

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ РЕЗИНОВОГО РЕМНЯ НА СТЕПЕНЬ ПРОПИТКИ ТКАНИ

А.Е. ХЛЮПИН, Ю.Г. ФОМИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Процесс пропитки капиллярно-пористой структуры волокнистого текстильного материала характеризуется показателем ее степени пропитки $\delta_{пр}$, определяемым как соотношение влагосодержания материала после исследуемого режима обработки к максимально возможному его влагосодержанию после пропитки в вакууме (с последующим центрифугированием в обоих случаях) [1].

Данный процесс можно разделить на три периода. Первый период – заполнение порового объема ткани до значения $\delta_{пр} = 0,45...0,50$. В этом периоде, который

протекает почти мгновенно, жидкость заполняет сквозные межнитевые и межволоконные макропоры текстильного полотна.

Во втором периоде пропитки происходит заполнение раствором "квazитупиковых" пор и капилляров. При погружении в жидкость в них остается зацементированный воздух, что значительно снижает скорость проникновения жидкости в поровую структуру ткани.

К началу третьего периода в основном завершается заполнение "квazитупиковых" пор и начинается заполнение тупиковых пор и капилляров, расположенных в струк-

турах элементарных волокон, в которых также остался заземленный воздух. Повышение эффективности пропитки непосредственно связано с необходимостью удаления воздуха путем растворения его в жидкости, закрывающей свободный конец капилляра, и последующей диффузией через пропитывающую жидкость в окружающую среду.

Таким образом, продолжительность заполнения жидкостью порового объема волокнистого материала определяется в основном временем "диффузионной" стадии пропитки тупиковых капилляров, которое рассчитывается по уравнению [2]:

$$\tau_2 = \left(\frac{\Delta \ell_n \sqrt{\pi D}}{2 \varphi_\infty K D R_T T} \right)^2, \quad (1)$$

где $\Delta \ell_n = \ell_0 - \ell_\infty$ – длина незаполненной части капилляра на момент окончания "быстрого" периода пропитки; ℓ_0 и ℓ_∞ – полная длина тупикового капилляра и предельная длина его заполненной части; D – коэффициент диффузии воздуха в жидкости; $\varphi_\infty = \ell_\infty / \ell_0$ – предельная степень заполнения тупикового капилляра; K – постоянная Генри; R_T – универсальная газовая постоянная; T – температура системы.

Снижение параметра τ_2 возможно двумя путями: за счет увеличения коэффициента D диффузии или уменьшения длины $\Delta \ell_n$ незаполненной части капилляров.

Первый вариант реализуем при повышении температуры пропитывающей жидкости, но этот метод интенсификации процесса пропитки имеет ограниченные технологические возможности и эффективен в сочетании с другими методами.

Более перспективным является направление интенсификации, связанное с уменьшением длины $\Delta \ell_n$ тупиковых капилляров при увеличении степени их заполнения раствором $\varphi_\infty \rightarrow 1$ на первой стадии пропитки, в частности, за счет уменьшения давления в порах $P_{\text{пор}}$ материала перед его пропиткой [1]:

$$\varphi_\infty = 1 - \frac{P_{\text{пор}} T_{\text{ж}}}{(\Delta P_{\text{к}} + P_0 - P_{\text{н}}) T_0}, \quad (2)$$

где $T_{\text{ж}}$ и T_0 – температура жидкости и материала соответственно; $\Delta P_{\text{к}}$ – капиллярное давление; P_0 – атмосферное давление над поверхностью пропитывающей жидкости; $P_{\text{н}}$ – давление насыщенного пара.

Для снижения давления в порах материала в результате частичного или полного удаления из них воздуха применяются несколько способов: вакуумирование материала перед пропиткой, предварительный его нагрев, кратковременное запаривание волокнистого материала в среде насыщенного водяного пара [3].

Величина вакуума $\Delta P_{\text{пор}}$ в процессе запаривания материала будет зависеть от степени удаления воздуха из его пор. Если все поры перед пропиткой будут заполнены паром, то значение вакуума в них составит: $\Delta P_{\text{пор}} = -P_{\text{атм}}$. Это свидетельствует о полном вакуумировании порового пространства обрабатываемого материала при данной технологии пропитки.

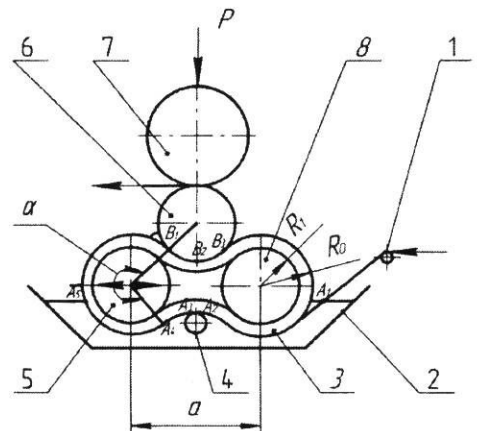


Рис.1

Рассмотрим еще один способ снижения давления в порах и создание эффекта вакуумирования за счет процессов, протекающих при растяжении ткани в устройстве для пропитки текстильного материала (рис. 1) [4].

Ткань через перекатной ролик 1 поступает в ванну 2 с раствором, огибая резиновый ремень 3 толщиной 50...60 мм. С нижней ветвью ремня 3 контактирует натяжной ролик 4, где на дуге его контакта реализуется предварительная пропитка ткани.

Валы 5 (натяжной), 6 (прижимной) и 8 (приводной) выполнены металлическими и предназначены для передачи движения и деформации резиновому ремню. Вал 7 – эластичный и пневматическим механизмом прижима с усилием Р прижимается к валу 6. Окончательная пропитка ткани происходит в зоне контакта вала 6 с ремнем 3, отжим материала – в жале валов 6 и 7.

Рассмотрим процессы, происходящие с тканью в ходе пропитки на предлагаемом устройстве [4].

Ткань с влажностью 5...8 % поступает в ванну, постепенно увлажняется (участок траектории A_1A_2) и получает предварительную пропитку в жале, образованном ремнем и прижимным роликом (дуга A_2A_3). На участке резинового ремня $A_4A_5B_1$ ткань подвергается растяжению под воздействием сил трения, возникающих между ремнем и увлажненной тканью, а также от действия изгибающих усилий на сам ремень (без учета внешних сил).

Относительное удлинение поверхности ремня будет равно:

$$\varepsilon = \frac{L_{A_4A_5B_1}}{L_{h/2}} = \frac{R_1 + h}{R_1 + h/2}, \quad (3)$$

где R_1 – радиус вала (рис. 1); h – толщина ремня (50...60 мм).

Для экспериментальной установки ($R_1=66,5$ мм; $h=25$ мм), $\varepsilon=1,158$.

Таким образом, на дуге $A_4A_5B_1$ ремень получает растяжение наружной поверхности на 15,8 %.

С учетом действия внешней силы Р величина ε дуги поверхности возрастает. Во время движения на этом участке ткань под воздействием сил трения и растягивающих усилий находится в постоянном натяжении. При этом на каждую нить основы, ее поры и капилляры действует определенная сила F, приводящая к их растяжению (рис. 2). Вертикальная составляющая N этой силы начинает выдавливать воздух из пор и капилляров, объем которых стремится к нулю.

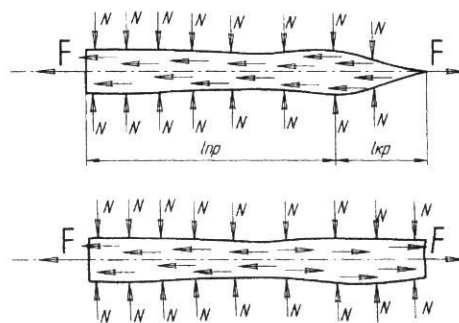


Рис. 2

В начале зоны контакта металлического вала с верхней ветвью резинового ремня (дуга B_1B_2) происходит уплотнение ткани, выражающееся в сближении уточных нитей и изгибе основных [5]. Степень уплотнения ткани зависит от распределения нормальных и касательных напряжений вдоль дуги контакта, которые определяются фрикционными и упругими свойствами материалов рубашки вала и ремня, а также схемой действия сил.

На следующем участке дуги B_2B_3 ткань подвергается воздействию сжимающих сил, но по мере продвижения к точке B_3 возрастает сопротивление нитей продольному сжатию, а величина внешних сил снижается до нуля.

Под воздействием процессов, протекающих в ходе продвижения ткани в верхнем жале, происходит заполнение пор и капилляров обрабатывающим раствором (рис. 3).

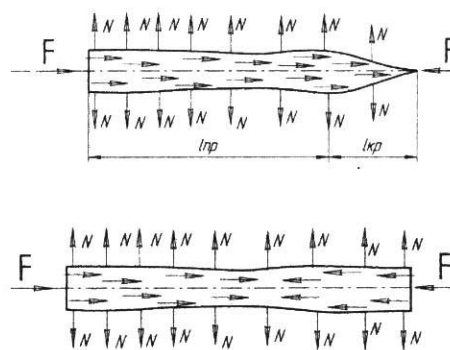


Рис. 3

Все вышеописанные процессы относятся к нитям основы.

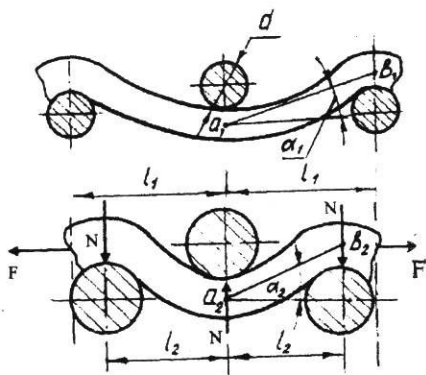


Рис. 4

В процессе увлажнения волокна увеличиваются в диаметре (рис. 4), натяжение основных нитей повышается, уточные нити сближаются ($l_2 < l_1$) относительно друг друга, а силы изгиба нитей основы увеличиваются ($\alpha_2 > \alpha_1$) [6]. Одновременно с действием силы F возникает ее вертикальная составляющая N , действующая на уточные нити, изгибая и растягивая их. Растяжение поверхности ремня и увеличение диаметра уточных нитей способствует росту ее величины. Соответственно будет увеличиваться и растяжение нитей утка, вызывая процессы в капиллярах и порах (удаление воздуха и уменьшение объема пор и капилляров).

На следующем этапе пропитки, когда происходит сокращение длины ткани по основе, N будет стремиться к нулю, а затем поменяет свое направление. Следовательно, будет происходить процесс заполнения пор и капилляров уточных нитей обрабатываемым раствором (рис.3).

Приведенные теоретические данные нашли свое практическое подтверждение. Наилучший результат был получен при пропитке по предлагаемой схеме с присутствием интенсификатора, скорости движения ткани 50 м/мин, угле охвата 107° , температуре раствора 60°C , распределенной нагрузке $4,45 \text{ кН/м}$: $\delta_{\text{пр}} = 0,963$.

Параллельно с этим была проведена серия опытов по определению степени пропитки на классической модели плюсовки типа ПД-1. Наилучший результат был получен при пропитке с двумя последовательными проходами ткани через жало валов и ванну с обрабатываемым раствором,

скорости движения ткани 50 м/мин, температуре раствора 60°C , распределенной нагрузке $4,45 \text{ кН/м}$: $\delta_{\text{пр}} = 0,81$. Таким образом, разница показателей степени пропитки составляет 15,3%.

ВЫВОДЫ

1. В предлагаемом валковом устройстве с резиновым ремнем силовое взаимодействие ткани и рабочих органов характеризуется чередованием дополнительных усилий растяжения и сжатия, что не имеет место в плюсовках серийного производства.

2. Установлено, что при растяжении и последующем сжатии основных и уточных нитей ткани имеют место процессы, приводящие к полному заполнению пор и капилляров еще на "быстрой" стадии пропитки.

3. Предлагаемый способ интенсификации процесса пропитки тканей целесообразно использовать на практике наряду со способом предварительного запаривания, когда использование второго не является технически возможным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов М.Н. Пропитка тканей: теория процесса, технология, оборудование. – Иваново: ИГТА, 2002.
2. Аксельруд Г.А., Альтшулер М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию. – М.: Химия, 1983.
3. Герасимов М.Н., Телегин Ф.Ю., Мельников Б.Н. Применение паровой обработки для интенсификации процессов текстильного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1993.
4. Фомин Ю.Г., Хлюпин А.Е. Патент на полезную модель №37729 РФ, МПК 7 D06 C15/08, 10.02.2004.
5. Соколов А.С. Оптимизация параметров процесса усадки тканей и разработка конструкции усаживающего устройства: Дис.... канд. техн. наук. – Иваново, 1997.
6. Preston and Nimkar, international dyer. Vol,140, №11, 1968.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 10.02.05.