

**ТЕРМООБРАБОТКА ЛИСТОВОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО
МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОЛНОВОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

**А. В. МАМОНТОВ, И. В. НАЗАРОВ, М. В. НЕФЕДОВ, В. Н. НЕФЕДОВ,
И. М. САВЧЕНКО**

Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет), Москва, Россия, e-mail: lmis@miem.ru

Представлены результаты экспериментального исследования термообработки базальтового картона с применением микроволнового излучения. Приведены зависимости изменения массы образцов картона в процессе его сушки. Показаны изменения распределения температуры на поверхности и внутри объема образцов в зависимости от связующего вещества. Даны рекомендации по улучшению параметров процесса.

Ключевые слова: микроволновое излучение, теплоизоляционный материал, распределение температуры, волноводный излучатель.

The experimental research results of the basalt cardboard thermal treatment with the microwave electromagnetic energy application are presented in the article. The weight change diagrams of the basalt cardboard samples during the drying process are given. Changes in the temperature behaviour are analyzed on the surface and inside the samples depending on coupling medium. An advice on the drying process parameters improvement is given.

Key words: microwave radiation, heat-insulating material, temperature distribution, waveguide oscillator.

На современном производстве все большее внимание уделяется поиску новых технологических решений, отвечающих требованиям экологической чистоты, сбережения энергетических ресурсов с одновременным повышением эффективности технологических процессов. Разрабатываются новые материалы, для изготовления которых необходимо внедрять новые технологические процессы, так как традицион-

ные технологии в этом случае оказываются либо малоэффективными, либо вовсе неработоспособными.

Пример практического исследования возможности применения современных технологий для обработки материалов приводится в данной статье. Предпосылкой явилась необходимость модернизации технологии производства базальтового картона на одном из российских предприятий. Существующий технологический процесс включает в себя формование полотна картона из базальтовых волокон, пропитку сформованного полотна связующим веществом с помощью водной эмульсии и последующее удаление из него влаги. Сушка базальтового картона традиционно осуществляется потоком горячих газов от высокопроизводительной газовой горелки. Такой способ сушки, успешно используемый для картона толщиной 4 – 6 мм, оказался совершенно неприемлем для картона толщиной более 15 мм. В связи с этим был предложен способ сушки с применением электромагнитного СВЧ-излучения.

Выбор такого способа обусловлен рядом преимуществ использования СВЧ-излучения в качестве источника тепла при сушке диэлектрических материалов над способами сушки горячими воздухом или газом, получаемыми от сжигания топлива различных видов: равномерностью прогрева материала значительной толщины вне зависимости от его теплопроводности, высоким коэффициентом преобразования СВЧ-энергии в тепловую (до 100 %), безынерционностью и экологической чистотой процесса и др. [1, 2].

Экспериментальные исследования процесса удаления влаги из базальтового картона, пропитанного водной эмульсией связующего вещества, проводили на образцах размером 140×140 мм и толщиной 24 мм, состоящих из шести отдельных листов картона толщиной 4 мм каждый. В среднем начальная масса образца составляла около 500 г, после сушки – около 0,1 – 0,2 начальной массы.

Образцы были пропитаны различными связующими веществами на основе ПВА и глины.

Испытания выполняли с помощью камерной СВЧ-установки лучевого типа мощностью 540 Вт на частоте колебаний электромагнитного поля 2450 МГц. Для равномерности нагрева образца применяли вращающийся стол с расположенной на нем подставкой из радиопрозрачного диэлектрика. Высоту подставки выбирали исходя из условия расположения нагреваемого материала напротив излучающего волновода камеры. Схема установки представлена на рис. 1.

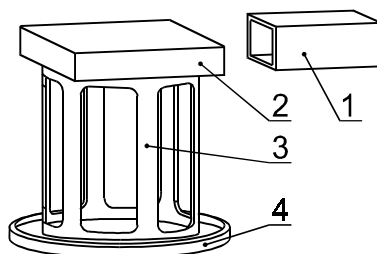


Рис. 1. Схема установки для экспериментального исследования процесса СВЧ-сушки базальтового теплоизолятора:

- 1 – излучающий волновод; 2 – образец исследуемого материала;
3 – диэлектрическая подставка;
4 – вращающийся стол

Во время проведения эксперимента через равные промежутки времени фиксировали следующие параметры образца: массу, температуру внутри и на поверхности. В связи с малым отклонением температуры от точки к точке на поверхности картона учитывали температуру в ее центре.

Результаты измерений образца базальтового картона, пропитанного эмульсией связующего вещества на основе ПВА, представлены на рис. 2, откуда следует, что образец картона полностью высушен за 55 мин, его масса изменилась с начальных 570 г до конечных 68 г. Температурные зависимости до 45-й минуты нагрева

практически линейные, и небольшой спад можно объяснить постепенным испарением воды, т. е. снижением количества основного поглотителя СВЧ-энергии в мокром картоне, как раз ответственного за ее преобразование в теплоту. Однако при практически полном обезвоживании образца можно предположить, что основным объектом нагрева становится именно связующее вещество картона, так как сами волокна базальта являются радиопрозрачными. Этим можно объяснить резкий скачок температуры после 50-й минуты нагрева. Дальнейший спад температуры материала может быть связан с преобразованиями связующего вещества, после которых оно перестает поглощать СВЧ-энергию.

На рис. 3 проиллюстрированы результаты измерений образца базальтового картона, пропитанного эмульсией связующего вещества на основе глины. Масса образца уменьшается с 510 г до 50 г за 40 мин. Температурные зависимости в данном случае имеют характер, отличный от предыдущего образца, что, очевидно, объясняется присутствием другого связующего вещества на основе глины. Этим же можно объяснить преобладание высокой температуры на поверхности картона по сравнению с температурой в объеме образца после получасового нагрева, т. е. после почти полного испарения влаги. Перераспределение максимальной температуры из объема на поверхность образца пред-

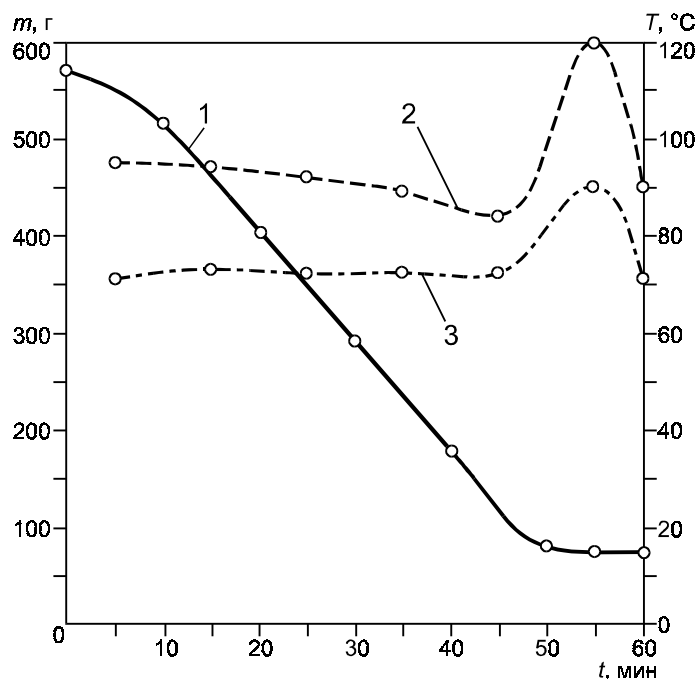


Рис. 2. Экспериментальные зависимости изменения температуры и массы образца, пропитанного связующим веществом на основе ПВА, от времени нагрева:

1 – кривая изменения массы; 2, 3 – кривые температуры в объеме и на поверхности образца

положительно связано с преимущественным поглощением СВЧ-энергии приповерхностным слоем картона, пропитанного глиной. Обеднение образца водой, охлаждавшей поверхность в процессе испарения, как раз могло обусловить такую ситуацию.

Применение нагрева в полях СВЧ обеспечило довольно высокую эффективность процесса сушки базальтового картона. Кроме того, показана возможность сушки толстых образцов картона, что недостижимо при традиционной технологии с использованием горячих газов и воздуха. Однако было установлено, что скорость потока воздуха, обдувавшего поверхность высушиваемого образца, была явно недостаточной для наиболее эффективного отвода испаряющейся с поверхности воды.

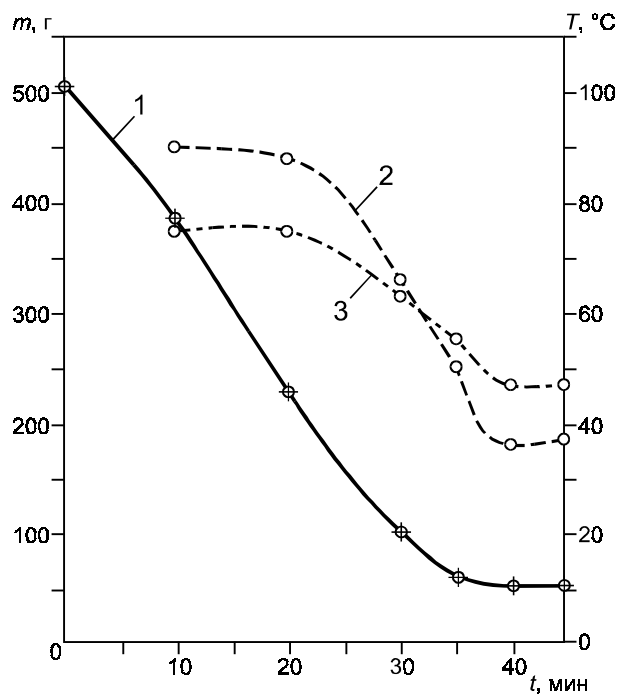


Рис. 3. Экспериментальные зависимости изменения температуры и массы образца, пропитанного связующим веществом на основе глины, от времени нагрева, кривые 1 – 3 те же, что на рис. 2

Таким образом, существует возможность существенного улучшения показателей сушки, в частности, сокращения времени обработки, что приведет к снижению энергетических затрат.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Окресс Э. СВЧ-энергетика. М.: Мир, 1971. Т. 2.
2. Мамонтов А. В., Назаров И. В., Нефедов В. Н., Потапова Т. А. Микро-волновые технологии. М.: «НИИ ПМТ», 2008.

Дата принятия 07.10.2010 г.