

изготавливали методом полусухого прессования. Согласно литературным данным, температура обжига изделий, в основном, находится в области от 1000 °С до 1200 °С и зависит от типа применяемого сырья. Компоненты подвергались совместному помолу в микрошаровой мельнице, далее масса увлажнялась водой до влажности 7–8 мас. % и вылеживалась в течении 1–2 сут. Опытные образцы в виде цилиндров прессовались на гидравлическом прессе при давлении 20–25 МПа, после подвергались сушке в сушильном шкафу. Полученные образцы обжигались в лабораторной печи в интервале температур 1000–1200 °С с выдержкой при максимальной температуре в течение 1 ч.

Исследование свойств синтезированной керамики позволило установить, что лучшими эксплуатационными характеристиками обладают материалы, полученные на основе природного волластонита с введением в массу пластифицирующего компонента – глины месторождения «Крупейский сад» (Республика Беларусь, Гомельская обл.) в количестве до 10 %. Материалы, получаемые на основе указанных сырьевых компонентов при оптимальной температуре обжига 1150 °С, характеризуются следующими показателями свойств: открытая пористость – 31,4 %, водопоглощение – 16,2 %, кажущаяся плотность – 1941 кг/м³, ТКЛР – $6,04 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ в интервале температур (20–300) °С, механическая прочность при сжатии – 28,7 МПа. Электронная микроскопия свидетельствует о том, что структура керамики достаточно однородная, кристаллы характеризуются неизометрической формой.

Литература

1. Матренин, С. В. Техническая керамика: учеб. пособие / С. В. Матренин, А. И. Слосман. – Томск: ТПУ, 2004. – 75 с.
2. Дятлова, Е. М. Синтез волластонитсодержащих керамических материалов технического назначения для предприятий машиностроительной отрасли / Е. М. Дятлова, О. А. Сергиевич, М. А. Руба. – Огнеупоры и техническая керамика. – 2019. – № 6. – С. 31–40.

УДК 539.23

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Мл. научн. сотр., аспирант Сапсалёв Д. В.^{1,2}, мл. научн. сотр. Петровская А. С.¹,
мл. научн. сотр. Радюкевич Д. Л.¹, мл. научн. сотр., аспирант Хабарова А. В.¹
Кандидат техн. наук, доцент Мельникова Г. Б.¹, д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,3}
¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси,
²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
³Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Введение. К преимуществам применения полимеров и нанокompозитов на их основе в качестве раневых покрытий относятся их более высокая степень защиты по сравнению с тканевыми материалами, а также их полная атравматичность. В связи с этим, существенный интерес представляет исследование структуры и физико-механических свойств композиционных полимерных пленок на наноуровне.

Материалы и методы. Для формирования композиционных пленок готовили рабочие суспензии путем смешения раствора полимера ($c = 0,25 \text{ мг/мл}$ в 1 М уксусной кислоте) и 1 мл водной суспензии наночастиц различной концентрации, полученной последовательным разбавлением исходной суспензии наночастиц (нч) оксида алюминия ($d = 30\text{--}60 \text{ нм}$; Sigma-Aldrich, China, $w = 20 \text{ масс. \%}$) в объемном соотношении 1 к 1 с последующим воздействием ультразвуком в течение 15 мин. Аликвоту раствора хитозана или суспензии хитозан–наночастицы объемом 8 мкл прикапывали на подложки, вращающиеся со скоростью 3200 об/мин. Вращение не прекращали в течение 1 мин (после формирования каждого слоя) для удаления остаточных количеств растворителя.

Морфологию поверхности полученных пленок исследовали методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на приборе NT-206 (ОДО «Микротестмашины», Республика Беларусь) с использованием стандартных кремниевых кантилеверов NCS11 (Mikromasch, Эстония), среднее

значение константы жесткости 3 Н/м. Измерения модуля упругости (E) проводили на атомно-силовом микроскопе NT-206 с термоплатформой. Использовали кремниевые кантилеверы FMG01 (TipsNano, Эстония) с радиусом кривизны острия зонда $R = 10$ нм и константой жесткости консоли 3 Н/м. Микротвердость образцов определяли по методу Виккерса (микротвердомер ПМТ-3М, ЛОМО, Россия). В качестве индентора использовали алмазный наконечник типа Виккерс. Нагрузку на индентор в зависимости от образца изменяли от 0,01 Н до 0,19 Н. Для каждого образца было получено по пять отпечатков по схеме «3 с внедрение индентора – далее 10 с выдержка под нагрузкой – затем 3 с разгрузка». Расстояние между отпечатками составляло не менее двух диагоналей отпечатка.

Обсуждение результатов и выводы. На основании АСМ-данных о структуре покрытий была выбрана оптимальная концентрация нч- Al_2O_3 в суспензии для формирования нанокompозитов – 0,625 %. Установлено, что однослойные нанокompозиционные пленки на основе хитозана имеют однородную структуру с единичными конгломератами наночастиц. Увеличение количества слоев приводит к росту числа конгломератов, что, в свою очередь, повышает шероховатость поверхности многослойных пленок.

Введение наночастиц Al_2O_3 приводит к снижению модуля упругости пленок хитозана. Модуль упругости исследуемых однослойных покрытий значительно снижается в диапазоне 20–40 °С. Дальнейшее увеличение температуры не оказывает влияния на величину E . Наименьшие значения E после воздействия температур (от 40 до 100 °С) зафиксированы у покрытий с наночастицами Al_2O_3 . Введение нч- Al_2O_3 в однослойные полимерные пленки незначительно изменяет микротвердость покрытий, в то время как, многослойные нанокompозиты демонстрируют рост значений микротвердости. Максимальные значения $H = 20,5$ ГПа установлены для 30-слойных пленок хитозан+нч Al_2O_3 .

Благодарности. Работа выполнена в рамках договора с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований № T21M-051 от 01.07.2021.

УДК 539.23

ГИДРОФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ И НАНОЧАСТИЦ Al_2O_3

Мл. научн. сотр., аспирант Сапсалёв Д. В.^{1,2}, мл. научн. сотр. Петровская А. С.¹,
мл. научн. сотр. Радюкевич Д. Л.¹, мл. научн. сотр., аспирант Хабарова А. В.¹

Кандидат техн. наук, доцент Мельникова Г. Б.¹, д-р техн. наук, профессор Чижик С. А.^{1,3}

¹Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси,

²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,

³Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Введение. Высокомолекулярные соединения широко используются для создания материалов медицинского назначения, в том числе раневых покрытий. Модификация полимеров неорганическими наночастицами может привести к получению функциональных покрытий с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Таким образом, разработка новых полимер-неорганических композитов и исследование их свойств является актуальной задачей как в области нанотехнологии, так и медицины.

Материалы и методы. Одно- и многослойные пленки хитозана ($c = 0,25$ мг/мл в 1 М уксусной кислоте), поливинилового спирта (ПВС, $c = 1$ мг/мл в воде) и композиционные покрытия с наночастицами Al_2O_3 ($d = 30–60$ нм; Sigma-Aldrich, $c = 0,625$ мас. %) формировали методом спинкоатинга на поверхности предварительно гидрофилизированных кремниевых пластин (1×1 см). Аликвоту раствора полимера или суспензии полимер-наночастицы объемом 8 мкл прикапывали на подложки, вращающиеся со скоростью 3200 об/мин. Вращение не прекращали в течение 1 мин (после формирования каждого слоя) для удаления остаточных количеств растворителя. Для оценки гидрофильных свойств сформированных покрытий измеряли значения краевых углов смачивания (КУС) на установке DSA 100E (KRUSS, Германия). Значения удельной