

И. Ш. Абдуллин, Ф. С. Шарифуллин, Д. Ю. Жданкин

**МОДИФИКАЦИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ВЧ ПЛАЗМОЙ Пониженного Давления***Ключевые слова: базальтовое волокно, композиционный материал, плазма, модификация, свойства.*

Изучены способы и методы модификации базальтовых материалов высокочастотной плазмой (ВЧ) пониженного давления для дальнейшего их использования в промышленности, поскольку им присущи такие свойства, как долговечность, термоустойчивость, огнестойкость, экологичность. Анализ свойств модифицированных базальтовых волокон с применением современных методов исследований показал, что ВЧ плазма пониженного давления позволяет улучшить их физико-механические свойства. Определено оптимальное время обработки базальтового волокна ВЧ плазмой пониженного давления. Испытания модифицированных образцов на теплопроводность показали, что свойства сохраняются в условиях повышенной влажности.

Keywords: basalt fiber, composite material, plasma, modification, properties.

Ways and methods of modification of basalt materials by radio-frequency plasma (RF) of the lowered pressure for their further use in the industry as such properties as durability, heat stability, fire resistance, environmental friendliness are inherent in them are studied. The analysis of properties of the modified basalt fibers with application of modern methods of researches showed that RF plasma of the lowered pressure allows to improve their physicomachanical properties. Optimum time of processing of the RF basalt fiber is defined by plasma of the lowered pressure. Tests of the modified samples for heat conductivity showed that properties remain in the conditions of the increased humidity.

В последнее время большое внимание при строительстве зданий и сооружений уделяют комфортности, а также системам и конструкциям, которые в дальнейшем уменьшат расход энерго- и теплоносителей. В связи с этим получили широкое применение теплоизоляционные материалы, которые позволяют сделать помещение прохладным летом и тёплым зимой. Также этот вид материалов широко применяют и при строительстве системы водоснабжения. Теплоизоляция производится как при строительстве новых, так и при реконструкции старых зданий.

Технический прогресс прошлого столетия в определяющей степени был связан с созданием и широким применением композиционных материалов на основе стеклянных, углеродных, керамических и химических волокон. Сегодня эти материалы и изделия из них окружают нас повсюду. Вместе с тем, производство этих волокон и материалов является экологически опасным как для природы, так и для людей, и требует серьезной защиты. Последнее обстоятельство обусловило крайне осторожную и длительную по времени (около 30 лет) работу ученых и специалистов по созданию новых альтернативных дешевых материалов и экологически чистых изделий на их основе, способных заменить как «вредные», так и дорогостоящие волокна и изделия на их основе в реально возможных областях применения.

Наиболее приемлемым сырьем для получения нового класса волокон с уникальными свойствами показали себя горные породы - базальты. Базальты - это высокостабильные по химическому и минералогическому составу экструзивные магматические горные породы, запасы которых в мире практически не ограничены и составляют от 25 до 38% площади, занимаемой на Земле всеми магматическими породами.

Базальтовое волокно получается из природных минералов путем их расплава и последующего преобразования в волокно без использования химических добавок. Спрос на него в настоящее время превышает предложение. Это объясняется более высокими потребительскими качествами базальтового волокна перед аналогами – изделиями из шлаковаты и стекловаты. Конструкции с использованием базальтовой теплоизоляции хорошо сохраняют тепло зимой и прохладу летом, защищают конструкции, не давая им промерзнуть в зимнее время, имеют высокую термостойкость [1, 2]. Однако в условиях повышенной влажности у изоляционных материалов из базальтового волокна снижаются физико-механические характеристики, а также теплоизоляционные свойства.

Мировой опыт создания композиционных материалов свидетельствует о необходимости активации поверхности волокон. На сегодняшний день в производстве перед нанесением материала полимерной матрицы волокно обрабатывают химическими растворами, которые являются агрессивными средами и ядовиты, а значит, требуют сложных систем защиты и утилизации как опасные отходы.

Перспективным инструментом обработки материалов различной природы является высокочастотная (ВЧ) плазма при пониженном давлении. Она позволяет обрабатывать органические и неорганические материалы различного состава и структуры, а также поверхности изделий сложной конфигурации. Ко всему прочему технология обработки ВЧ плазмой является экологически безопасной.

Предшествующий опыт модификации волокнистых материалов показывает положительное влияние ВЧ плазмы на их адгезионные свойства [3,

4]. Основным фактором модификации является поток низкоэнергетических (30-100 эВ) ионов, энергии которых достаточно для активации поверхности волокна.

Для экспериментальных исследований использовалась опытно-промышленная ВЧ плазменная установка емкостного разряда с плоскопараллельными электродами, позволяющая проводить обработку поверхности базальтового волокна [5].

В качестве объекта исследования выбрана негорючая, термостойкая базальтовая плита марки WATTAT ПНТЬ-200, произведенная на заводе WATTAT, ООО «СМП-Механика». В ходе исследования из исходного материала были вырезаны образцы одинаковой размерности: 100x100x50 мм. Для обработки базальтовую плиту с помощью зажимов закрепляли в центре разрядной камеры. Расстояние между электродами составляло 20 см.

В работе входные параметры установки устанавливались в следующих пределах: расход плазмообразующего газа 0,04 г/с, давление в вакуумной камере 26 Па, напряжение на аноде U_a генераторной лампы 7,5 кВ. В качестве плазмообразующего газа в экспериментах использовался технический метан. В качестве варьируемого параметра выбрано время плазменного воздействия τ от 3 до 15 мин.

Определение теплопроводности базальтовой плиты проводили методом стационарного теплового потока по ГОСТ 7076-99 интерприбором ИТС-1 «150». После выдержки образцов базальтовой плиты в эксикаторе, из каждого из них были изготовлены пластины в виде прямоугольного параллелепипеда, наибольшие грани которого имели форму квадрата с размерами 100x100 мм. Толщина образцов составляла 16 мм. Для проведения измерений образец был помещен в измерительную ячейку между холодильником и нагревателем и прижат с требуемым усилием фиксирующим винтом. Затем был включен режим измерения, по окончании которого прибор выдал значение теплопроводности измеряемого образца. В таблице 1 представлены результаты исследования теплопроводности образцов базальтовой плиты.

Таблица 1 – Показатели теплопроводности материала

| Время обработки, мин | Относительная влажность, % | Температура, °C | Высота пластины, мм | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) |
|----------------------|----------------------------|-----------------|---------------------|--|
| Контр. | 96,5 | 28,8 | 16,0 | 0,14 |
| 3 | 97,9 | 26,9 | 16,0 | 0,09 |
| 7 | 97,5 | 26,9 | 16,0 | 0,12 |
| 15 | 98,5 | 27,1 | 16,0 | 0,15 |

Определение механических свойств базальтовой плиты проводили с помощью универсальной разрывной машины «SHIMADZU AGS-X». Сущность метода заключается в определении величины сжимающих усилий, вызывающих разрушение образца при соответствующих условиях испытаний. Для проведения исследования были подготовлены образцы в форме куба размерностью 50x50x50 мм. После чего подвергались действию нагрузки, возрастающей равномерно со скоростью 25 кгс/сек до состояния 40% сжатия. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Пределы прочности при сжатии материала

| Время обработки, мин | Сила, Н | Напряжение, МПа |
|----------------------|---------|-----------------|
| Контр. | 2360 | 1,1 |
| 3 | 1443 | 0,58 |
| 7 | 1414 | 0,55 |
| 15 | 1999 | 0,74 |

Определение предела прочности при изгибе проводили по ГОСТ 17177-94. Сущность метода заключается в определении величины усилий при изгибе образца, вызывающих его разрушение или прогиб при соответствующих условиях испытания. Для проведения исследования из изделия был сформирован образец квадратного сечения со стороной ребра 40 мм и длиной 200 мм. Подготовленные образцы были помещены на 2 цилиндрические опоры диаметром 10 мм. Расстояние между осями опор составляло 160 мм. Нагрузка на образец передавалась через валик диаметром 10 мм. В таблице 3 представлены результаты исследования предела прочности при изгибе образцов базальтовой плиты.

Таблица 3 – Пределы прочности при изгибе материала

| Время обработки, мин | Сила, Н | Напряжение, МПа |
|----------------------|---------|-----------------|
| Контр. | 5,5 | 0,13 |
| 3 | 3,4 | 0,04 |
| 7 | 4,8 | 0,09 |
| 15 | 5,7 | 0,10 |

Испытание образцов на теплопроводность показало, что при обработке в течение 15 минут образец находившейся в условиях повышенной влажности близкой к 100% сохраняет свои свойства. Результаты исследования представлены на рисунке 1. Максимальное значение коэффициента теплопроводности достигнуто при относительной влажности равной 98,5% и при температуре 27,1⁰C.

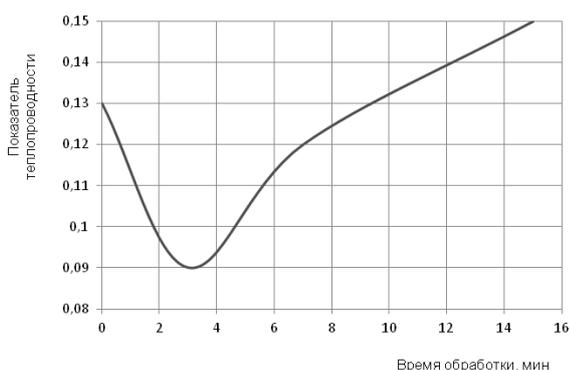


Рис. 1 – Показатели теплопроводности материала

Таким образом, в результате проведенной работы, можно сделать следующие выводы:

- обработка базальтового утеплителя ВЧ плазмой пониженного давления влияет на его физико-механические свойства;
- оптимальное время обработки базальтового волокна ВЧ плазмой пониженного давления должно составлять не менее 15 минут;
- испытание образцов на теплопроводность показало, что при обработке в

течение 15 минут образец, находившейся в условиях повышенной влажности близкой к 100% сохраняет свои свойства.

- максимальное значение коэффициента теплопроводности достигается при относительной влажности равной 98,5% и при температуре 27,1⁰С.

Литература

1. А.В.Горемыкин, И.В. Пасечник, В.Е. Козлов, В.М.Пискунов, *Строительные материалы*, 4, 12-13 (1997).
2. А.Н.Земцов, С.И. Огарышев, *Базальтовая вата: история и современность*, Норма-Инфра, Москва, 2003, 124 с.
3. Е.А. Сергеева, А.Р. Ибатуллина, Ф.Ф. Кадыров, *Вестник Казанского технологического университета*, 17, 123-126 (2012).
4. И.П. Ершов, Е.А. Сергеева, Л.А. Зенитова, И.Ш. Абдуллин, *Вестник Казанского технологического университета*, 4, 97-99 (2013).
5. И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, Н.Ф. Кашапов, *Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях. Теория и практика применения*, Изд-во Казан.ун-та, Казань, 2000, 348 с.

© **И. Ш. Абдуллин** – д.т.н., профессор, зав. каф. ПНТВМ КНИТУ, abdullin_i@kstu.ru; **Ф. С. Шарифуллин** – д.т.н., г.н.с. той же кафедры, sharifullin80@mail.ru; **Д. Ю. Жданкин** – студ. гр. 4391-11 той же кафедры.

© **I. Sh. Abdullin** – Ph.D., professor, head of the department PNTVM KNRTU, abdullin_i@kstu.ru; **F. S. Sharifullin** – Ph.D., chief researcher of the same chair, sharifullin80@mail.ru; **D. Y. Jdankin** – student of group 4391-11 of the same chair.