

Влияние ферментативной обработки на сорбционные свойства короткого льняного волокна методом пропитки маловязким связующим

В.В. ИВАНОВА, К.А. ЛЕНЬКО, Н.В. СКОБОВА, Н.Н. ЯСИНСКАЯ
(Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь)

Обзор научно-технических литературных источников показал динамичный интерес к развитию технологий производства биокomпозитов, армированных натуральными лубяными волокнами. Ключевые направления исследований связаны с изучением характеристик поверхности растительного наполнителя и ее модификацией. Такой подход обеспечит требуемый уровень адгезионного взаимодействия на границе раздела фаз «волокно – матрица», существенно ограничить сорбцию влаги и, как следствие, сохранить стабильность прочностных показателей композита [1].

На кафедре экологии и химических технологий УО «ВГТУ» проводятся исследования, направленные на разработку технологий переработки отходов льнопроизводства. Одним из перспективных направлений является создание биокomпозиционных материалов на основе вторичного растительного сырья, что позволяет не только решать экологические проблемы утилизации отходов, но и получать материалы с заданными свойствами.

Объектом исследований выбрана вытряска с линии кottonизации №7а. Данный вид сырья отличается достаточно низкой себестоимостью и доступностью, однако его применение в чистом виде ограничено из-за высокого содержания костры (49,7%) и короткого волокна (50,3%), что и представляет интерес для научных исследований.

На кафедре разработана технология ферментативной модификации вытряски с использованием препаратов Фекорд 2015-Б и Фекорд МП. Обработка позволяет частично удалить нецеллюлозные компоненты (пектины, воска, сопутствующие вещества), что приводит к увеличению доступной поверхности волокна и его гидрофильности. Для получения биокomпозитов необходимо снизить этот показатель, поэтому принято решение двухстадийной пропитки волокна, на первом этапе – маловязким связующим, с целью заполнения открытых пор и капилляров, частичной гидрофобизации поверхности и создании барьерного слоя, препятствующего избыточному поглощению влаги, на втором этапе – пропитка смолой для формирования прочной полимерной матрицы и получения готового композита. В качестве маловязкого связующего выбрана дисперсия ПВА и раствор ПА.

Критериями для оценки изменения капиллярно-пористой структуры выбрана сорбционная емкость волокна в отношении ПВА и ПА и водопоглощение модифицированных, а затем пропитанных образцов.

Сорбционную емкость волокнистого материала в отношении ПВА и ПА определяли следующим способом: две навески волокна весом по 2 г высушивали в сушильном шкафу с конвективным теплообменом до абсолютно сухого веса. Определив начальный вес образцов (m_0 , г), один из них полностью погружали в ванночку с дисперсией ПВА, другой – в раствор ПА. После выдержки в течение 2 часов каждый образец укладывали на сито для стекания избытка дисперсии и раствора, затем помещали между двух слоев фильтровальной бумаги и отжимали через валки до влажности 300 %. Затем образцы высушивали при $t=50^{\circ}\text{C}$ до полного высыхания, после чего измеряли вес сухой навески с сорбированным ПВА и ПА (m_1 , г). Равновесную сорбцию рассчитывали по формуле [1]:

$$q_e = \frac{m_1 - m_0}{m_0}, \quad (1)$$

В качестве контрольного образца выступало суровое волокно без ферментной обработки, прошедшее пропитку маловязким связующим по описанной выше технологии (образец 1). Волокна, отваренные в композиции препарата Фекорд 2015-Б и Фекорд МП, прошедшие пропитку ПВА и ПА в дальнейшем обозначены как образец 2 и образец 3 соответственно.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сорбционная емкость, г/г модифицированного волокна
после пропитки маловязким связующим

	Пропитка ПВА	Пропитка ПА
Образец 1 (контрольный)	0,054	0,449
Образец 2	0,068	0,551
Образец 3	0,095	0,588

Анализ данных показал, что сорбционная емкость обработанных отходов определяется двумя факторами: природой связующего и типом предварительной обработки поверхности волокна. Раствор полиамида, обладающий высокой полярностью, демонстрирует значительно более высокую сорбцию (0,449 – 0,588 г/г) по сравнению с ПВА (0,054 – 0,095 г/г), максимальные значения сорбции для образца, обработанного препаратом Фекорд МП, подтверждают эффективность модификации поверхности для улучшения адгезионного взаимодействия.

Проведена оценка показателя водопоглощения обработанных связующим образцов, определяемого методом частичного погружения, согласно ГОСТ 17177-94 [2]. Образцы высушивали до постоянной массы, помещали в чашку с водой так, чтобы образец был погружен в воду на 2 мм, при этом уровень воды в чашке поддерживали постоянным. Через 24 ч образцы переносили в сухую чашку и взвешивали с точностью до 0,01 г. Водопоглощение (W) рассчитывали по формуле:

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1}, \quad (2)$$

где m_1 , m_2 – масса образца после выдержки в воде и масса сухого образца соответственно, г.

Результаты исследования представлены на рис. 1 – 2.

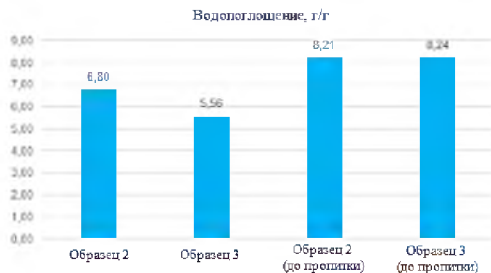


Рис. 1. Водопоглощение при частичном погружении образцов после пропитки ПВА



Рис. 2. Водопоглощение при частичном погружении образцов после пропитки ПА

Для образца 3, модифицированного препаратом Фекорд МП, пропитка ПВА (рис.1) привела к снижению водопоглощения на 33% за счет формирования сплошной гидрофобной пленки на поверхности образца и высокой адгезии маловязкого связующего к данному типу модифицированной поверхности. Для образца 2, обработанного препаратом Фекорд 2015-Б, водопоглощение снизилось на 17,2%. На рис. 2 после прохождения этапа пропитки ПА для образцов, обработанных препаратами Фекорд МП и Фекорд 2015-Б, водопоглощение снизилось на 29,1% и 19,6% соответственно.

Обработка препаратом Фекорд 2015-Б приводит к более глубоким изменениям поверхностного слоя, что может проявляться в изменении пористости и увеличении доступных гидроксильных групп. Препарат Фекорд МП обладает сбалансированным ферментным комплексом, обеспечивающим щадящую обработку поверхности с сохранением ее способности к эффективному взаимодействию с гидрофобными компонентами связующих, что создает оптимальные условия для растекания и пленкообразования.

Таким образом, проведенные исследования показали, что пропитка маловязким связующим позволяет целенаправленно снижать водопоглощение. При этом выбор связующего должен быть согласован с типом предварительной ферментативной обработки. Различия в эффективности обусловлены разной степенью модификации поверхности волокна, что влияет на адгезию и пленкообразующие свойства связующих. Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного подхода к подбору технологических параметров модификации для достижения стабильного гидрофобного эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.Н. Калинин, С.В. Ершов, С.А. Кокшаров, О.В. Лепилова Биомодификация льноволокнистого наполнителя для пропитки жидким связующим // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2023. – №2. – С. 165-175.
2. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. М., 2001. II, 40 с.