

УДК 662.998-494

А. Г. Элбакян, аспирант
 Б. А. Сентяков, доктор технических наук
 Воткинский филиал ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРООБРАБОТКИ ХОЛСТОВ ИЗ СУПЕРТОНКОГО БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Основной целью выполненного экспериментального исследования процесса пирообработки образцов холстов из супертонкого базальтового волокна, полученных на действующей промышленной установке, реализующей дуплексную технологию их производства, является подтверждение эффекта уменьшения пылевыведения при работе с такими холстами и формирование рекомендаций для назначения параметров процесса пирообработки. Актуальна проблема по максимальному уменьшению выделения пыли от материалов, используемых в производствах. Мелкодисперсная пыль, содержащаяся в холстах из базальтового волокна, вредна для кожи, слизистой оболочки и в особенности для легких человека. Даже при условии, что содержание пыли в производственном помещении находится в пределах норм, установленных техническими требованиями, аккумулируемое за годы работы воздействие на дыхательные пути имеет пагубные последствия для организма человека.

Перед началом исследований процесса пирообработки была поставлена задача – предложить методику количественной оценки содержания в холстах из супертонкого базальтового волокна пылевидных включений. Такие включения могут загрязнять окружающее пространство производственного помещения при работе с холстами, при их ручной транспортировке, складировании, ручной упаковке или при изготовлении из них изделий заданной геометрической формы. Очевидно также, что эффективность процесса пирообработки холстов из базальтового волокна будет существенным образом зависеть от параметров теплового поля, создаваемого источником пламени. Поэтому следующая задача состояла в изучении распределения в пространстве высокотемпературного поля пламени горелки. На основном этапе исследований пламенем обрабатывались образцы холстов из супертонкого базальтового волокна при различной длительности воздействия, и проводился сравнительный анализ с необработанными образцами. Результаты свидетельствуют о влиянии обработки холстов пламенем на уменьшение количества мелкодисперсной пыли, выходящей из образцов в воздух при тряске и других видах механического воздействия.

Ключевые слова: супертонкое базальтовое волокно, пирообработка, пылевыведение, загрязнение окружающей среды.

Изделия из супертонкого базальтового волокна используются в строительстве и теплоэнергетике для теплоизоляции зданий, сооружений и энергетического оборудования [1]. Известным недостатком таких изделий является возможность выделения в окружающую среду мелкодисперсной пыли в виде фрагментов элементарных волокон размером менее 3 мкм в процессе их производства и транспортировки.

В работе [2, с. 194] приведены сведения о возможности повышения качества изделий из базальтового волокна путем обработки их поверхности пламенем, или, как назвали этот процесс авторы, пирообработкой. Сведений о том, как влияет пирообработка изделий из базальтового волокна на выделение из них пыли, в этой работе не представлено. Целью настоящей работы явилось экспериментальное подтверждение эффективности процесса пирообработки холстов из базальтового волокна для обеспечения уменьшения выделения из них пылевидных включений и определение рациональных параметров этого процесса.

На первом этапе исследований возникла необходимость разработки методики количественной оценки содержания в холстах из супертонкого базальтового волокна пылевидных включений. Дело в том, что предельная величина концентрации такой пыли в воздухе производственного помещения составляет 4 мг/м^3 [3], но ни в одном из известных авторам нормативных документов, регламентирующих качество изделий из базальтового волокна, не указано о возможном количестве выделяемой пыли и способах оценки ее содержания. Для оценки же эффективности процесса пирообработки необходимо уметь определять количество пыли до и после такой обработ-

ки. Существуют методы количественной оценки содержания пыли в воздухе, заслуживающие внимания [4]. В нашем случае оценка содержания мелкодисперсной пыли в холстах из супертонкого базальтового волокна заключается в одностороннем вакуумировании образцов холстов с помощью пылесоса и измерении их массы до и после вакуумирования. Разность этих масс будет равна массе удаленной таким образом пыли.

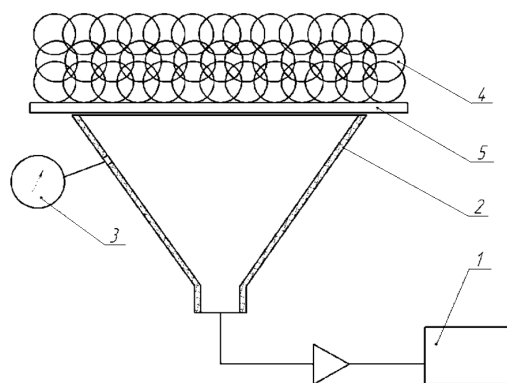


Рис. 1. Вакуумирование образцов базальтового холста: 1 – пылесос; 2 – воронкообразная насадка; 3 – тягонапормер; 4 – образец холста; 5 – решетка

Для реализации такой методики разработан и изготовлен стенд (рис. 1), включающий бытовой пылесос (1) с возможностью регулировки разрежения всасывания, модель Philips FC 9071, воронкообразную насадку (2) к пылесосу диаметром 130 мм, тягонапормер ТНМП-52 (3), образцы супертонкого базальтового волокна размером $150 \times 150 \times 12 \dots 15$ мм плотностью $13,2 \dots 15,1 \text{ кг/м}^3$ (4) и решетку (5) из прово-

локи диаметром 2 мм с шагом 20 мм в одном направлении и 40 мм – в другом для установки образцов (4) над воронкообразной насадкой (2). Измерение массы образцов производилось с применением электронных лабораторных весов GH-252 с ценой деления 0,1 мг.

В процессе апробации предложенной методики определения содержания в холстах пылевидных включений установлено, что масса удаляемых указанным способом пылевидных включений зависит от величины разрежения, создаваемого пылесосом в воронкообразной насадке, и продолжительности вакуумирования. Установлено, что рациональная величина разрежения составляет 12,5 кПа, т. к. при меньших значениях удаляемое из образцов количество пылевидных включений невозможно измерить имеющимися приборами, а при большем разрежении происходит существенная деформация образца с вероятностью всасывания его в воронкообразную насадку. Установлено также, что при увеличении продолжительности вакуумирования более 30 с уменьшения массы образцов не происходит, следовательно, рациональной является именно такая продолжительность вакуумирования.

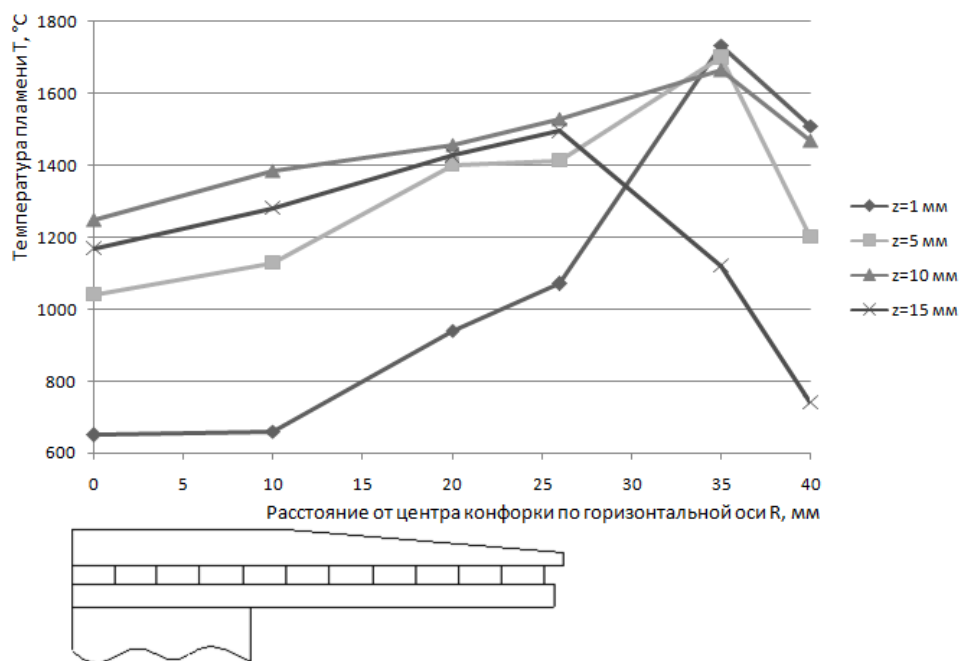


Рис. 2. Распределение температуры вблизи сопла газовой горелки на высоте z от поверхности базальтового волокна

Известно, что температура плавления базальта в зависимости от химического состава составляет от 1100 до 1450 °C [5]. Для достижения в процессе пиробработки базальтового волокна образования на поверхности образца сетки связанных между собой волокон требуется температура выше 1450 °C. Из графиков на рис. 2 следует, что наиболее рациональное расстояние от сопла горелки до обращенной к нему поверхности образца холста составляет от 5 до 10 мм. При этом пламенем охватывается большая площадь образца с нужной температурой.

Процесс пиробработки образцов холстов из базальтового волокна заключается в кратковременном, до нескольких десятков секунд (рис. 4), воздействии на одну из их поверхностей пламенем. В настоящей работе в качестве источника пламени использовалась газовая горелка KR-2005-1. В результате этого процесса расположенные на поверхности образца и связанные между собой только силами естественного сцепления элементарные волокна частично оплавляются и свариваются между собой. При этом на поверхности холста образуется тонкая сетка из связанных между собой элементарных волокон, которая препятствует выходу содержащихся в нем пылевидных включений в атмосферу.

Перед началом экспериментального исследования процесса пиробработки образцов холстов из базальтового волокна с помощью установки, содержащей газовую горелку и штангенрейсмас с закрепленной на нем термодпарой хромель-алюмель, соединенной с мультиметром MS8221, измерено распределение температуры пламени вблизи сопла газовой горелки. Результаты измерения представлены на рис. 2.

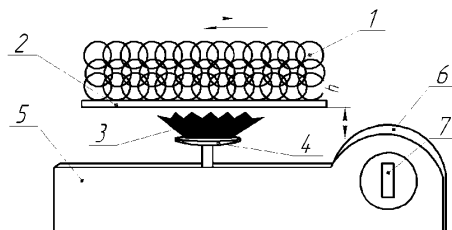


Рис. 3. Установка для пиробработки образцов холста из базальтового волокна: 1 – образец; 2 – решетка; 3 – пламя; 4 – конфорка; 5 – горелка; 6 – баллон газа; 7 – ручка поджига; h – высота образца над конфоркой 10 мм

Для экспериментального исследования процесса пирообработки были подготовлены десять образцов с указанными выше размерами и плотностью $150 \times 150 \times 12 \dots 15$ мм и $13,2 \dots 15,1$ кг/м³ соответственно, полученных из холста супертонкого базальтового волокна. Первые пять образцов пирообработке не подвергались, а другие пять были обработаны, с одной стороны, в пламени газовой горелки на одинаковом расстоянии от торца горелки до нижней (обрабатываемой) поверхности образцов, равном 10 мм. Процесс такой обработки показан на схеме на рис. 3. Обработка образцов выполнялась сканирующими движениями таким образом, чтобы вся поверхность образца могла оказаться под действием зон пламени с наибольшей температурой. Продолжительность обработки каждого образца была разной – от 10 до 50 с. Результаты опытов представлены на рис. 4.

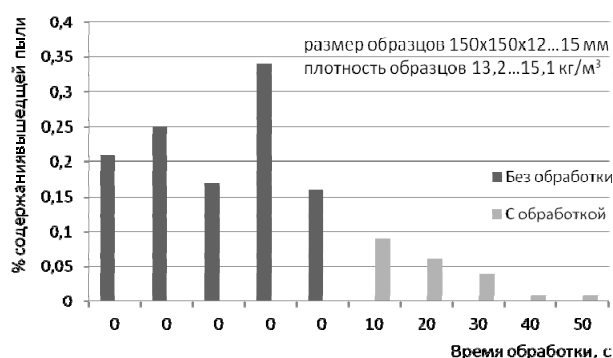


Рис. 4. Сравнительная гистограмма процентного содержания вышедшей пыли без обработки и с пирообработкой

В каждом опыте определялась масса образца перед пирообработкой M_0 и после пирообработки M_1 , затем выполнялось вакуумирование образца и снова определялась его масса M_2 . Масса вышедшей пыли после вакуумирования образцов определялась как разность $M_3 = M_2 - M_1$. Процентное содержание вышедшей в процессе вакуумирования из образца пыли определялось выражением: $K_{\Pi} = (M_3/M_1) \cdot 100$. Анализируя полученные результаты, следует заметить, что среднее процентное содержание вышедшей пыли в процессе вакуумирования необработанных образцов составляет $K_{\Pi} = 0,23$ % (6...12 мг пыли в массе образца), а процентное содержание вышедшей пыли из обработанных образцов – 0,08 % (менее 3 мг пыли в массе образца). При обработке от 40 с выделение пыли, определенное по представленной выше методике и имеющимися инструментами, не зафиксировано.

На рис. 5 показан общий вид одного из образцов до пирообработки (слева) и после пирообработки (справа) в течение 10 с, откуда видно, что поверхность образца стала ровной без выступающих частей. Волокна на поверхности образца находятся в несвободном сцепленном состоянии друг с другом.



Рис. 5. Образец холста супертонкого базальтового волокна до пирообработки (слева) и после пирообработки (справа)

Таким образом, в результате экспериментального исследования процесса пирообработки образцов холстов из супертонкого базальтового волокна подтверждена возможность практического использования такого вида поверхностной обработки холстов в целях уменьшения выделения из них пылевидных включений и улучшения условий труда работающих с ними людей и предложены следующие рекомендации для назначения рациональных параметров процесса пирообработки при его внедрении в производство:

- при конструировании оборудования для пирообработки необходимо обеспечить возможность регулировки расстояния от конфорки горелки до поверхности образца в пределах от 5 до 10 мм;
- скорость движения конвейера и количество горелок должны быть выбраны так, чтобы поверхность образца была подвержена воздействию пламени в области верхней границы температуры его плавления (1450 °С) в течение 20...40 с;
- эффективность пирообработки холстов будет вдвое выше, если на движущийся холст воздействовать пламенем с двух сторон.

Предлагается также производителям изделий из базальтового волокна внести в технические условия разработанную методику оценки возможного пылевыделения.

Библиографические ссылки

1. Kunal Singha. A Short Review on Basalt Fiber. International Journal of Textile Science 2012, 1(4): 19–28
2. Сентяков Б. А., Тимофеев Л. В. Технология производства теплоизоляционных материалов на основе базальтового волокна. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2004. – 232 с.
3. ГОСТ Р 53237–2008. – М. : ФГУП Стандартиформ, 2009. – 36 с.
4. Andrew Thorpe. Assessment of Personal Direct-Reading Dust Monitors for the Measurement of Airborne Inhalable Dust. Health and Safety Laboratory, Buxton, Derbyshire Ann. Occup. Hyg., Vol. 51, No. 1, pp. 97–112, 2007.
5. Горная энциклопедия Аа-лава-Яшма [Электронный ресурс]//mining-enc.ru / URL:<http://www.mining-enc.ru/b/bazalt/> (дата обращения: 09.03.2017).

* * *

A. G. Elbakian, Post-graduate, Votkinsk branch of Kalashnikov ISTU

B. A. Sentyakov, DSc in Engineering, Professor, Votkinsk branch of Kalashnikov ISTU

Experimental Research of Pyro Treatment of Canvases Made of Super Thin Basalt Fiber

The main purpose of the performed experimental research of heat treatment of samples of canvases made of super thin basalt fiber obtained at the operating industrial plant that implements the duplex technology of their production is to confirm the effect of decreasing the dust emission when working with such canvases and forming recommendations for assigning the parameters of the pyro treatment process. The relevant problem is the maximum reduction in the release of dust from materials used in production. Fine dust, contained in canvas made of basalt fiber, is very harmful to the skin, mucous membrane and especially to the lungs. Even with the condition that the dust content in the production room is within the limits set by the technical requirements, the impact on the respiratory tract accumulated over the years has harmful consequences for the human body.

Before the beginning of the research of the pyro treatment process, the task was set to propose a technique for quantifying the content of dust-like inclusions in canvas made from super thin basalt fiber. Such inclusions can pollute the surrounding area of the production premises when working with canvases, when hand-transporting, storing, hand-packaging or manufacturing products of a given geometric shape. It is also obvious, that the efficiency of the process of pyro processing of canvases from basalt fiber will depend substantially on the parameters of the thermal field created by the flame source. Therefore, the next task was to study the regularity of the temperature distribution in the high-temperature field of the burner flame. At the main stage of flame studies, samples of canvases from super thin basaltic fiber were treated at different exposure times, and a comparative analysis was carried out with untreated samples. The obtained data testify to the positive results of such treatment of canvases, which substantially reduces the amount of fine dust emerging from the samples into the air during shaking and other types of mechanical impact.

Keywords: super thin basalt fiber, pyro treatment, dust extraction, environmental pollution.

Получено: 22.03.17