

УДК 627.074 – 037.86

## УСТАНОВКА ДЛЯ СВЧ-ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Асс. Жерносек С.В., к.т.н., проф. Ольшанский В.И., студ. Кульнев А.О., студ. Марецкий С.В.

Витебский государственный технологический университет

Проблема интенсификации технологических процессов в текстильной и легкой промышленности в настоящее время является актуальной, так как она тесно связана с проблемой энергосбережения, технологическим обеспечением процессов влажно-тепловой обработки и сушки материалов, а так же с повышением качества и формоустойчивости готовых изделий. Условия и режимные параметры процессов тепловой обработки и сушки на различных технологических переходах отделочного производства вызывают структурные изменения и определяют физико-механические и потребительские свойства текстильных материалов.

Совершенствование технологических процессов имеет своей конечной целью сокращение потребляемой энергии на единицу продукции, уменьшение массы и габаритных размеров сушильных установок, повышение качественных показателей материалов. При интенсивном удалении влаги в материале возникают внутренние напряжения, и происходит деструкция, как правило, отрицательно влияющие на внешний вид и качественные показатели изделия.

Диэлектрические свойства материалов обуславливают очевидные преимущества использования СВЧ обработки по сравнению с другими современными способами нагрева материалов от внешних источников тепла. Обработка текстильных материалов в поле СВЧ вызывает тепловой удар, в результате которого возникает внутреннее давление в капиллярах. При этом происходят релаксация внутренних напряжений и структурные изменения, что приводит к улучшению физико-механических, гигроскопических и потребительских свойств изделий.

Под действием электрического поля происходит интенсивное выделение энергии в результате поляризации диэлектрических материалов, к которым относится вода. Испарение влаги происходит во всем объеме тела, причем в центре тела больше, чем на поверхности, что вызывает возникновение градиента давления, который сильно влияет на перенос пара внутри тела. Скорость испарения влаги при сушке в поле СВЧ значительно превышает скорость испарения влаги при сушке другими методами энергоподвода.

При проектировании СВЧ установок необходимо учитывать следующие требования:

- простота конструкции и высокая технологичность;
- доступность и надежность комплектующих, простота технического обслуживания, ремонтпригодность;
- минимальные габариты установки;
- обеспечение требуемой производительности;
- малые потери СВЧ энергии;
- равномерность нагрева материала;
- возможность регулирования параметров нагрева текстильного материала;
- возможность применения установки для различных технологических процессов текстильной и легкой промышленности;
- энергоэффективность процесса сушки и влаготермической обработки;
- высокая безопасность.

Эффективность взаимодействия материала с полем СВЧ зависит от распределения электромагнитного поля вблизи материала. Возможны установки со следующими типами взаимодействия [1]:

- взаимодействие в ближней зоне излучателя;
- взаимодействие в дальней зоне облучателя;
- взаимодействие с бегущей волной;
- взаимодействие со стоячей волной.

Для сушки листовых и длинномерных материалов применяются установки СВЧ с бегущей волной [1, 2]. В СВЧ установках непрерывного действия может одновременно использоваться взаимодействие с бегущей и стоячей волной, что позволяет намного равномернее прогреть материал и иметь малые энергетические потери.

Наиболее распространенными генераторами электромагнитной энергии СВЧ диапазона являются магнетроны, которые выпускаются различной мощности, от сотен Вт до сотен кВт. Распространение СВЧ волн осуществляется обычно посредством волноводной трубы строго определенных размеров поперечного сечения для обеспечения минимальных потерь энергии.

Губерман М. С., Сакалов М. А. и др. предложили в качестве конструкции установки проходного типа схему проводки ткани через плоскость, параллельную длине волновода. Для этого волноводы были объединены в единый блок, а ткань транспортируется через щель, прорезанную точно посередине широкой стенки волновода, что обеспечивает минимальное излучение за зону волноводного короба. Кроме этого боковые волноводы имеют пропил только на одной стенке, наружная остаётся закрытой, т.е. вероятность излучения исключается полностью. В силу того, что проводка ткани осуществляется в одном направлении с распространением электромагнитной волны, а не перпендикулярно, как в «меандре», можно не опасаться возникновения стоячей волны [3, 4].

Предложенная схема имеет ряд недостатков. Обработка материала происходит на установленной мощности магнетронов и определяется скоростью прохождения материала через волноводный блок. Процесс удаления влаги является неравномерным и в реальных условиях существует необходимость регулирования мощности СВЧ генераторов при снижении влагосодержания текстильных материалов. Если не обеспечивать снижение мощности магнетронов на окончательных стадиях сушки и обработки, то происходит повышенный расход электрической энергии, которая поглощается защитным устройством и выделяется в виде теплоты. Кроме того в ряде случаев, например при сушке целлюлозных, полиамидных и других текстильных материалов это приводит к перегреву, деструкции, прогоранию и даже воспламенению.

Для увеличения эффективности процесса обработки и снижения энергозатрат предложено создание механизма принудительной конвекции. Предлагаемая установка содержит рабочую камеру, состоящую из соединенных с магнетронами посредством коаксиальных переходов прямоугольных волноводов, собранных в три сплошных блока и расположенных вдоль обрабатываемого материала с его охватом. Материал проходит сквозь щель, выполненную внутри блоков прямоугольных волноводов и вдоль широкой стороны прямоугольных волноводов. Торцы прямоугольных волноводов с обеих сторон снабжены волноводными поворотами. С одной стороны волноводные повороты через коаксиальные волноводные переходы взаимодействуют с магнетронами, а с другой – соединены с защитными устройствами для поглощения избыточной нагрузки. С внешней стороны защитных устройств установлены радиаторы, обдуваемые воздушным потоком, создаваемым посредством ряда вентиляторов. Тем самым создается конвективный тепловой поток, направляемый посредством рукавов к вентиляционным отверстиям в волноводных блоках. Данная конструкция устройства обеспечивает повышение производительности и эффективности процесса обработки материала, снижение энергозатрат, надежную защиту от излучения, предотвращает возникновение брака.

Конструктивно предлагаемая сушильная установка непрерывного действия встраивается в технологический процесс получения и обработки длинномерных текстильных материалов. Конструкция установки состоит из трёх основных узлов:

- волноводного каскада, составленного из единичных волноводов, снабжённых коаксиально-волноводными переходами для подключения магнетронов, аналогично схеме, предложенной А. Л. Никифоровым [4];

- прорези для проводки ткани шириной 3–5 мм;
- блока вентиляторов и рукавов для конвективного нагрева материала и обдува радиаторов избыточной нагрузки.

Для обеспечения СВЧ-нагрева установка должна содержать следующие элементы:

1. Источник питания, обеспечивающий преобразование сетевого напряжения в вид, необходимый для работы магнетрона, выполнен в виде повышающего трансформатора с регулятором напряжения, а также устройство для питания накала СВЧ генератора (магнетрона) и других его элементов.

2. СВЧ генератор, преобразующий мощность постоянного тока или сетевой частоты в мощность СВЧ диапазона.

3. Линия передачи СВЧ энергии к нагревательной камере.

4. Устройство ввода СВЧ энергии в нагревательную камеру.

5. Электродинамическая система нагревательной камеры, обеспечивающая заданное распределение СВЧ энергии в ее объеме.

6. Вспомогательные элементы, способствующие достижению равномерного нагрева материала.

7. Герметизирующие уплотнения и окончателная нагрузка для предотвращения утечки СВЧ энергии из нагревательной камеры в окружающее пространство и препятствующая возникновению стоячих волн.

8. Пульт управления.

9. Устройство для охлаждения СВЧ генератора.

Мощность и продолжительность СВЧ обработки определяется в зависимости от сырьевого состава и линейной плотности комбинированной нити.

#### Список использованных источников

1. Галкин, В. П. Сушка древесины в электромагнитном поле сверхвысоких частот : дисс. доктора технических наук : 05.21.05 / В. П. Галкин. — Москва, 2010. — 331 с.
2. Свидерская, О. В. Основы энергосбережения: курс лекций / О. В. Свидерская. —3-е издание. — Академия управления при Президенте Республики Беларусь. — Минск, 2004. — 296 с.
3. Губерман, М. С. Установка для тепловой обработки, например, текстильных материалов: пат. 2159992 РФ, H05B6/64, F26B23/08, D06C7/00 / М. С. Губерман, М. А. Сакалов, А. Л. Никифоров, М. Н. Герасимов; Патентообладатель: Герасимов Михаил Николаевич — 99114497/12; заявл. 07.07.1999 г.; опубл. 27.11.2000 г.
4. Никифоров, А. Л. Использование энергии электромагнитных колебаний для интенсификации химико-текстильных процессов и создания на их основе энерго и ресурсосберегающих технологий : дисс. доктора технических наук : 05.19.02 / А. Л. Никифоров. — Иваново, 2004. — 398 с.