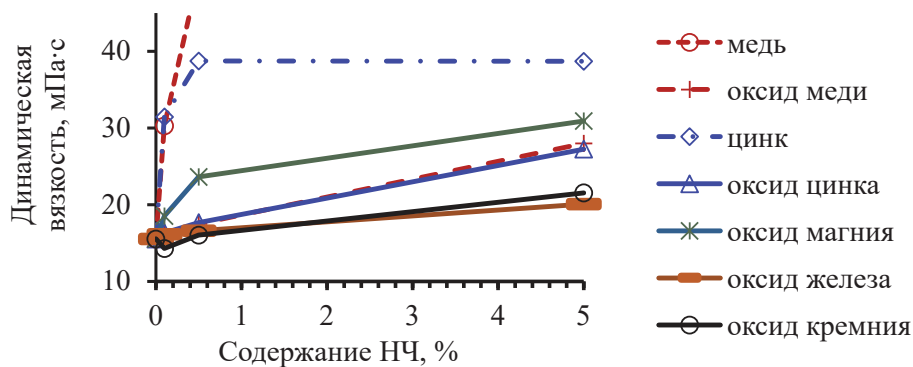


Рисунок 1 – Влияние НЧ на динамическую вязкость ПР

Также отмечено увеличение числа гель-частиц в ПР по мере роста в них содержания НЧ, что может быть объяснено протеканием самоагрегирования. Наиболее активно структурные неоднородности накапливались в ПР, содержащих 5 % MgO и 5 % Fe₃O₄.

В целом, процесс формования ПАН волокон выявил тенденцию к антитатности влияния природы и содержания НЧ на динамическую вязкость (рисунок 1) и прядомость ПР (рисунок 2), а также и то, что в присутствии

минимальных количеств (0,1 %) НЧ SiO_2 , Fe_3O_4 наблюдался некоторый рост деформируемости струи прядильной жидкости, из которой формируется гель-структура волокна в процессе фильерного вытягивания в осадительной ванне. Однако дальнейшее повышение содержания НЧ в ПР во всех случаях приводило к снижению прядомости. Несмотря на приемлемые для формования реологические показатели ПР, при содержании 5 % НЧ ZnO наблюдалась повышенная обрывность филаментов из-за закупоривания отверстий фильер. При получении волокон, модифицированных НЧ SiO_2 , Fe_3O_4 и MgO , такой проблемы не отмечалось.

Результаты оценки деформируемости гель-структуры свежеформованных ПАН волокон на основе данных о максимальной кратности пластификационного вытягивания были в полной мере симбатны результатам оценки прядомости. При этом ПР, содержащие НЧ SiO_2 или Fe_3O_4 , продемонстрировали не только наилучшую деформируемость, но и при их использовании отмечались наиболее высокие значения максимального пластификационного вытягивания.

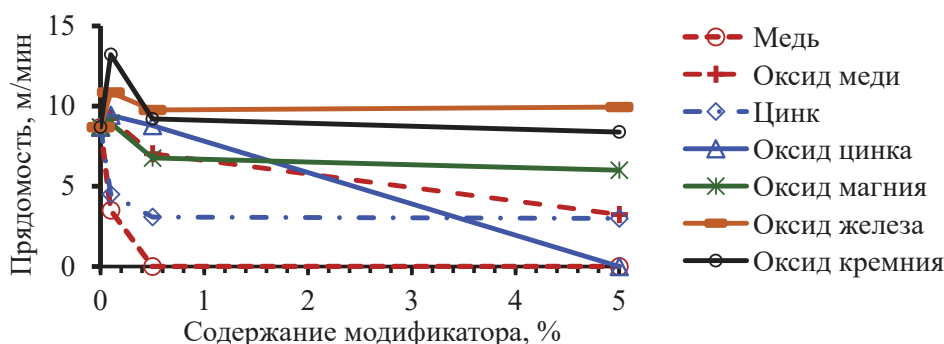


Рисунок 2 – Влияние НЧ на прядомость

Микроскопирование гель-волокон и поперечных срезов волокон в сухом состоянии не позволило выявить принципиального влияния природы НЧ на структурно-морфологические особенности модифицированных волокнистых материалов. Можно лишь отметить, что наибольшей оптической однородностью структуры отличались волокна, модифицированные пирогенным SiO_2 .

Что касается модификации введением рассматриваемых НЧ некоторых свойств ПАН волокон, то можно отметить следующее:

- введение 0,1 % НЧ Cu в ПАН волокна подавляет развитие *E. Coli* на 85 %,
- введение 5 % НЧ CuO и Zn тормозит развитие *E. Coli* на 45 % и 100 %, соответственно, а развитие колоний *St. aureus* – на 80 % и 100 %, соответственно.

При этом не отмечено существенного изменения кислородного индекса (КИ) для модифицированных ПАН волокон, по всей видимости, по причине автотермичности процесса перестройки их структуры. При этом введение SiO_2 марки Aerosil R972 даже снижает КИ с $19,2 \div 19,3$ до $18,3 \div 18,5$ %.

Таким образом, исследование продемонстрировало влияние природы и содержания НЧ в ПР на процесс формирования ПАН волокон. Отмечены ограничения в возможности использования некоторых видов НЧ для модификации ПАН волокон, получаемых мокрым методом в условиях, близким к производственным.

UDK 678.4

Karimova S.S., Mammedov B.A.

(Baku State University)

Balayeva O.O.

(Institute of Polymer Materials, Ministry of Science
and Education of the Republic of Azerbaijan)

THE SYNTHESIS OF CU-AL LDHS AND THEIR STABILISATION WITH PVA

Layered Double Hydroxides (LDHs) are materials with a wide range of applications. They are characterized by the ability to modify both their structural configurations and interlayer ions according to specific requirements. These materials exhibit high ion exchange capacities, are economically feasible to synthesize, and the whole procedure has minimal environmental impact.

Inclusion of LDHs within polymer matrices is promising for creating composite materials with diverse structures and functionalities.

Cu-Al Layered Double Hydroxides (LDHs) are synthesized using the co-precipitation method [1], where we have used CuSO_4 and $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ salts as precursors. The procedure has been controlled with pH. The synthesis has been carried out at $\text{pH}=8-9$. The characteristic properties of the synthesized LDH were studied.

The Cu-Al LDH synthesis process was carried out employing the co-precipitation method under cold conditions in a PVA medium, and the intercalated nanocomposite was synthesized.

When it comes to adding PVA to the synthesis of Cu-Al LDH, PVA chains can be intercalated between the LDH layers or adsorbed onto the surface. "In this case, the interlayer distance increases, resulting in a reduced