

УДК 677.027

**ВЫБОР МЕТОДА МОДИФИЦИРОВАНИЯ
ТЕКСТИЛЬНЫХ ПЕРЕВЯЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ НАНОЦИТРАТА СЕРЕБРА**

**THE CHOICE OF METHOD OF MODIFICATION
OF THE TEXTILE DRESSING MATERIALS
BASED ON NANOTITANATE SILVER**

*В.М. ДЖАНПАИЗОВА, Р.С. ТАШМЕНОВ, Ж.С. ТОКСАНБАЕВА,
Г.Ш. АШИРБЕКОВА, Н.Н. ТОЛГАНБЕК, С.М. КОНЫСБЕКОВ*

*V.M. JANPAIZOVA, R.S. TASHMENOV, ZH.S. TOKSANBAEVA,
G.SH. ASHIRBEKOVA, N.N. TOLGANBEK, S.M. KONYSBEKOV*

**(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Республика Казахстан,
Южно-Казахстанская медицинская академия, Республика Казахстан)**

**(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,
South Kazakhstan Medical Academy, Republic of Kazakhstan)**

E-mail:vasmir1@mail.ru

В статье исследуется возможность выбора способа модифицирования текстильных перевязочных материалов на основе наноцитрата серебра. Рассмотрен метод контактной пропитки без давления, при котором марлю погружают или опрыскивают жидким раствором. Установлено, что процесс пропитки наполнителя связующим обусловлен физическими явлениями, такими как смачивание поверхности наполнителя и диффузия связующего в поры. Способ погружения при совмещении наполнителя со связующим осуществляют на различных типах пропиточных машин (установок), которые подробно рассмотрены в настоящей работе. Показаны схемы пропиточных машин с последовательностью процесса пропитки.

This article explores the possibility of choosing a method for modifying textile dressings based on silver nanocitrate. The method of contact impregnation without pressure is considered, where gauze is dipped or sprayed with a liquid solution. It has been established that the process of impregnating filler with a binder is due to physical phenomena, such as wetting of the filler surface and the diffusion of the binder into the pores. The method of dipping when combining the filler with a binder is carried out on various types of impregnation machines (installations), which are discussed in detail in this paper. Schemes of impregnation machines with the sequence of the impregnation process are shown.

Ключевые слова: текстильные перевязочные материалы, наноцитрат серебра, пропитка, диффузия, смачивание, сушильная камера.

Keywords: textile dressings, silver nanocitrate, impregnation, diffusion, wetting, drying chamber.

Наиболее многообещающие перевязочные средства – текстильные материалы, пропитанные водными растворами органических солей биоцидных и эссенциальных микроэлементов. Ранее проведены исследования антимикробных свойств различных синтезированных карбоксилатов металлов (никеля, цинка, железа, кобальта, меди, серебра, висмута) с целью поиска оптимального состава для новых модифицированных раневых покрытий для лечения гнойных, огнестрельных ран и трофических язв.

Установлено, что антиоксиданты на различных стадиях раневого процесса способствуют усилению макрофагальной реакции, активизации фагоцитоза, пролиферации фибробластов и росту сосудов грануляционной ткани.

Карбоксилаты металлов, полученные методами нанотехнологий, представляют собой водные растворы слабокислым показателем рН и являются идеальным компонентом для пропитки хлопчатобумажных тканей, в том числе и марли медицинской.

Целью настоящего исследования является выбор метода модифицирования и технологии получения текстильных перевязочных материалов с лечебными свойствами на основе наноцитрата серебра.

Методологической и теоретической основой исследований являются труды зарубежных ученых по технологии получения текстильных материалов с лечебными свойствами.

Нами выбран оптимальный метод контактной пропитки без давления.

В процессе пропитки без давления волокнистый наполнитель (марлю) окунают в связующее (пропитка окунанием), приводят его в контакт с поверхностью связующего (контактная пропитка) или напыляют жидкое связующее на поверхность наполнителя (совмещение напыления с последующим оплавлением) [1].

В процессе пропитки окунанием волокнистый наполнитель в виде нитей, жгутов или ткани сматывают со шпулей, бобин или рулонов и по тракту установки для пропитки направляют в ванную со связующим. На выходе из пропиточной ванны производят отжим избытка связующего, и препрег направляют в сушильную камеру, где происходит удаление растворителя или предотвращение связующего. Готовый препрег сматывают в рулон, прокладывая между слоями антиадгезионную пленку, если имеется опасность слипания полуфабриката.

Окунание – процесс совмещения наполнителя со связующим, при котором волокнистый наполнитель окунают в жидкое связующее. Процесс пропитки связующим наполнителя происходит за счет реализации таких физических явлений, как смачивание поверхности наполнителя, диффузия связующего в поры и дефекты поверхности наполнителя и его приповерхностного слоя и фильтрация между частицами наполнителя (например, проникновение связующего в межволоконное пространство) [2].

Технологические параметры процесса пропитки методом окунания.

Жгут длиной L и толщиной H находится в ванне со связующим на глубине Π .

Связующее проникает в межволоконное пространство сквозь щели шириной δ , образованные параллельно уложенными элементарными волокнами.

Объемное содержание связующего, необходимое для пропитки единичного объема, будет равно:

$$V_{\text{св(ед)}} = \Pi H / 2,$$

где Π – относительное объемное содержание пор.

Объемное содержание пор определяется по формуле:

$$\Pi = 1 - \rho_{\text{стр}} / \rho_{\text{нап}},$$

где $\rho_{\text{стр}}$ — плотность волокнистой структуры, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\rho_{\text{нап}}$ — плотность материала, из которого изготовлено волокно, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Скорость пропитки (скорость, с которой волокно пропитывается связующим) хорошо описывается законом Дарси:

$$v_{\text{проп}} = k \Delta P / \eta \ell = 2kP / \eta \ell,$$

где k — коэффициент проницаемости.

Время пропитки на всю глубину ленты будет равно:

$$\tau_{\text{проп}} = \Pi h^2 \eta / 4kP.$$

Оптимальную температуру пропитки препрега можно определить:

$$T = \frac{U - E}{R \ln \left(\frac{L \Pi \eta_0 h^2}{0,32kP \ell \tau_0} \right)}.$$

При выходе из пропиточной ванны помимо того связующего, которое проникает в межволоконное пространство, поверхность волокнистого наполнителя захватывает еще некоторое количество связующего, толщина которого может быть определена по формуле:

$$\delta = 1,32RC(\eta v / \sigma)^{2/3}$$

для толщины ленты h , протягиваемой со скоростью v через ванну со связующим, с объемной концентрацией C и вязкостью η .

Необходимое содержание связующего в препреге обеспечивается последующим отжимом, который осуществляется роликами или эластичными губками.

Для пропитываемой ленты, выходящей из ванны под углом наклона к горизонту α ,

$$\delta = \frac{0,94}{\sqrt{1 - \cos \alpha}} \frac{(\eta v)^{2/3}}{(\rho g)^{1/2} \sigma^{1/6}}.$$

Скорость движения ленты определяется по формуле:

$$v = K / \eta \Delta P / \delta, \quad \Delta P = P_{\text{проп}}.$$

Время движения ленты должно рассчитываться исходя из соотношения

$$L / v_{\text{проп}} = \tau_{\text{проп}} \text{ всей ленты} < \tau_{\text{втс}},$$

где L — длина всей ленты.

Для расчета скорости пропитки используют уравнение:

$$v_{\text{проп}} = \ell k \Delta p / \Pi \delta^2 \eta T,$$

где ℓ — длина пакета; k — коэффициент проницаемости; Δp — давление пропитки; Π — пористость пакета; δ — толщина связующего; ηT — вязкость связующего.

Для пропитки волокнистых (пористых, нетканых) холстов используют ванны, в которых пропитываемая жидкость проходит через слой холста под действием разряжения (рис. 1 – схема пропиточной ванны с вакуумным барабаном) [3].

Непропитанный холст 1 проходит между перфорированным вакуумным барабаном 2 и металлической сеткой 5, часть барабана и сетки в месте их контакта погружены в связующее 6. За счет сил, возникающих вследствие разряжения в барабане 2, связующее проходит через сетку и холст. Излишек связующего из холста 4 отсасывается вакуумным отсосом 3, а металлическая сетка 5 очищается от налипшей массы в ванночке 6.

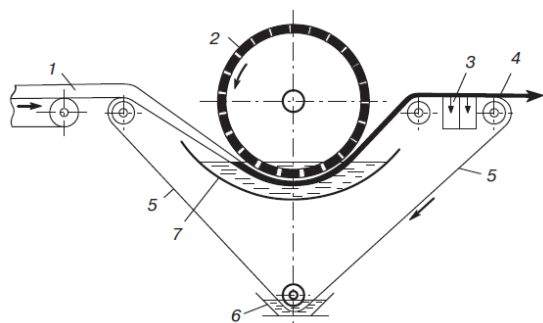


Рис. 1

Традиционно метод окунания при совмещении наполнителя со связующим осуществляют на пропиточных машинах (установках). В процессе пропитки окунанием волокнистый наполнитель в виде нитей, жгутов, лент или тканей сматывают со шпулей, бобин или рулонов и по тракту установки для пропитки направляют в ванну со связующим (рис. 1). На выходе из пропиточной ванны производят отжим избытка связующего и препрег направляют в сушильную камеру, где происходит удаление растворителя или предотвращение связующего.

Готовый препрег сматывают в рулон, прокладывая между слоями антиадгезионную пленку, если имеется опасность слипания полуфабриката.

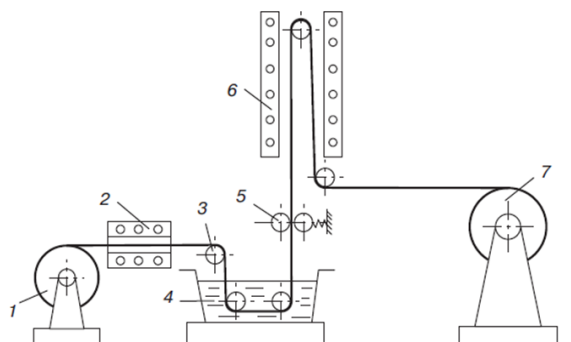


Рис. 2

В схеме установки (рис. 2 – схема установки для пропитки волокнистых наполнителей окунанием): 1 - рулон наполнителя; 2 - камера сушки волокнистого наполнителя; 3 - путевые ролики, направляющие наполнитель по тракту установки, перед ними также может быть установлена гребенка (формирующее устройство) для ленты.

Процесс пропитки зависит от вязкости связующего, а вязкость зависит от температуры, поэтому важно стабилизировать температуру пропиточной ванны 4, для чего она снабжена "водяной рубашкой", в которой циркулирует термостатирующая жидкость с постоянной температурой.

На выходе из пропиточной ванны установлено отжимное устройство 5 в виде двух роликов, один из которых укреплен жестко, а другой – на пружине. Таким образом, регулируется содержание связующего, производится отжим избытка связующего на волнообразном наполнителе. Далее препрег направляют в камеру предотвращения 6 связующего. В первой низкотемпературной секции печи $T_{\text{печи}} \sim T_{\text{кип}}$ растворителя. Здесь удаляется основная часть растворителя. Вторая секция имеет более высокую температуру. В этой секции происходит увеличение молекулярной массы и изменение агрегатного состояния связующего. Готовый препрег сматывают в рулон, прокладывая между слоями антиадгезионную (полиэтиленовую) пленку с целью предотвращения слипания полуфабриката [4].

Для получения препрегов, в зависимости от типа наполнителя и связующего, применяются пропиточные установки (машины) с вертикальной или горизонтальной сушильной камерой. Использование вертикальной сушильной камеры позволяет разбивать нагрев на зоны с разной температурой для увеличения времени нахождения препрега в зоне нагрева и более полного удаления растворителя или проведения необходимых химических реакций (например, предотвращения для фенолоформальдегидных связующих, образования олигоимида для имидных связующих мономерного типа). Примеры вертикальной и горизонтальной пропиточных установок представлены на рис. 3 (схема непрерывно действующей вертикально-сушильной машины с автоматическим управлением: 1 - рулон наполнителя (ленты, ткани); 2, 4, 6, 9, 10, 12 - направляющие валики; 3 - обогреваемые валики; 5 - пропиточная ванна; 7 - подогреватель; 8 - отжимные валики; 11 - охлаждающие валики; 13 - рулон полуфабриката (препрега)), и рис. 4 (схема горизон-

тальной пропиточно-сушильной машины: 1 - рулон наполнителя; 2, 4, 9 - направляющие валики; 3 - подсушивающий валик; 5 - валик пропиточной ванны; 6, 7 - отжимные валики; 8 - ведущие валики; 10, 13 - поддер-

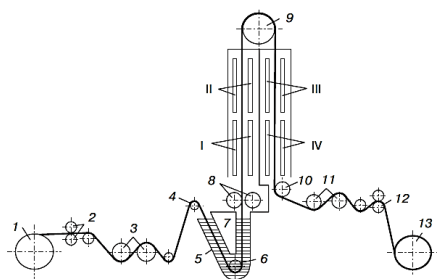


Рис. 3

Контактную пропитку волокнистых наполнителей применяют в том случае, когда волокно изготовлено из высокомодульного материала (например, бора), имеет большой диаметр и поэтому не может быть пропущено через пропиточный тракт обычных установок, так как он снабжен переваляющими валками сравнительно малого диаметра. При огибании таких валков происходит разрушение волокнистого наполнителя.

ВЫВОДЫ

Процесс пропитки водным раствором цитрата серебра наполнителя (марли) происходит за счет реализации таких физических явлений, как смачивание поверхности наполнителя, диффузия водного раствора в поры и дефекты поверхности наполнителя и его приповерхностного слоя и фильтрация между частицами наполнителя (например, проникновение связующего в межволоконное пространство).

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные проблемы модификации природных и синтетических волокнистых и других полимерных материалов: теория и практика / Под ред. А.П. Морыганова, Г.Е. Заикова. – 2012.
2. Арсентьева И.П., Глущенко Н.Н., Павлов Г.В., Фолманис Г.Э. Использование биологических активных препаратов на основе наночастиц металлов

живающие валики; 11 - сушильная камера; 12 - ведущие валики; 14, 15 - регулировочные валики; 16 - приемная гильза; 17 - вентилятор; 18 - вентилятор с калорифером; 19 - паровые змеевики).

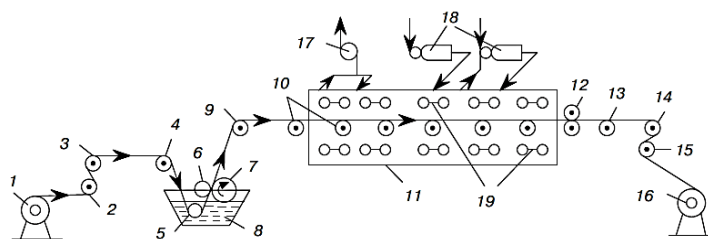


Рис. 4

в медицине и сельском хозяйстве // Докл. на совещании: Индустрия наносистем и материалы: оценка нынешнего состояния и перспективы развития. – М.: Центр "Открытая экономика", 2006.

3. Киселева А.Ю. Бактерицидные текстильные материалы на основе биологически активных препаратов и наносеребра // Тез. докл. на семинаре: Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы. – СПб.: С.-Петербург. ун-т технолог. и дизайн, 2011.

4. Мосин О.В. Модификация и создание материалов с помощью наносеребра. [http://www.medicinform.net/biochemistry/nanoserebro1_1.htm]

REFERENCES

1. Sovremennye problemy modifikatsii prirodnykh i sinteticheskikh voloknistykh i drugih polimernykh materialov: teoriya i praktika / Pod red. A.P. Moryganova, G.E. Zaikova. – 2012.
2. Arsent'eva I.P., Glushchenko N.N., Pavlov G.V., Folmanis G.E. Ispol'zovanie biologicheskikh aktivnykh preparatov na osnove nanochastits metallov v meditsine i sel'skom khozyaystve // Dokl. na soveshchani: Industriya nanosistem i materialy: otsenka nyneshnego sostoyaniya i perspektivy razvitiya. – M.: Tsentr "Otkrytaya ekonomika", 2006.
3. Kiseleva A.Yu. Bakteritsidnye tekstil'nye materialy na osnove biologicheskikh aktivnykh preparatov i nanoserebra // Tez. dokl. na seminare: Nanostrukturnye, voloknistye i kompozitsionnye materialy. – SPb.: S.-Peterburg. un-t tekhnolog. i dizayna, 2011.
4. Mosin O.V. Modifikatsiya i sozdanie materialov s pomoshch'yu nanoserebra. [http://www.medicinform.net/biochemistry/nanoserebro1_1.htm]

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных материалов ЮКГУ им. М. Ауэзова. Поступила 23.09.19.