

УДК 677.017.2/7:621.317

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВЧ-АПЛИКАТОРОВ
ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ОБРАБОТКИ
РАСПРАВЛЕННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ВОЗМОЖНОСТЬ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ИХ РАБОТЫ**

О.Г.ЦИРКИНА, А.Л.НИКИФОРОВ, Б.Н.МЕЛЬНИКОВ, Ю.Н.КУЛЫГИН

(Ивановская государственная текстильная академия, Ивановский государственный химико-технологический университет, Ивановский филиал «ВЮИ»)

Как отмечено ранее [1], [2], особенности распределения температуры в обрабатываемом материале при использовании традиционных способов нагрева приводят к нецелевому расходованию отделочных препаратов и красителей.

Нагрев энергией высоких частот данного недостатка лишен вследствие того, что тепловыделение в объеме волокнообразующего полимера, помещенного в ВЧ-поле, происходит равномерно и со значительно более высокой скоростью (порядка $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{с}^{-1}$) нежели при конвективном и контактном способах подвода тепла.

Настоящая работа преследует цель решить проблемы, связанные с конструированием универсальных установок для реализации новых ВЧ-технологий и их агрегацией с существующими технологическими линиями.

Первый этап посвящен разработке соответствующего технологического оборудования и средств диагностики, а также выбору рациональной конструкции отдельных узлов установок и выявлению критериев подобия при их масштабировании. Оптимизация режимов обработки и параметров оборудования проводилась на базе банка данных по оценке диэлектрических характеристик обрабатываемых материалов, полученных как самостоятельно, так и взятых в специальной литературе.

В результате проведенных исследований выбраны оптимальные параметры (состав пропиточной ванны, влажность мате-

риала, частота ВЧ-поля), которые гарантируют наибольшую скорость и эффективность процесса ВЧ-обработки текстильного материала с использованием в качестве источника питания высокочастотных генераторов различной мощности.

Для 100%-ной передачи мощности от генератора к нагрузке должно соблюдаться условие: $\text{КСВ} = 1$, где КСВ – коэффициент стоячей волны.

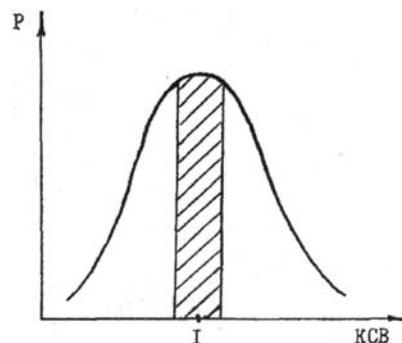


Рис. 1

Графики соотношения КСВ и мощности, поглощаемой нагрузкой, представлены на рис.1, на котором заштрихованная полоса соответствует наиболее выгодным КСВ для обработки:

$$\text{КСВ} = \frac{R_{\text{ВЫХ}}}{X_c},$$

где $R_{\text{ВЫХ}}$ – выходное сопротивление генератора (в соответствии с ГОСТом оно

должно равняться 50 или 75 Ом); X_c – емкостное сопротивление аппликатора.

Таким образом:

$$R_{\text{вых}} = X_c.$$

Наиболее простой конструкцией аппликатора для непрерывной обработки текстильных материалов в процессах подготовки, колорирования и заключительной отделки является плоский конденсатор.

При определении оптимальных геометрических размеров электродов необходимо иметь формулу, связывающую размеры и параметры ВЧ-устройств – аппликатора и генератора. Таковой является формула для расчета емкостного сопротивления аппликатора (X_c), заполненного обрабатываемым материалом:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f} \frac{d_m}{\epsilon_0 \epsilon_m S},$$

где d_m – толщина материала, м; ϵ_0 – диэлектрическая постоянная; ϵ_m – диэлектрическая проницаемость целлюлозного материала; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$, Ф/м; f – частота внешнего электромагнитного поля, Гц; S – площадь поверхности электрода, м².

Диэлектрическая проницаемость материала (ϵ_m), пропитанного технологическим раствором, во влажном состоянии на частоте 40 МГц равнялась в среднем 43 единицам.

При использовании ВЧ-генератора со стандартным выходным сопротивлением $R_{\text{в.г}}$ 50 или 75 Ом, рабочей частотой $f = 40, 12$ МГц и колебательной мощностью $P_{\text{в.г}}$ максимальное значение КПД передачи мощности от генератора к нагрузке имеет место при выполнении условия:

$$R_{\text{в.г}} = X_c = \frac{1}{2\pi f} \frac{d_m}{\epsilon_0 \epsilon_m S}.$$

Откуда:

$$S = \frac{1}{2\pi f} \frac{d_m}{\epsilon_0 \epsilon_m R_{\text{в.г}}}.$$

Данные расчеты необходимы при конструировании установок непрерывного действия.

Для ВЧ-обработки текстильного материала система без воздушного зазора является наиболее выгодной с точки зрения энергетики, так как вся мощность, подводимая к аппликатору (при соответствующем КСВ), рассеивается в диэлектрике и идет на его разогрев. Однако универсальной такую схему назвать нельзя в силу невозможности реализации на ней процессов, связанных с получением печатных рисунков или нанесением на поверхность тканей различных покрытий.

Большими возможностями обладает конструкция аппликатора с воздушным зазором, что и было использовано нами при создании лабораторной установки, подробное описание которой дано в [2]. Для большинства разработанных нами процессов использовалась названная выше установка, что позволило существенно снизить затраты энергоносителей, красителей и химических реагентов при выявлении оптимальных технологических режимов и накоплении статистических данных.

С целью выявления критерия подобия при проектировании ВЧ-установок, а также получения образцов тканей для проведения испытаний в соответствии с некоторыми ГОСТами была изготовлена установка, позволившая проводить непрерывную обработку расплавленных полотен неограниченной длины, шириной до 300 мм.

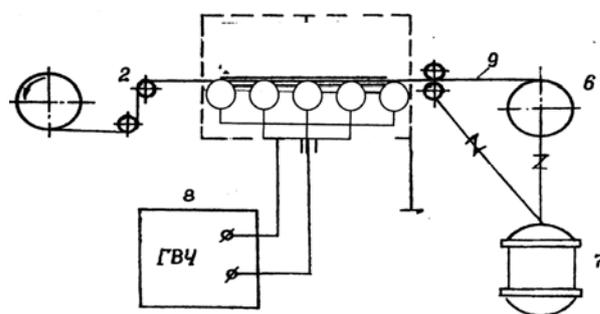


Рис. 2

Схема установки приведена на рис.2, где 1 – подающий барабан; 2 – транспортирующие ролики; 3 – защитный экран; 4 –

прокладка; 5 – электроды; 6 – приемный барабан; 7 – электродвигатель системы перемотки; 8 – ВЧ-генератор; 9 – ткань.

В ряде опытов данная установка без существенных проблем сочеталась с лабораторными плюсовкой и цепной сушильно-ширильной машиной фирмы Бенц [3]. Однако при плоскопараллельном расположении электродов на их поверхности происходит образование конденсата, который, попадая на обрабатываемую ткань, приводит к образованию брака.

В ходе решения данной проблемы были разработаны две конструкции ВЧ-аппликаторов, которые не только устранили указанный недостаток, но и позволили существенно увеличить длину рабочей зоны, скорость обработки, а также обеспечили экономию энергоресурсов.

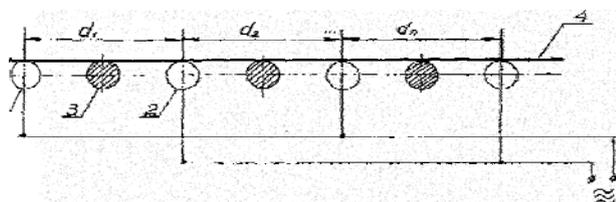


Рис. 3

В первом случае ВЧ-аппликатор (для непрерывной обработки расправленных текстильных полотен) представляет собой чередующиеся высоко- и низкопотенциальные электроды, лежащие в одной плоскости, между которыми расположены металлические штыри, не имеющие электрического контакта ни с одним из электродов (рис.3), где 1 – высокопотенциальные электроды; 2 – низкопотенциальные электроды; 3 – штыри; 4 – ткань ($d_1=d_2=\dots=d_n$).

Расстояние между каждой соседней парой электродов одинаково, то есть на протяжении всей длины рабочей зоны данного устройства напряженность поля (E) остается неизменной, в то время как диэлектрические свойства обрабатываемого материала ($\text{tg}\delta$ и ϵ) изменяются от входа к выходу аппликатора за счет удаления влаги из материала в процессе обработки в соответствии с формулой:

$$P_{\text{погл}}=0,55 \cdot 10^{-12} \text{tg}\delta \epsilon E^2 f, \text{ Вт/м}^3.$$

В связи с этим в конструкцию ВЧ-аппликатора были внесены изменения, заключающиеся в том, что расстояние между электродами от входа в аппликатор к выходу уменьшается в соответствии с экспоненциальным законом (рис.4), где 1 – низкопотенциальные электроды; 2 – высокопотенциальные электроды; 3 – ткань; 4 – ВЧ-генератор.

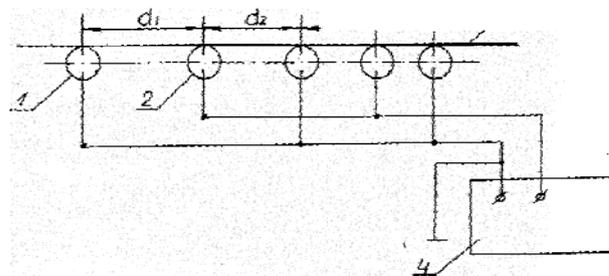


Рис. 4

По мере уменьшения расстояния между электродами напряженность поля возрастает, в результате чего происходит коррекция ВЧ-мощности P , выделяющейся в диэлектрике, помещенном в электромагнитное поле. Использование данного аппликатора позволяет повысить КПД ВЧ-установки, а также обеспечить более полное протекание процесса, то есть улучшить качественные показатели готовой продукции, сократить продолжительность обработки и уменьшить общие габариты устройства.

На наш взгляд, в качестве критерия подобия при создании универсальных ВЧ-установок следует рекомендовать соотношение величины мощности, подводимой к аппликатору, к площади обрабатываемого материала, или, иными словами, удельную мощность, приходящуюся на единицу обрабатываемой площади. Экспериментально установлено, что оптимальное значение данной величины составляет $6 \dots 8 \text{ Вт/см}^2$.

ВЫВОДЫ

1. Выработаны практические рекомендации по расчетам оптимальных параметров обработки тканей в поле токов высокой частоты в процессах их подготовки, колорирования и заключительной отделки.

2. Разработаны и апробированы различные конструкции ВЧ-аппликаторов, обеспечивающие непрерывную обработку текстильного материала в процессах отделочного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Циркина О.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №5. С. 43...46.

2. Никифоров А.Л. Дис....докт. техн. наук. – Иваново, 2004.

3. Грушина Г.Н и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №1.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов.. Поступила 03.02.06.
