

ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

Полимеры • Волокна • Текстиль • Композиты

ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА
POLYMERS • FIBRES • TEXTILES • COMPOSITS

УДК 676.2.035; 676.252

ВЛИЯНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ВПИТЫВАЮЩИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

В.Н. Селезнев, Л.Г. Махотина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

Представлены результаты исследований влияния синтетического волокна на физико-механические и впитывающие свойства целлюлозного композиционного материала, используемого в качестве бумажного носителя. Получены образцы целлюлозных композитов при разных соотношениях целлюлозы и синтетического волокна, а также при разных условиях переработки волокон: при совместном размоле, без размолу и с размолу только лиственной целлюлозы. В результате исследований показаны перспективы использования синтетических волокон в целлюлозных композиционных материалах.

Производство бумаги и картона в мире, составляющее примерно 420 млн т в год, по данным «Statista GmbH», продолжит расти в течение ближайшего десятилетия и достигнет к 2032 г 476 млн т. Наиболее массовыми видами продукции являются тароупаковочные бумага и картон, которые представляют собой целлюлозные композиционные материалы.

Композиционными называются материалы, состоящие из двух и более компонентов, каждый из которых представляет собой самостоятельную фазу и выполняет в материале свои самостоятельные функции. Природа взаимодействия между компонентами может быть различной, но нарушение связи между ними вызывает резкое изменение всех свойств материала, приводит к нарушению композиционной устойчивости и, как правило, к резкому изменению свойств изделия из него [1].

Целлюлозные композиционные материалы (ЦКМ) получают путем сочетания целлюлозного компонента с синтетическими полимерами. Достоинствами целлюлозного компонента являются высокая прочность целлюлозных фибрилл, гидрофильность и впитывающая способность, отсутствие термопластичности, неисчерпаемость сырьевой базы благодаря постоянно происходящему в природе биосинтезу целлюлозы, способность легко подвергаться вторичной переработке, легкая био-разрушаемость использованных изделий. Синтетический полимер устраняет недостатки целлюлозного компонента: увеличивает прочностные и эластические свойства, снижает падение прочности во влажном состоянии, придает барьерные, специальные свойства и т.д.

Одним из широко востребованных ЦКМ является носитель для сбора и хранения биологических материалов. Использование таких носителей распространено в медицинской, биотехнической и криминалистических областях.

Носитель представляет собой ЦКМ, с напечатанной на нем информацией, который получают путем обработки бумаги, состоящей из хлопкового линта, химическими веществами, способствующими лизированию (растворению) клеток, денатурации белков и защите ДНК и РНК от повреждения и разрушения в процессе сбора, хранения и транспортировки биологического материала (мочи, слюны, крови и др.). После сбора биоматериала нуклеиновые кислоты остаются в волокнах целлюлозной матрицы [2].

Однако хлопковый линт является дорогостоящим материалом, и для придания ему бумагообразующих свойств требуется проведение специальной обработки, что затрудняет производство ЦКМ для сбора и хранения биологических материалов на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности без существенных капитальных затрат. В работах [3, 4] показана возможность использования лиственной сульфатной целлюлозы для производства такого материала.

К ЦКМ для сбора и хранения биологических образцов предъявляются высокие требования. С одной стороны, он должен обладать высокой впитывающей способностью, которая обеспечит быстрый сбор биологических образцов; достаточной прочностью, важной в процессе пропитки материала лизирующими растворами, при транспортировке и хранении; хорошими печатными свойствами, позволяющими наносить на поверхность карты информацию о партии и зоны сбора материала. Эти свойства обеспечи-

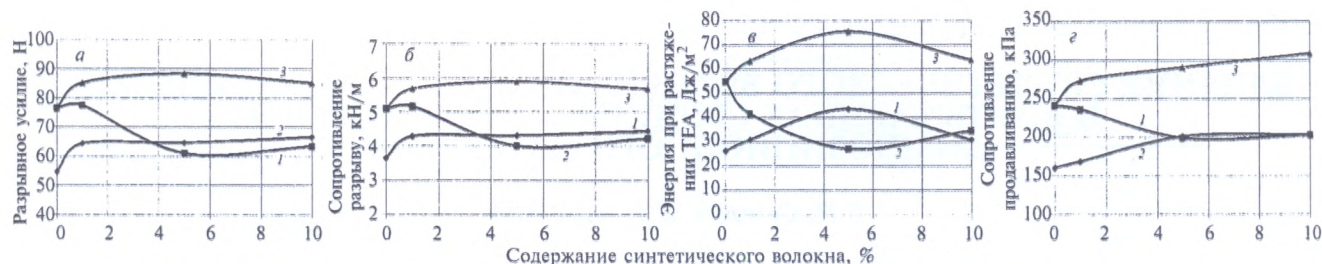


Рис. 1. Зависимость физико-механических свойств от содержания синтетического волокна в композиции ЦКМ: 1 – без размола; 2 – совместный размол; 3 – размол только целлюлозы.

ваются за счет использования целлюлозного волокна.

С другой стороны, материал должен обладать: эластичностью; низкой гигроскопичностью, которая обеспечит стабильность геометрических размеров в процессе эксплуатации при изменении влажности среды и сохранение высокой впитывающей способности; стойкостью к химическим реагентам, кислотам; свето- и атмосферостойкостью; химической чистотой материала, позволяющей исключить загрязнения биоматериала; устойчивостью к действию бактерий и микроорганизмов. Этими свойствами обладают синтетические волокна [5-8].

Целью описанной в статье работы было исследование влияния синтетического волокна на свойства целлюлозного композиционного материала.

Объектами исследования служили листовая целлюлоза марки ЛС-0 высшего сорта и полиэфирное волокно лавсан (длина волокна 3 мм).

Для придания волокну определенной степени гидратации, гибкости, увеличения поверхности (фибрилляции и набухания) в процессе подготовки бумажной массы к отливу целлюлозу подвергали процессу размола, который обеспечит связь волокон в бумажном листе, хорошее формирование (просвет) и заданные свойства [9-11].

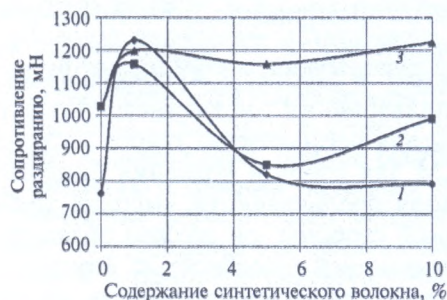


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления разрыву от содержания синтетического волокна в композиции ЦКМ:

1 – без размола; 2 – совместный размол; 3 – размол только целлюлозы.

Лиственную целлюлозу размалывали в лабораторном ролле “Валлей” до степени помола 16-17 °ШР и концентрации целлюлозного волокна в воде 3.5 г/л. Дополнительно был проведен совместный размол двух объектов исследования.

Исследование проводили на лабораторных отливках массой 245 ± 5 г/м², полученных на листоотливном аппарате Репид-Кетен при соотношении (в %) целлюлоза:полиэфирное синтетическое волокно 100 : 0, 99 : 1, 95 : 5 и 90 : 10.

Испытания образцов ЦКМ для определения физико-механических свойств и впитываемости после кондиционирования в стандартных условиях проводили в соответствии со стандартными методами по ГОСТ.

Результаты исследования физико-механических свойств представлены на рис. 1 и 2.

Как можно видеть, при добавлении синтетического волокна в композицию прослеживаются некоторые тенденции.

В том случае, когда волокна не подвергались размолу (рис. 1 и 2, кривая 1), с увеличением содержания синтетического волокна в композиции наблюдается значительное возрастание всех показателей. При добавлении 1% синтетического волокна происходит их резкий подъем с последующим достижением пика. Максимум показателей достигается при добавлении в композицию от 5 до 10 % синтетического волокна. Данная тенденция касается всех показателей, кроме сопротивления раздиранью (рис. 2). Этот показатель также возрастает, но с увеличением количества синтетического волокна в композиции снижается до уровня, присущего 100%-ной лиственной целлюлозе.

Обнаруженные тенденции объясняются тем, что прочное и эластичное синтетическое волокно при невысоком содержании равномерно распределяется в матрице из жесткого целлюлозного волокна, и между волокнами образуются прочные связи за счет механического взаимодействия. Дальнейшее увеличение содержания синтетического волокна сохраняет достигнутый уровень

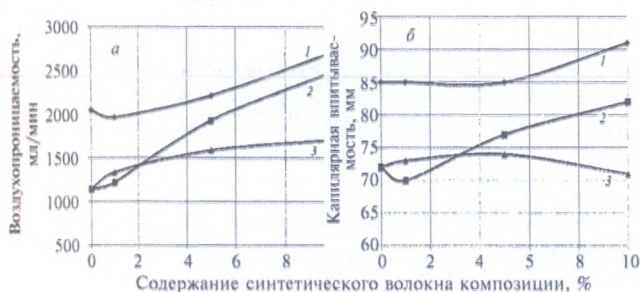


Рис. 3. Зависимость впитывающих свойств от содержания синтетического волокна в композиции ЦКМ: а – воздухопроницаемость по Бендсену; б – капиллярная впитываемость; 1 – без размола; 2 – совместный размол; 3 – размол только целлюлозы.

свойств благодаря прочности самих полиэфирных волокон, снижение же сопротивления раздиранию происходит из-за отсутствия прочных связей между целлюлозными и синтетическими волокнами.

В случае совместного размола целлюлозных (рис. 1 и 2, кривая 2) и полиэфирных волокон с увеличением содержания синтетического волокна в композиции наблюдается снижение всех физико-механических свойств. При содержании его от 5 до 10 % в композиции уровень показателей качества такой же, как у отливок, полученных из неразмолотого волокна. Данная тенденция отмечена для всех показателей, кроме сопротивления раздиранию. При увеличении содержания синтетического волокна в композиции 1% наблюдается резкий подъем этого показателя, но при дальнейшем увеличении содержания синтетического волокна сопротивление раздиранию снижается. Эту тенденцию можно объяснить тем, что в процессе совместного размола происходит укорачивание синтетических волокон при одновременном фибриллировании целлюлозных волокон; прочностные свойства при этом сохраняются.

В случае, когда размолу подвергались только волокна листовенной целлюлозы (рис. 1 и 2, кривая 3), с увеличением содержания синтетического волокна в композиции наблюдается повышение всех физико-механических свойств, причем показатели качества значительно выше, чем для отливок, изготовленных без размола. Максимум показателей достигается при добавлении в композицию от 5 до 10 % синтетического волокна.

Как сказано выше, ЦКМ для сбора и хранения биологических образцов должен иметь не только высокие прочностные свойства, но и об-

ладать оптимальной впитывающей способностью. Влияние полиэфирных волокон на воздухопроницаемость и капиллярную впитываемость показано на рис. 3.

Анализ полученных данных показал, что с увеличением содержания синтетического волокна до 10 % увеличивается воздухопроницаемость и капиллярная впитываемость отливок в случаях, когда волокна не подвергались размолу или размалывались совместно, и незначительно изменяется при использовании размолотой целлюлозы. Это объясняется образованием менее плотной структуры с развитой капиллярно-пористой системой. Наличие синтетических волокон приводит к разрыхлению структуры отливки, что, в свою очередь, повышает пористость материала.

– Показано, что введение полиэфирных волокон от 1 до 5 % приводит к увеличению физико-механических и впитывающих параметров целлюлозного композиционного материала.

– Установлено влияние процесса размола на физико-механические и впитывающие свойства целлюлозного композиционного материала, содержащего полиэфирные синтетические волокна.

– Введение разного количества полиэфирного волокна к целлюлозному и использование различных способов размола позволит производить ассортимент ЦКМ для сбора и хранения биологических веществ в зависимости от требований потребителя. Так, для получения ЦКМ с высокой впитывающей способностью при средних значениях прочности можно исключить стадию размола при подготовке бумажной массы. Если ЦКМ должен обладать высокой прочностью, необходимо проводить размол целлюлозы. Если нужно получить ЦКМ с умеренной впитываемостью и прочностью, то необходимо проводить совместных размол целлюлозных и синтетических волокон.

Библиографический список

1. Аким Э.Л. Обработка бумаги (основы химии и технологии обработки и переработки бумаги и картона). – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 232 с.
2. US Patent 5,496,562, Int. Cl. A61K 9/14. Solid medium and method for dna storage/ Burgoyne L.A.; Assignee: Flinders Technologies Pty Ltd, Bedford Park, Australia. – 159,104. 30.11.1993; Date of Patent: 05.03.1996.
3. Селезнев В.Н., Стребков Р.Э., Махотина Л.Г. / Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах. Тез. докл. междунар. науч. конф. – СПб.: СПбГУПТД, 2020. – С. 61-62.

4. Селезнев В.Н., Махотина Л.Г. // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов. Материалы VI Междунар. научно-технич. конф. – Архангельск: изд-во САФУ им. М.В. Ломоносова, 2021. – С. 47-51.
5. Гутман Б. Б., Янченко Л. Н., Гуревич Л. И. Бумага из синтетических волокон. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 184 с.
6. Мартянова О.С., Хомутинников Н.В. и др. // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2018. Т. 22. № 5. – С. 113-120. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-5-113-120.
7. Куркова Е.В., Иванов Г.Е., Мартянова О.С. // Материалы III Междунар. научно-технич. конф. «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов», посвященной памяти проф. В.И. Комарова. – Архангельск: САФУ, 2015. – С. 88-93.
8. Черная Н.В., Герман Н.А. Синтетические материалы в бумажных и картонных производствах: ресурсосбережение и импортозамещение. Учебно-методич. пособие для студ. вузов по спец. химическая технология переработки древесины и технология целлюлозно-бумажных производств. – Минск: БГТУ, 2020. – 203 с.
9. Фляте Д.М. Свойства бумаги. – СПб.: Лань, 2012. – 384 с.
10. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
11. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.