

ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОЦЕСС СУШКИ ТЕПЛОИЗОЛЯТОРА ИЗ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

А.В.Мамонтов, М.В.Нефёдов, В.Н.Нефёдов, И.М.Савченко
Московский государственный институт электроники и математики
E-mail: lmis@miem.ru

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.

Современное производство всё большее внимание уделяет поиску новых технологических решений, отвечающих требованиям экологической чистоты, сбережения энергетических ресурсов с одновременным повышением эффективности технологических процессов. Разрабатываются новые материалы, отвечающие современным требованиям, производство которых требует внедрения новых технологических процессов, так как традиционно используемые технологии в этом случае либо оказываются малоэффективными, либо вовсе не способны привести к требуемому результату.

Примером практического исследования возможности применения современных технологий для обработки материалов может служить данная работа.

Предпосылкой для проведения данного исследования 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 влаги из полотна. Сушка базальтового картона традиционно производится потоком горячих газов, получаемых от газовой горелки высокой производительности. Такой способ сушки, приемлемый для толщины картона в пределах 4 – 6 миллиметров, оказался совершенно неприменим для сушки толщин от 15мм и выше. В связи с этим был предложен способ сушки с применением энергии электромагнитных волн сверхвысокой частоты.

Выбор данного способа нагрева обоснован рядом преимуществ использования СВЧ энергии в качестве источника тепла при сушке диэлектрических материалов перед способами, использующими для этих целей горячий воздух или газы, получаемые от сжигания различных видов топлива: равномерность прогрева значительных толщин материала вне зависимости от его теплопроводности, высокий коэффициент преобразования СВЧ энергии в тепловую энергию (до 100%), безынерционность и экологическая чистота процесса и ряд других.

Экспериментальные исследования по удалению влаги из базальтового картона, пропитанного водной эмульсией связующего вещества, проводились на образцах картона размерами 140x140мм и толщиной 24мм. Каждый из образцов был набран из шести отдельных листов картона толщиной 4мм каждый. В среднем начальный вес каждого из образцов составлял немногим более 500 грамм, вес после сушки – около одной-двух десятых от начального веса образца.

Экспериментальные испытания проводились на камерной СВЧ установке лучевого типа мощностью 540Вт. Для равномерности нагрева образца использовался вращающийся стол с расположенной на нём подставкой из радиопрозрачного диэлектрика. Высота подставки выбиралась исходя из условия расположения нагреваемого материала напротив излучающего волновода камеры. Схематично установка представлена на Рис.1.

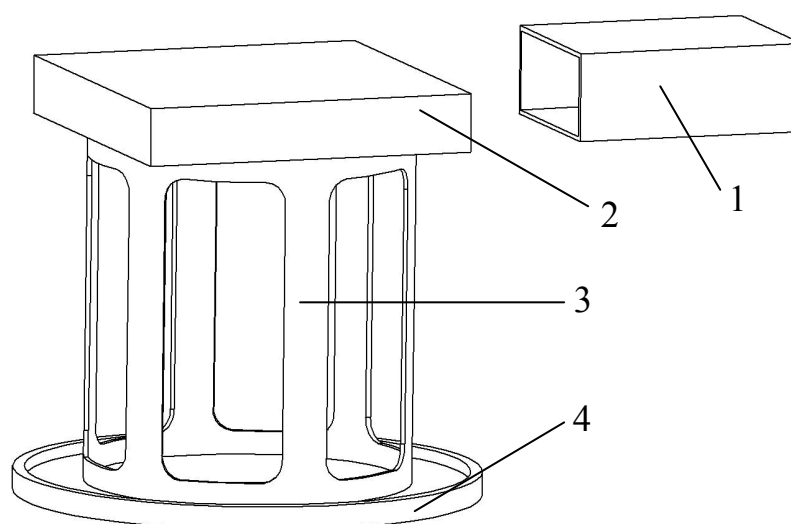


Рис.1. Схема установки для экспериментального исследования процесса СВЧ сушки базальтового теплоизолятора. 1 – излучающий волновод; 2 – образец исследуемого материала; 3 – диэлектрическая подставка; 4 – вращающийся стол.

Во время проведения эксперимента через равные промежутки времени фиксировались следующие параметры: вес образца, температура внутри образца и температура на поверхности. В связи с малым отклонением температуры от точки к точке на поверхности картона в расчёт принималась температура в центре площади образца.

Следует отметить, что исследованиям подвергались образцы, пропитанные различными связующими веществами – на основе ПВА и глины.

На Рис.2. представлены результаты измерений для образца базальтового картона, пропитанного эмульсией связующего вещества на основе ПВА.

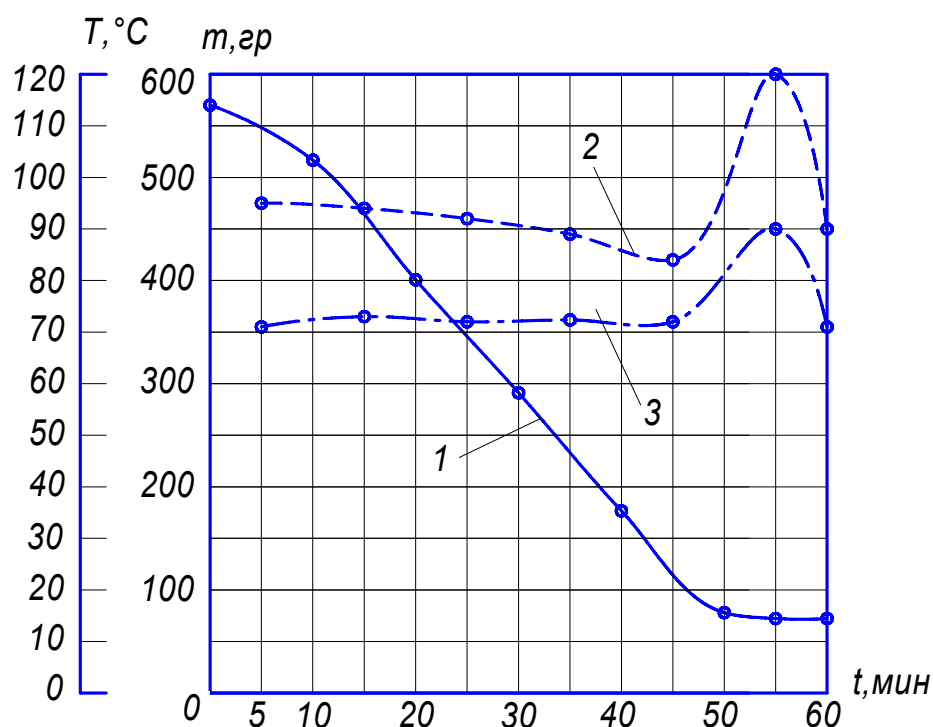


Рис.2. Экспериментальные зависимости изменения температуры и веса образца от времени нагрева (связующее – ПВА). 1 – кривая изменения веса; 2 – кривая температуры в объёме образца; 3 – кривая температуры на поверхности образца.

Как видно из полученных графиков образец картона полностью высушен за 55 минут, изменив свой вес с начальных 570 грамм до конечных 68 грамм. Поведение температуры образца до 45-й минуты нагрева приблизительно линейно и её небольшой спад можно объяснить постепенным выходом воды из объёма, то есть снижением количества основного поглотителя СВЧ энергии в мокром картоне, как раз ответственного за преобразование энергии СВЧ в тепло. 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 строго объяснить пока не представляется возможным, но, предположительно, он может быть связан с преобразованиями связующего вещества, после которых оно перестаёт поглощать СВЧ энергию.

На Рис.3. представлены результаты измерений для образца базальтового картона, пропитанного эмульсией связующего вещества на основе глины.

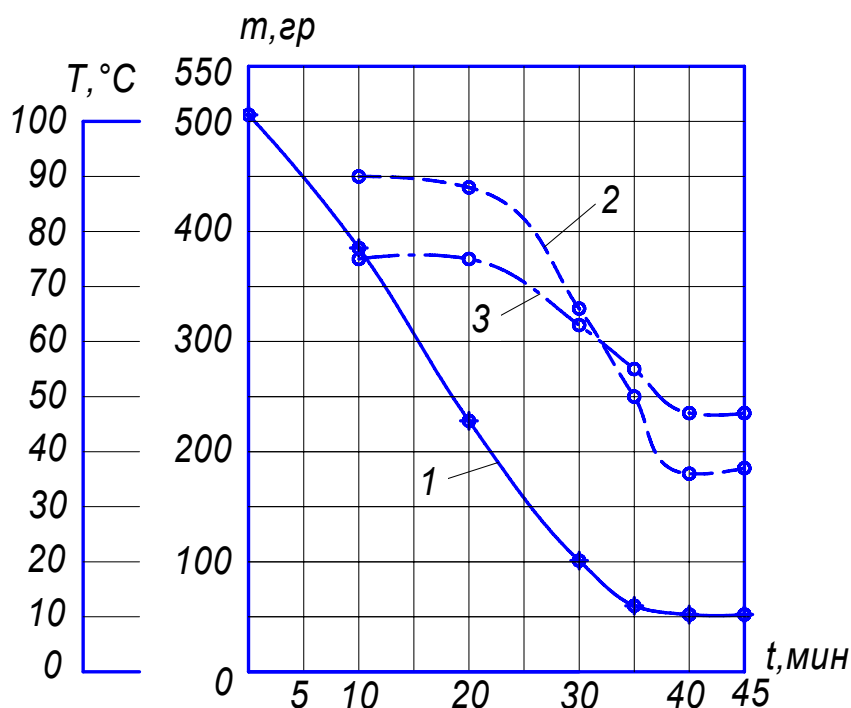


Рис.2. Экспериментальные зависимости изменения температуры и веса образца от времени нагрева (связующее – глина). 1 – кривая изменения веса; 2 – кривая температуры в объёме образца; 3 – кривая температуры на поверхности образца.

Полученные графики показывают изменение веса образца с 510 граммов до 50 за 40 минут. В отличие от предыдущего образца поведение температуры в данном случае имеет отличный характер, что, очевидно, объясняется присутствием другого связующего вещества, а именно, на основе глины. Этим же можно и объяснить и преобладание высокой температуры на поверхности картона по сравнению с температурой внутри объёма после получаса нагрева, то есть после почти полного ухода влаги из образца. Перераспределение максимальной температуры из объёма на поверхность образца предположительно связано с преимущественным поглощением СВЧ энергии приповерхностным слоем картона, пропитанного глиной. Скорее всего, это происходит из-за того, что поток СВЧ энергии сначала встречает на своём пути именно поверхность образца, а уж затем в ослабленном виде проникает в объём. Обеднение образца водой, охлаждавшей поверхность при своём испарении, как раз могло и проявить такую ситуацию.

Серия проведённых экспериментов показала довольно высокую эффективность процесса сушки базальтового картона с применением нагрева в полях СВЧ. Кроме того показана возможность сушки толстых образцов картона, что недостижимо при традиционной технологии с использованием горячих газов и воздуха. Однако в ходе проведения исследований было установлено, что скорость потока воздуха, обдувавшего поверхность высушиваемого образца, была явно недостаточной для наиболее эффективного отвода испаряющейся с поверхности воды. Таким образом, существует возможность существенного улучшения показателей сушки, в частности, сокращения времени обработки, что приведёт и к снижению энергетических затрат.