

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО МЕТОДА

В.М. Куколев

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Ю.В. Крышнев

1. Актуальность проблемы

При сушке различных материалов в закрытых сушильных камерах часто возникает проблема, связанная с недостаточной степенью высушивания материала при заданной скорости технологического процесса. Например, в технологии производства обоев при воздействии горячего воздуха влажная бумага начинает подгорать на поверхности, тогда как влага внутри слоя остаётся. Это вызывает проблемы при сворачивании высушиваемого образца в рулон, поскольку влажные слои посредством диффузионных процессов влияют на высушенные слои, что приводит в дальнейшем к пропечатыванию рисунка лицевой стороны на тыльную.

Рассмотрим задачу усовершенствования процесса сушки материалов в условиях налаженного технологического процесса. Необходимо при фиксированном положении образца или при его неизменной скорости добиться качественной просушки материала по всей толщине.

2. Физическая модель сушильной камеры с внешним электрическим полем

Перспективным способом ускорения традиционного процесса сушки (обдув теплым воздухом) является воздействие электрическим полем на молекулы жидкости, находящиеся в пористом или волокнистом материале [2]. В качестве элемента, создающего электрическое поле, используется плоский конденсатор (рис. 1).

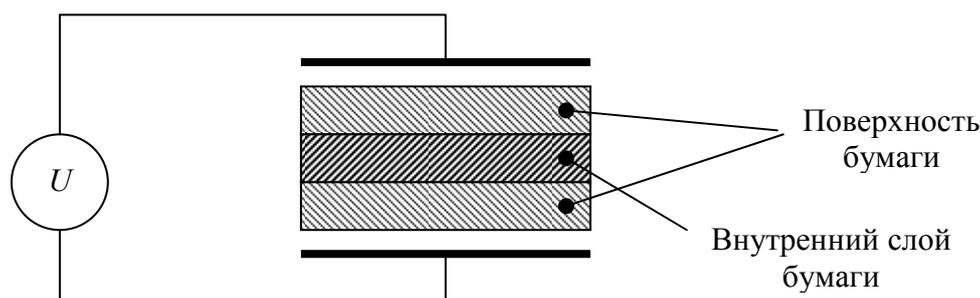


Рис. 1. Расположение бумаги между обкладками конденсатора

При воздействии на материал, помещенный между обкладками, низкочастотным полем высокой напряженности, молекулы воды непрерывно переориентируются, выделяя примесные компоненты в виде свободных ионов. Насыщенный влагой внутренний слой попеременно «передвигается» ближе к одной из поверхностей в соответствии с полярностью приложенного электрического поля, что облегчает выход молекул воды на поверхность (усиливается осмотический эффект). Задачами исследования является определение необходимой величины напряженности электрического поля в материале и выбор характера его воздействия: знакопостоянное или знакопеременное; импульсное, синусоидальное или изменяющееся по определенной функциональной зависимости в соответствии с типом материала. Расчет, проведенный по формуле для емкости плоского конденсатора (1) показал, что при использовании обкладок с площадью перекрытия $0,16 \text{ м}^2$ и расстоянием между обкладками 4 мм емкость воздушного конденсатора ($\epsilon = 1$) составит 354 пФ . При внесении посередине между обкладками сухого бумажного листа ($\epsilon = 2$) толщиной $0,5 \text{ мм}$ емкость эквивалентного конденсатора согласно [3], составит 378 пФ , а при внесении такого же мокрого бумажного листа ($\epsilon = 35$) – 403 пФ . Таким образом, диапазон изменения емкости конденсатора (ΔC) в процессе сушки составит 25 пФ .

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \quad (1)$$

где S – площадь обкладок, d – расстояние между пластинами, $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}$ – диэлектрическая постоянная, ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость вещества.

Указанный диапазон значений емкости ΔC позволяет использовать конденсатор в двух коммутируемых режимах – для создания электрического поля и для измерения текущего значения влажности бумаги. Темп изменения емкости будет свидетельствовать о скорости процесса сушки.

Напряженность электрического поля в материале E_M и воздушном зазоре E_B при подаче на обкладки конденсатора напряжения U определяется соответственно по формулам (2) и (3):

$$E_M = \frac{U \frac{\epsilon_M}{\epsilon_B}}{d_B \left(1 + \frac{d_M}{d_B} \left(\frac{\epsilon_B}{\epsilon_M} - 1 \right) \right)}; \quad (2)$$

$$E_B = \frac{U}{d_B \left(1 + \frac{d_M}{d_B} \left(\frac{\epsilon_B}{\epsilon_M} - 1 \right) \right)}. \quad (3)$$

Анализ показал, что при вышеуказанных параметрах конденсатора и подаче на обкладки напряжения $U = 300$ В напряженность поля в воздухе составит $9,23 \cdot 10^4$ В/м. Напряженность поля в материале по мере высыхания будет изменяться от $348 \cdot 10^4$ В/м до $18,45 \cdot 10^4$ В/м.

3. Конструктивное исполнение и работа макета сушильной установки

Конструктивно опытная установка представляет собой прямоугольный параллелепипед из органического стекла (рис. 2). В левом торце имеется прямоугольное отверстие для нагнетания воздуха при помощи фена; отверстие в правом торце корпуса предназначено для удаления влажного воздуха из камеры. Для облегчения процесса выведения воздуха предусмотрен вентилятор, работающий на выдув. Внутри корпуса расположен блок питания для вентилятора на 12 В. Для контроля температуры воздуха локально возле высушиваемого материала в корпусе камеры установлен спиртовой термометр. Внутри на четырёх ножках установлены две обкладки плоского воздушного конденсатора, выполненного из металлизированного медью текстолита.

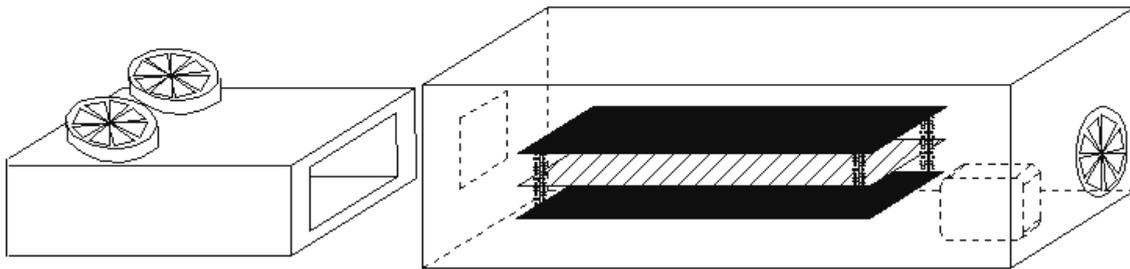


Рис. 2. Внешний вид опытной сушильной камеры

Работа установки начинается с помещения сухого образца бумаги между обкладками конденсатора. В этот момент силовая часть отключена, и при помощи измерительного моста проводится первое измерение ёмкости воздушного конденсатора. Таким образом, при первом опыте получается значение ёмкости, при котором дальнейшая сушка материала уже не требуется.

Далее материал обильно смачивается водой и помещается в камеру. Снимается показание ёмкости воздушного конденсатора при влажном материале, отключается измерительная цепь, включается фен и выдувной вентилятор, включается силовая цепь. Через равные интервалы времени выключается силовая часть и после разряда ёмкости включается измерительная. После проведения очередного измерения вновь подключается силовая часть. В периоде измерительного цикла 98 % времени занимает непосредственно процесс сушки в электростатическом поле, а 2 % времени – снятие показаний. Работа прибора прекращается при достижении на протяжении 10 смежных отсчетов граничного предела ёмкости полученного в результате измерения сухого образца.

В ходе эксперимента были получены данные, отражающие зависимость ёмкости от времени. Поскольку необходимо проверить целесообразность воздействия

электрического поля, то вторым этапом проведения опытов будет снятие этого поля и проведения измерений без него по вышеуказанной схеме.

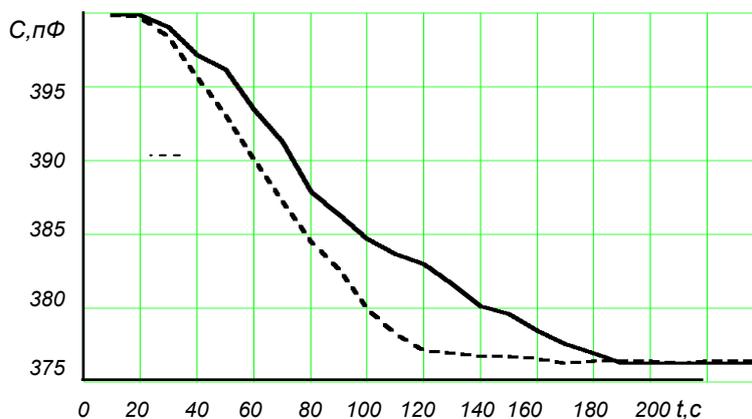


Рис. 3. Графики зависимости ёмкости от времени:
сплошная линия – без использования внешнего электростатического поля; пунктирная линия – с использованием внешнего электростатического поля

Путем сопоставления графиков (рис. 3) можно сделать вывод о целесообразности усовершенствования сушильной камеры. Данная технология может быть применена при производстве обоев, в типографиях, на целлюлозно-бумажных фабриках, в деревообрабатывающей промышленности для повышения интенсивности процесса высушивания древесины и во многих других отраслях.

Л и т е р а т у р а

1. Кухарчик, П.Д. Теоретическая модель расчета высокочастотной диэлектрической проницаемости бумаги /П.Д. Кухарчик, В.М. Сердюк, И.А. Титовицкий //Радиотехника и электроника. – 2001. – Т. 46, № 11. – С. 1368-1373.
2. Сердюков, О. Процесс, который интересует всех /О. Сердюков //Изобретатель и рационализатор. – 1988 – № 6. – С. 7-9.
3. Гребченко, Н.В. Исследование зависимости параметров рабочего режима присоединения 6-10 кВ от наличия дефектов в электрической изоляции /Н.В. Гребченко //Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету. Серія: Електротехніка і енергетика. – Вип. 28. – Донецьк: ДОННТУ. – 2001. – С. 136-142.