

Дальнейшими направлениями исследования является определение оптимальных параметров режима ультразвуковой сварки нетканых материалов зависящих от физико-механических свойств, формы и размеров свариваемых образцов, рабочего цикла сварки и других факторов. Экспериментальная проверка данных режимов будет осуществляться на разработанной установке.

Список использованных источников

1. Клубович, В. В. Технологии изготовления и обработки специальных периодических профилей: монография / В. В. Клубович, В. А. Томило. – Минск: БНТУ, 2007. – С. 296
2. Агрант, В. А. Ультразвуковая технология: монография / В. А. Агрант, В. И. Башкиров, Ю. И. Китайгородский, Н. Н. Хавский. – Москва, Металлургия, 1974. – 503 с.
3. Ультразвуковая сварка полимеров = Ultrasonic polymer welding / В. В. Клубович [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сборник научных трудов : в 3 кн. / Национальная академия наук Беларуси, Физико-технический институт ; гл. ред. А. В. Белый. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2017. – Кн. 1 : Материаловедение. – 2017. – С. 130–136.

УДК 677.076.49

Влияние пропитки на гигроскопические свойства нетканых материалов

**Карнилов М. С., асп.,
Рыклин Д. Б.,
д.т.н., проф., зав. каф.**

Витебский государственный
технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. Сорбирующие материалы и изделия медицинского назначения представляют собой одну из наиболее значимых и динамично развивающихся категорий товаров, используемых в здравоохранении. Их роль заключается в обеспечении контроля над биологическими жидкостями, ускорении процессов заживления ран, профилактике инфицирования и снижении риска осложнений. Современный ассортимент сорбирующих материалов изготавливается как из традиционных материалов (хлопок, искусственные волокна), так и из инновационных, включая альгинаты, гидрогели, полиуретановые пенки, наноструктурированные волокна.

Современные сорбирующие изделия включают гемостатические материалы, перевязочные средства и раневые покрытия. Одним из перспективных направлений разработки раневых покрытий является получение на-

новолокнистых пленок на основе хитозана. Для создания изделий с высокими сорбционными свойствами, обладающими также достоинствами нановолокнистых материалов, было принято решение разработать материал, состоящий из нетканой подложки и покрытия, полученного методом электроформования. В качестве подложки использован нетканый материал спанлейс. С целью повышения сорбционных свойств подложки предложено пропитывать ее раствором альгината натрия с добавлением глицерина, что позволяет повысить гигроскопичность подложки: оптимальная концентрация глицерина (300 % от массы сухого альгината) увеличивает влагопоглощение в 1,5 раза по сравнению с исходным материалом. Также исследовано влияние пропитки и структуры подложки на ее капиллярность. Исследования показали, что спанлейс даже с пропиткой обладает низкой капиллярностью (высота подъема воды составила 14 мм), тогда как перфорированный спанлейс и марля из нетканого материала демонстрируют значительно более высокие показатели. В последнем случае высота подъема воды достигла 46 мм. Установлено, что для повышения мягкости и гигроскопичности подложку целесообразно пропитывать раствором, содержащим 1,42 % альгината натрия и 4,25 % глицерина. Для повышения капиллярности целесообразно использовать структурированные нетканые материалы.

Ключевые слова: сорбирующие материалы, альгинат натрия, глицерин, сорбирующие подложки, спанлейс, гигроскопичность, капиллярность

Сорбирующие материалы и изделия медицинского назначения представляют собой одну из наиболее динамично развивающихся категорий товаров, применяемых в здравоохранении. Начиная от базовых перевязочных средств до высокотехнологичных интеллектуальных повязок, они обеспечивают контроль над биологическими жидкостями, способствуют заживлению ран, предотвращают инфицирование и минимизируют осложнения. Ассортимент этих изделий формируется под влиянием множества факторов – от биофизических свойств материалов до клинических требований, нормативных стандартов и маркетинговых стратегий производителей. В условиях роста заболеваемости хроническими ранами, увеличения числа хирургических вмешательств и старения населения спрос на сор-

бирующие изделия продолжает расти, что делает их предметом особого товароведческого и биомедицинского интереса.

Исторически сорбирующие материалы начали использоваться в медицине с момента появления первых перевязочных средств – марли, хлопка, льняных тканей. С развитием химии и материаловедения появились синтетические сорбенты, обладающие высокой абсорбционной способностью, устойчивостью к микробной контаминации и возможностью модификации. Современные изделия включают в себя как традиционные материалы (целлюлоза, хлопок), так и инновационные (альгинаты, гидрогели, полиуретановые пленки, наноструктурированные волокна). Натуральные сорбенты, такие как альгинаты и хитозан, обладают высокой биосовместимостью и способностью к биодegradации, что делает их особенно актуальными в условиях экологической ответственности. Синтетические материалы, включая полиакрилат натрия, поливиниловый спирт и силикагель, обеспечивают стабильные физико-химические характеристики и возможность точной настройки параметров сорбции [1].

Ассортимент сорбирующих изделий включает гемостатические материалы, перевязочные средства, раневые покрытия, абсорбирующие тампоны, салфетки и гели [2]. Гемостатические материалы, такие как оксидированная регенерированная целлюлоза, желатиновые губки, коллагеновые матрицы применяются для остановки капиллярных и венозных кровотечений, особенно в хирургии и травматологии. Их механизм действия основан на активации тромбоцитов, ускорении коагуляционного каскада и создании физического барьера. Перевязочные средства с сорбирующими свойствами используются при лечении хронических и острых ран, включая диабетические язвы, пролежни, ожоги и послеоперационные раны. Они могут содержать антимикробные компоненты (серебро, йод, медь), способствующие снижению бактериальной нагрузки и предотвращению инфицирования. Раневые покрытия на основе гидрогелей, альгинатов и полиуретановых пленок обеспечивают оптимальные условия для заживления, поддерживая влажную среду, защищая от механических повреждений и способствуя эпителизации [3].

В настоящее время одним из перспективных направлений разработки раневых покрытий является получение нановолокнистых пленок на основе хитозана, полученных методом электроформования [4]. Хитозан – это природный полисахарид, полученный путем удаления ацетильных групп из хитина, который обладает различными физиологическими функциями, такими как нетоксичность, иммуностимулирующее действие, антимикробное действие, биоразлагаемость и биосовместимость. Поэтому нановолокна, полученные из хитозана, обычно используются в гемостазе, заживлении ран и медицинском текстиле [5].

Однако способность сорбции у подобных материалов минимальна. В связи с этим для создания изделий с высокими сорбционными свойствами, обладающими также достоинствами нановолокнистых материалов, было принято решение разработать материал, состоящий из нетканой подложки и покрытия, полученного методом электроформования.

Современные нетканые материалы находят широкое применение в медицине, гигиене и текстильной промышленности благодаря их высокой проницаемости, гибкости и возмож-

ностям функциональной модификации. Одним из таких материалов является спанлейс – нетканый материал, получаемый методом гидроскрепления, отличающийся высокой прочностью и мягкостью. Однако его гигроскопические свойства ограничены, что снижает эффективность при использовании в качестве подложки для функциональных покрытий. В связи с этим была предложена предварительная пропитка материала 1,5 % раствором альгината натрия. Альгинат натрия – природный полисахарид, обладающий высокой гидрофильностью и способностью к гелеобразованию, что делает его перспективным модификатором для улучшения водоудерживающих свойств подложек [6].

Предварительные исследования показали, что пропитка нетканого материала альгинатом натрия существенно повышала его жёсткость, что делало его не пригодным для использования в качестве раневого покрытия. Возникла необходимость умягчения материала, для чего было решено добавить в пропиточный раствор модифицирующей добавки, в качестве которого был выбран глицерин. Использование глицерина в пропитке позволило существенно снизить жесткость материала, что дало возможность проведения дальнейших исследований.

Известно, что глицерин обладает способностью впитывать влагу, в связи с чем необходимо определить влияние концентрации глицерина на влагопоглощительные и капиллярные свойства различных подложек.

Для пропитки исходного нетканого материала применялся 1,5 % раствор альгината натрия, в который был добавлен глицерин в количестве 30, 70, 100, 300, 500 и 700 % от массы сухого альгината натрия.

Подготовка сорбирующей подложки осуществлялась следующим образом:

- выдерживание образцов в растворе 10 минут;
- отжим резиновыми валами;
- сушка в сушильном шкафу при 100 °С в течение 10 минут;
- определение гигроскопичности при помощи эксикатора по ГОСТ 3816-81.

Время выдерживания в растворе было выбрано на основании визуальной оценки равномерности распределения пропитки по всей площади образца. Время сушки было выбрано с учётом зависимости изменения влажности, полученной в ходе предварительных испытаний образцов.

Согласно ГОСТ 3816-81 размер образцов составлял 50×200 мм. Образцы выдерживались в эксикаторе в течение 4 часов, затем проводилась сушка в сушильном шкафу в течение 10 минут при температуре 107 градусов, затем, после высушивания и охлаждения в эксикаторе, заполненном обезвоженным хлоридом кальция, образцы взвешивались.

Исследование показало, что исходный материал обладает низкой гигроскопичностью. Добавление глицерина в раствор альгината натрия позволило значительно повысить данное свойство (табл. 1). Рациональным вариантом признана концентрация глицерина 300 % от массы сухого альгината натрия. При более высокой концентрации глицерина структура материала становилась чрезмерно мягкой, наблюдалось снижение прочности, материал терял форму, становился липким и не пригодным для практического применения.

При использовании рационального варианта раствора гигроскопичность материала достигла 14,9 %, что в 1,5 раза выше значения, определенного для материала без пропитки. Таким образом, выбранный пропиточный раствор содержит 1,42 % альгината натрия и 4,25 % глицерина.

Таблица 1 – Влияние концентрации глицерина на гигроскопичность спанлейса

Концентрация глицерина (% от массы альгината)	Гигроскопичность (%)	Изменение относительно исходного материала (%)
0 (исходный спанлейс без пропитки)	9,4	–
30	11,3	20,2
70	11,8	25,5
100	11,9	26,6
300	14,9	58,5
500	16,6	76,6
700	15,2	61,7

Кроме состава пропиточного раствора на гигроскопические свойства подложки влияет и ее структура. В связи с этим дополнительно проведена оценка капиллярности свойства трёх подложек на основе следующих видов нетканых материалов:

- спанлейс производства ООО «Белая Линия» (Российская Федерация) поверхностной плотности 45 г/м² (рис. 1 а);
- перфорированный спанлейс производства ОАО «Могилёвхимволокно» поверхностной плотности 55 г/м² (рис. 1 б);
- марля медицинская из нетканого материала (70 % хлопка, 30 % вискозы) производства ООО «Русвата» (Российская Федерация) поверхностной плотности 40 г/м² (рис. 1 в).

Пропитка проводилась в растворе альгината натрия без добавления глицерина, а также в двух вариантах растворов, содержащих альгинат натрия и глицерин (40 % и 700 % от массы альгината натрия). Содержание компонентов в этих растворах составило:

- 1,5 альгината натрия, 0,6 % глицерина;
- 1,36 альгината натрия, 9,5 % глицерина.

Исследования проводились согласно методике, описанной в ГОСТ 3816-81, согласно которой размер образцов составляет 50×300 мм. Результаты измерения высоты капиллярного подъема были получены после выдерживания в воде в течении 60 минут.

Результаты исследований, приведенные в таблице 2, показали, что нетканый материал спанлейс не обладает выраженным капиллярным эффектом. После пропитки в растворе альгината натрия высота капиллярного столба составил 14 мм. При наличии глицерина в составе раствора высота капиллярного столба снижается до 10 мм. Можно отметить, что

изменение содержания глицерина в пропиточном растворе в исследуемом диапазоне не оказало влияния на капиллярность подложки.

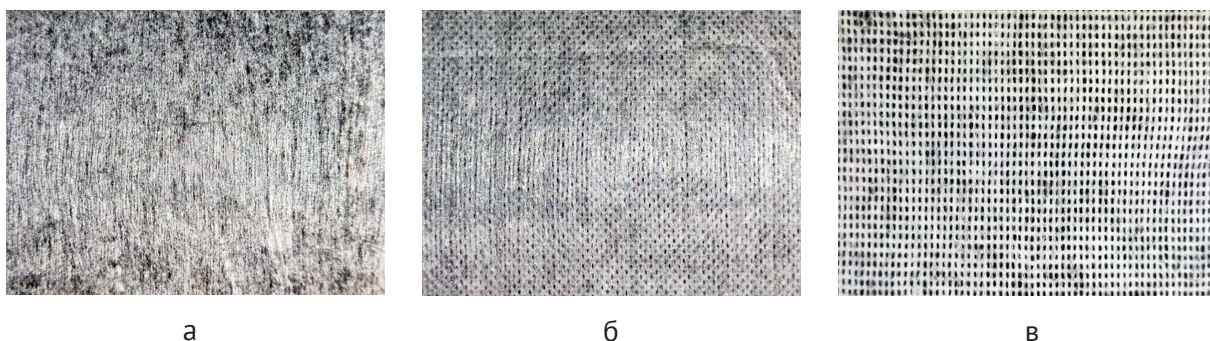


Рисунок 1 – Структура образцов материалов, подвергаемых пропитке:
а – спанлейс; б – структурированный спанлейс; в – марля медицинская

Таблица 2 – Оценка капиллярных свойств различных подложек

Материал подложки	Содержание компонентов в пропиточном растворе, %		Высота подъема воды, мм
	альгинат натрия	глицерин	
Спанлейс	-	-	0
Спанлейс	1,5	-	14
Спанлейс	1,5	0,6	10
Спанлейс	1,36	9,5	10
Перфорированный спанлейс	1,5	-	16
Марля из нетканого материала	1,5	-	46

При сравнении результатов, полученных для образцов материала спанлейс различной структуры, пропитанных только раствором альгината натрия, можно отметить, что перфорированный материал характеризуется существенно большей капиллярностью. Наиболее выраженные капиллярные свойства продемонстрировала медицинская марля из нетканого материала, пропитанная альгинатом натрия.

Таким образом, на основании анализа полученных результатов можно сделать вывод, что для повышения мягкости и гигроскопичности подложку целесообразно пропитывать раствором, содержащим 1,42 % альгината натрия и 4,25 % глицерина. Для повышения капиллярности целесообразно использовать структурированные нетканые материалы.

Список использованных источников

1. Цыганова, А. А. Синтез композиционного материала на основе смеси фосфатов кальция и альгинат-хитозанового полиэлектролитного комплекса / А. А. Цыганова, О. А. Голованова, А. Н. Еловский // Журнал неорганической химии. – 2020. – Т. 65, № 7. – С. 888–893. – DOI: 10.31857/S0044457X20070223.
2. Привольнев, В. В., Каракулина, Е. В. Основные принципы местного лечения ран и раневой инфекции // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2011. – Т. 13. № 3. – С. 214–222.
3. Саньков, С. В. Современный ассортимент, свойства и перспективы совершенствования перевязочных средств для лечения ран / С. В. Саньков, А. В. Майорова, Б. Б. Сысуев, И. А. Ханаиева, И. В. Вихрова // Раны и раневые инфекции. – 2018. – Т. 5, № 2. – С. 24–31.
4. Электроформование нановолокон из растворов хитозана (обзор) / Н. Р. Прокопчук [и др.] // Полимерные материалы и технологии. 2015. – Т. 1, № 2. – С. 36–56.
5. Gao, Z. Antibacterial and hemostatic bilayered electrospun nanofibrous wound dressings based on quaternized silicone and quaternized chitosan for wound healing / Z. Gao [et. al.] // European Polymer Journal. – 2021. – Vol. 159. – Art. 110733.
6. Lee, K. Y. Alginate: properties and biomedical applications / K. Y. Lee, D. J. Mooney // Progress in Polymer Science. – 2012. – Vol. 37, № 1. – P. 106–126.