

Выбор рациональной схемы подготовки армирующего волокна для композиционных текстильных материалов

В.В. ФОМЧЕНКО, Н.В. СКОБОВА

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

Развитие и технологическая модернизация производства композиционных материалов требуют создания конкурентоспособной продуктовой линейки, выпускаемой в объемах, достаточных для покрытия потребностей внутреннего рынка и экспортных поставок. Достижение этой цели основано на трех ключевых направлениях: разработке новых композитных структур, оптимизации существующих производственных циклов и внедрении прогрессивных методов переработки перспективных материалов. При этом критически важное значение имеет непрерывное совершенствование технологических процессов, направленное на улучшение эксплуатационных характеристик продукции, расширение ее функциональных возможностей и увеличение сфер промышленного применения. Реализация указанных мер позволит обеспечить выход на новые уровни технико-экономических показателей в отрасли композиционных материалов [1].

Одним из перспективных направлений повышения эффективности производства текстильных композиционных материалов является разработка ресурсосберегающих технологий, основанных на использовании отходов льняного производства. Подобный подход способствует снижению себестоимости конечной продукции, обеспечивает рациональное использование природных ресурсов, что соответствует принципам устойчивого развития и экологической ответственности [1].

Структура композиционных текстильных материалов включает армирующие компоненты и полимерную матрицу, где технологические параметры обработки исходных элементов обуславливают функциональные свойства конечного продукта.

Этап подготовки армирующих волокон направлен на модификацию физико-механических свойств используемого сырья с целью повышения эффективности последующих технологических операций. Для этого применяются различные методы обработки: механические, химические и биологические подходы [2],[3]. В ходе обработки происходит удаление посторонних примесей, снижение жесткости волокон посредством разрушения природных связующих компонентов (лигнина, пектинов и других полисахаридов), а также достижение морфологической однородности структуры. Подобная подготовка не только оптимизирует процесс котонизации, но и способствует улучшению адгезионных свойств волокон при их интеграции в композиты, что в конечном итоге положительно сказывается на механической прочности и эксплуатационных характеристиках готовых изделий.

На кафедре экологии и химических технологий УО «ВГТУ» проведены экспериментальные исследования по выбору рациональной схемы подготовки длинного льняного волокна к котонизации для дальнейшего его использования в качестве армирующего материала. Применены следующие способы подготовки волокна: щелочно-пероксидная и ферментативно-пероксидная обработки (Рис. 1).

В технологии ферментативно-пероксидной обработки волокна использовались препараты отечественного производства ООО «Фермент» – единственного в Республике Беларусь производителя ферментов для текстильной промышленности. Компания является резидентом Парка высоких технологий и обладает портфелем из более чем 120 собственных разработок [4].

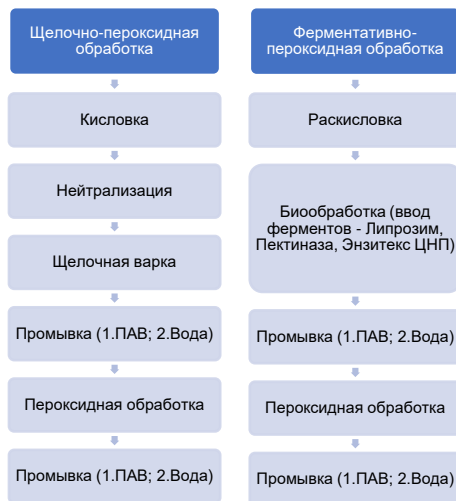


Рис. 1. Схемы подготовки лубяного волокна в качестве армирующего материала

В предлагаемых технологиях одним из этапов является отбеливание волокна. Разработанные КТМ в дальнейшем будут использоваться в качестве декоративных панелей внутренней отделки, обладающих заданными функциональными свойствами. Для обеспечения эстетических характеристик материалам необходимо придание равномерной окраски. Для этого выбрано экологически безопасное отбеливание волокна с использованием перекиси водорода, что минимизирует токсичное воздействие на окружающую среду по сравнению с традиционными хлорсодержащими реагентами. Применение перекиси позволит снизить энергозатраты процесса за счет сокращения стадий промывки, что соответствует принципам устойчивого производства.

Щелочно-пероксидная обработка обеспечивает эффективное удаление остаточных компонентов (лигнина, пектинов, восков и хромофорных соединений), повышая чистоту целлюлозного субстрата и модифицируя морфологию поверхности волокон за счет снижения шероховатости и увеличения топографической однородности, что существенно улучшает их адгезионные свойства при взаимодействии с красителями и полимерными матрицами в композиционных материалах [5].

Альтернативный метод – ферментативно-пероксидная обработка – индуцирует комплексный эффект, включающий селективное удаление примесей (лигноцеллюлозного комплекса, восковых соединений), контролируемое снижение степени полимеризации целлюлозы с соответствующим повышением гибкости и эластичности волокон, а также формирование развитой пористой структуры, что в совокупности усиливает сорбционную емкость материала и его реакционную способность при взаимодействии с модифицирующими агентами, оптимизируя конечные физико-химические характеристики получаемых композитов [3].

Статистический анализ распределения диаметра волокон, представленный в виде бокс-диаграммы (Рис. 2), демонстрирует значимое уменьшение среднего диаметра волокон после обработки, что обусловлено процессом разделения

комплексных волокон. Одновременно наблюдается снижение межквартильного размаха, свидетельствующее о повышении однородности волокнистой массы.

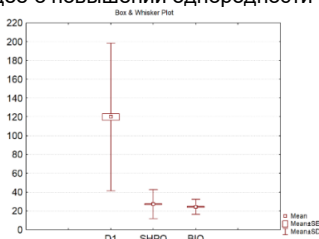


Рис. 2. БОКС-диаграмма распределения волокон по диаметру

Подтверждение этому эффекту получено при частотном анализе распределения волокон по диаметру (Рис. 3), где выявлено достоверное увеличение относительной доли тонких волокон в общей выборке после проведения отварки. Гистограмма распределения фиксирует сдвиг моды распределения в область малых диаметров (20,1 – 26,8 мкм по ФПО и 16,2 – 32,4 мкм по ЩПО).

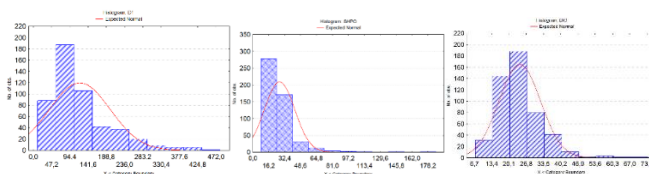


Рис. 3. Частотный анализ распределения волокон по диаметру

Установлено, что среди рассматриваемых технологий ферментативно-пероксидная обработка волокна демонстрирует оптимальные характеристики: обеспечивает формирование более однородной морфологической структуры, отмечается снижение среднего диаметра волокон в 2,5 – 3 раза, а также соответствует критериям биологической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Донецкий К.И., Хрульков А.В. Применение натуральных волокон при изготовлении полимерных композиционных материалов. – Труды ВИАМ, № 2, 2015. – С. 48-53.
2. Пашин, Е. Л., Е. Е. Орлова Оценка эффективности подготовки волокна посредством циклического промина для получения котонина. – Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной Году науки, Витебск, 21-22 ноября 2017 г. – Витебск, 2017. – С. 71-73.
3. Лисовский Д.Л., Ясинская Н.Н. Влияние ферментной обработки на свойства льняного котонина. – Вестник Витебского государственного технологического университета, № 2, 2022. – С. 94-103.
4. Официальный сайт ООО «ФЕРМЕНТ». – Режим доступа: <https://fermentpark.com/about/history/> (дата доступа 26.03.2025).
5. Н.М. Антонова, А.И. Симонов, И.С. Линьков. Влияние щелочной обработки целлюлозы на ее структуру и морфологию. – Инженерный вестник Дона, № 4 (112), 2024. – с. 51.