

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРИСТЫХ ДИСКРЕТНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.Ц. Куников, Б.Н. Родионов, В.И. Рудковская, А.П. Саврухин, В.Н. Харченко
Московский государственный университет леса

Исследовался процесс сушки пористых дискретноволокнистых полуфабрикатов и заготовок с древесным наполнителем (в том числе скопом – отходами целлюлозно-бумажной промышленности), пропитанных электролитом – связующим. Данные материалы (например, на основе базальтовых волокон) нашли широкое применение в строительстве благодаря наличию у них таких ценных качеств, как экологичность, огнестойкость, легкость, долговечность, низкая температуропроводность. Сушка осуществлялась пропусканием переменного тока частотой 50 Гц величиной, достаточной для нагрева до 100°С и поддержания процесса испарения. Процесс прерывался в момент резкого возрастания сопротивления образца из-за подсыхания электролита.

Предварительно измерялось удельное исходное сопротивление образца при нормальной температуре, а затем исследовалась зависимость удельного сопротивления от температуры и от плотности образца. Была рассчитана величина необходимой энергии для нагрева образца до 100°С. и испарения всей влаги. По заданному времени сушки 10-30 минут были рассчитаны средняя мощность, ток и напряжение источника питания.

Исследовались следующие режимы сушки: постоянная подводимая мощность; постоянное подводимое напряжение; ступенчатое изменяющееся напряжение источника тока. При сушке образца с площадью 400x500 мм² применялся технологически желательный режим постоянного напряжения, равного напряжению сети 220 В и 50 Гц. В процессе сушки измерялись: температура в центре образца, напряжение и ток; рассчитывались – мощность, сопротивление, энергия и удельные параметры.

Устройство для сушки (рис. 1) плит имеет вид пакета, образованного верхней грузораспределяющей пластиной 1 и нижней опорной пластиной 1а, служащей основанием. Усилие прижима передается через штыри (ребра) 2, контактные пластины 3 и выполненными из медной фольги толщиной от 0,05 до 0,27 мм прокладками 4. Температура в центре образца измерялась с помощью термопары 5 с погрешностью 1,5⁰С. Отверстия 6 диаметром 10 мм и шагом 20 мм служат для выхода пара. Величина давления на образец 7 выбрана равной 3000 Н/м², чтобы обеспечить заданную плотность тока и предотвратить деформации образца. Токоподводы 8 и контактные пластины 3 выполнены из алюминия. Прокладки 4 предназначены для облегчения съема образца и исключения его пригара к контактной пластине 3.

Потери на охлаждение боковых стенок образцов и нагрев токоподводов не учитывались.

Электрическая энергия подводилась через регулируемый автотрансформатор типа АНО 220/12 и понижающий трансформатор типа АТМ 220/45. Применялись измерители напряжения, тока и мощности.

На рис. 2 приведена экспериментальная зависимость мощности, приходящейся на кубический сантиметр объема образца при неизменном напряжении источника тока. Как видно, максимальная удельная мощность развивается на первых пяти минутах процесса, что определяет существенную нелинейность электрического сопротивления электролита. На рис. 3 дан график роста полной расходуемой электроэнергии во времени для образца с размерами 505x155x40,6 мм³.

Изучалось влияние процессов электролиза на образование связей, прочность, структуру и распределение связующего по толщине материала. Сделано заключение, что при линейных размерах образца, в 2-3 раза превышающих толщину, работает одномерное приближение, то есть удельные характеристики распространяются на любые большие плиты. По результатам экспериментов приведено сравнение методов сушки [1].

Сравнительные характеристики методов сушки

При выборе метода сушки учитывают:

- технологические свойства (качество продукции);
- длительность сушки;
- расход энергии на 1 кг испаренной влаги;
- съем влаги с 1 м² производственной площади;
- металлоемкость установки; трудозатраты;
- возможность автоматизации процесса;
- стоимость сушки относительно стоимости конечного продукта;
- производительность по сухому продукту.

Свойства исследуемого материала:

- мягкая плита 1000x500x40 мм³ (слишком толстая для терморadiационной сушки),
- капиллярно-пористая структура (поверхность испарения лежит на некоторой глубине),
- содержание влаги к сухому остатку 320 % (нужна большая объемная плотность энергии),
- электропроводность хорошая (можно греть током),
- способность к растрескиванию, короблению и т.п. – низкая,
- материал термоустойчив (можно нагреть до 100°C).

Лишь интенсификация позволяет удалять не только свободную, но и связанную влагу: капиллярную, адсорбционную, химическую и осмотическую (захваченную структурой, коллоидным телом). Для этого требуется объемный максимальный подвод тепла, при котором внутри влажного тела возникает повышенное давление, так, что к капиллярно-диффузному переносу влаги добавляется молярное движение типа фильтрации. Кроме того, поверхность изделия имеет более низкую температуру, чем в объеме (при других методах сушки – наоборот), благодаря чему происходит перенос жидкости из центральных слоев к поверхности. Таким образом, перенос влаги происходит под действием перепадов влагосодержания, температуры и давления (изотермическая, термическая и конвективная диффузия).

Сушка ТВЧ в 3-5 раз дороже сушки нагретым газом. Рекуперация тепла снижает теплотребление зимой с 1,5 до 1,2 кВт/ч. на кг (испарение влаги).

Ниже приведена таблица сравнения характеристик лучших мировых промышленных сушильных установок с нашими экспериментальными данными.

В итоге тепловой КПД сушильных камер находится в пределах 0,4-0,5, то есть тепло, затраченное на испарение влаги, относительно общего потребления энергии, а тепловой (электрический) КПД метода прямого пропускания тока близок к единице.

Данный метод также сокращает длительность сушки, резко уменьшает размеры производственных площадей и металлоемкость установки, легче автоматизируется

Сушильная установка	Удельный расход электроэнергии кВт/ч. на 1 кг испаренной влаги
Паровоздушные камеры	1,45-1,75
Газовые камеры	2,34
Высокотемпературные, конденсационные, вакуумные камеры с рекуперацией тепла	1,43
ТВЧ	2-3
Сушка прямым пропусканием тока (наша установка)	0,715

Выводы

1. Поскольку вся подводимая энергия выделяется равномерно непосредственно в объеме плиты и создается повышенное давление пара в ней, сопровождаемое капельным уносом влаги, затрачиваемая энергия практически равна расчетному минимуму. Поэтому электросушка наиболее эффективна по производительности и не имеет конкурентов по экономичности (КПД близок к теоретически возможному).

2. Данный вывод не относится к методам сушки без испарения (например, центрифугированием) лишь в случае, если не применяется рекуперация энергии наработанного пара. Кроме того, выгоднее в производстве может оказаться использование для сушки как бы даровой энергии, почему-либо не утилизированной, отработанного горячего газа или пара.

Электрическая энергия легко подводится и регулируется, причем в данном случае отпадает необходимость применения любых нагревателей (печь, излучатель, СВЧ и т.п.), что упрощает техпроцесс, сокращает производственные площади.

3. Исследованные образцы в процессе электросушки отдают до 90% влаги. Оставшаяся избыточная влага удаляется за 12-16 часов естественной сушки на воздухе при 20- 25°C либо ускоренным досушиванием благодаря рекуперации. Большая часть энергии пара, высвобождающейся при конденсации, может быть направлена на досушку горячим воздухом, предварительный прогрев полуфабрикатов, подогрев рабочей смеси и тому подобное.

4. Удельные параметры образцов с площадью 1-20 дм² различаются мало, таким образом, действительно при относительно малой толщине работает одномерное приближение.

5. Для стандартной плиты 1000x500x40 мм³ при сушке с напряжением 220 В расчетные режимы таковы:

- время сушки 20—30 мин.
- ток максимальный 200 А,
- мощность средняя 40 кВт,
- энергия полная 7 кВт/ч.(25 МДж).

6. Благодаря резкому сокращению времени сушки с нескольких часов до десятков минут появляется возможность осуществления непрерывного поточного технологического цикла путем применения гибких токоподводов.

Библиографический список

1.В.С. Сажин. Основы техники сушки. М.: Химия, 1984.

Аннотация

Экспериментально установлено, что сушка прямым пропусканием тока обеспечивает снижение удельного расхода энергии.

Abstract

INTENSIFICATION of PROCESS of DRYING of SEMIFINISHED
ITEMS FOR MANUFACTURING POROUS of COMPOSITE
MATERIALS

Y. Tz. Kunikow, A.P. Savrukhin, V.N.Kharchenko,
V.I.Rudkovskya, B.N.Rodionov

The experiment revealed that electrical current flowing immediately through the wet specimen had provided the saving of energy in the drying process.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ПОРИСТЫХ ДИСКРЕТНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

МГУЛ кафедра физики

Ю.Ц. КУНИКОВ, канд. техн. наук; Б.Н. РОДИОНОВ, доктор техн. наук,
профессор; В.И. РУДКОВСКАЯ, зав. лабораторией;
А.П. САВРУХИН, канд. техн. наук, доцент; В.Н. ХАРЧЕНКО, доктор техн.
наук, профессор

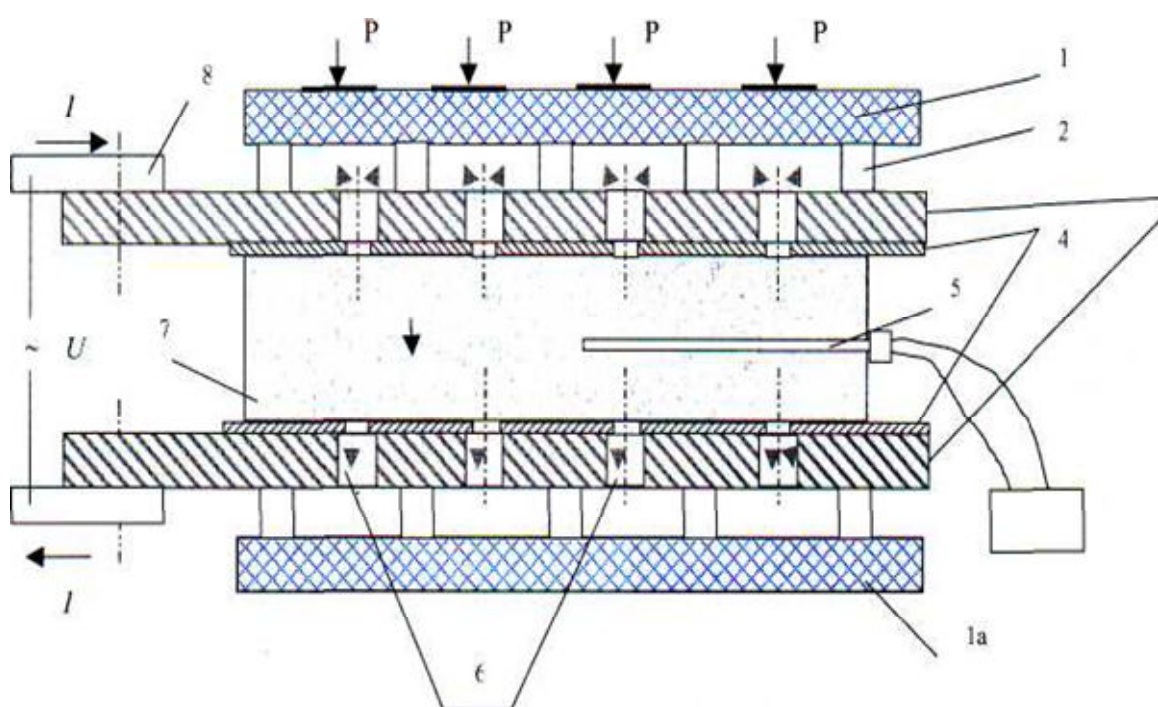


Рис. 1 Схема устройства

Сравнительные характеристики сушильных установок	
Сушильная установка	Удельный расход электро- энергии на 1 кг удаленной влаги, кВтч/кг
Паровоздушные камеры	1,45-1,75
Газовые камеры	2,34
Высокотемпературные, конденсацион- ные, вакуумные с рекуперацией тепла	1,43
Токи высокой частоты (ТВЧ)	2-3
Сушка прямым пропусканием тока	0,715

Сравнение методов сушки

