

БАЗАЛЬТОВОЕ ВОЛОКНО И ТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ЕГО ОСНОВЕ**BASALT FIBER AND WOVEN MATERIALS ON ITS BASIS**

Б.М. РУМЯНЦЕВ, А.Д. ЖУКОВ
B.M. RUMYANTSEV, A.D. ZHUKOV

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)
(National Research Moscow State University of Civil Engineering)
E-mail: lj211@yandex.ru

В статье приведены сведения об основных видах тканых изоляционных материалов на основе базальтовых волокон. Изделия широко используются в строительстве в областях тепловой изоляции, пожарной безопасности, защиты от шума и вибрации. Приведены результаты экспериментов, направленных на оценку эксплуатационной стойкости изделий на основе базальтового волокна. Показано, что такие изделия имеют высокую эксплуатационную стойкость, позволяющую рекомендовать их к применению в изоляционных строительных системах, работающих в жестких и особо жестких климатических условиях.

The article provides information on the main types of woven insulating materials based on basalt fibers. Products occupy a stable segment of construction in the areas of thermal insulation, fire safety, protection from noise and vibration. The results of experiments aimed at evaluating the operational stability of products based on basalt fiber are presented. It is shown that such products have high operational stability, which makes it possible to recommend them for use in insulating building systems operating in harsh climatic conditions and in case of fire.

Ключевые слова: методы испытания, тканые материалы, базальтовые волокна, эксплуатационная стойкость, деформации ползучести.

Keywords: test methods, woven materials, basalt fibers, operational resistance, creep strains.

Базальтовые непрерывные волокна (БНВ) обладают высокой прочностью, стойкостью к воздействию агрессивных сред, долговечностью, электроизоляционными свойствами. Производство базальтовых волокон имеет практически неограниченную и доступную сырьевую базу. В связи с ростом стоимости энергоресурсов базальтопластиковые материалы заменяют металл и углепластики. Материалы на основе БНВ применяют в различных отраслях промышленности и строительстве.

Для производства базальтового волокна используют горные излившиеся породы: базальты, базаниты, амфиболиты, габродиа-

базы или их смеси. Прочность, химическая и термическая стойкость базальтовых волокон зависят от химического состава исходного сырья. Диаметр базальтовых волокон является определяющей их свойства характеристикой. Базальтовые волокна подразделяют на группы соответственно их средним диаметрам: микротонкие (диаметр менее 0,6 мкм); ультратонкие (0,6...1,0 мкм); супертонкие (1,0...3,0 мкм); тонкие (9...15 мкм); утолщенные (15...25 мкм) и грубые (50...500 мкм). В первую очередь, диаметр волокон оказывает влияние на теплопроводность, звукопоглощение, плотность, эксплуатационную стойкость изделий [1], [2].

Основой для строительных материалов базальтовой группы является базальтовое супертонкое волокно (БСТВ), произведенное из расплавов горных пород при температуре 1450...1550°C. Эта температура соответствует температуре в кратере действующего вулкана, поэтому и волокно, и изделия на его основе никогда не горят. Волокно может только плавиться в зоне высоких температур, не выделяя каких-либо вредных газов. Маты, холсты и плиты из БСТВ сдерживают распространение пламени. Температура эксплуатации матов и холстов из базальтового супертонкого волокна составляет от -270 до +900°C.

В результате термической обработки базальтовое супертонкое волокно может перекристаллизовываться в поверхностном слое с получением микрокристаллического материала, обладающего новыми свойствами. Температура применения защищенных кристаллической "броней" волокон увеличивается на 200°C, а кислотостойкость возрастает в 2,5 раза; значительно снижается гигроскопичность. преимуще-

ством этого вида базальтового волокна является отсутствие усадки при эксплуатации изделий с его применением. Эти особенные свойства базальтового волокна позволяют изготавливать температуростойкие теплоизоляционные изделия.

Сплетенные из непрерывной базальтовой нити, ткани представляют собой плотно различной толщины, веса, рисунка и типа плетения (рис. 1-а). Благодаря высокой термостойкости, негорючести и температуре применения до 700°C, *базальтовые ткани* используются для защиты перекрытий от горячих поверхностей, обкладок для теплоизоляционных материалов. Базальтовая ткань обладает высокой химической стойкостью к щелочным и кислотным средам, а также виброустойчива, что позволяет использовать ее для изоляции агрегатов, генерирующих вибрации. Длина рулона 100, 200 м дает возможность за единый цикл изолировать значительные поверхности.

На рис. 1 представлены материалы на основе базальтовых волокон: а) – ткань; б) – сетка; в) – геосетка; г) – маты.

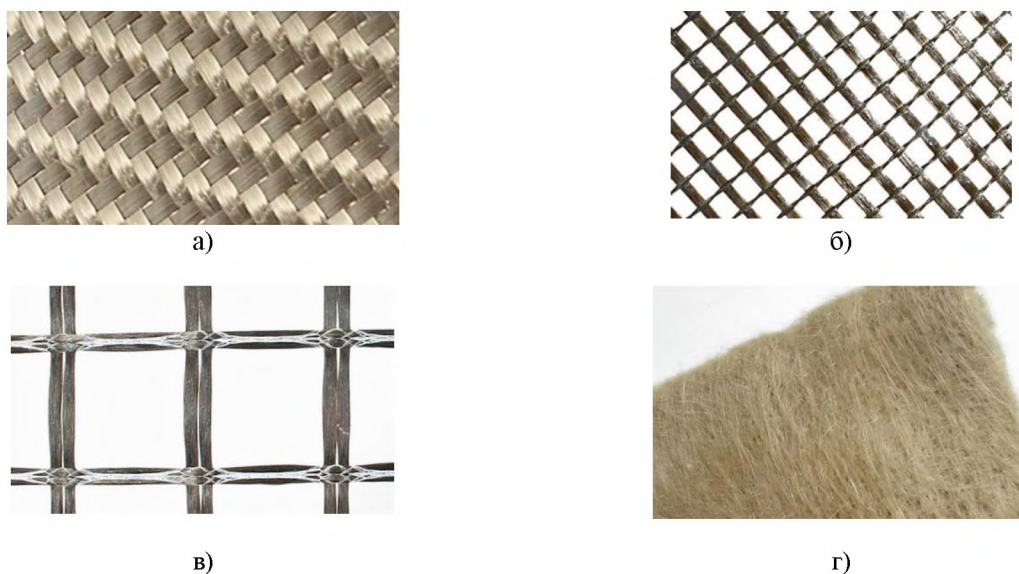


Рис. 1

Базальтовая сетка применяется для армирования бетонных конструкций (рис. 1-б). В продаже имеется арматурная сетка различного размера с эпоксидным покрытием для армирования бетона и композитных материалов, а также с асфальтовым покрытием для применения в дорожном строительстве. Базальтовая геосетка (рис. 1-в) имеет ряд

преимуществ перед металлической арматурой и стекловолокном при использовании в дорожном строительстве.

Холст базальтовый теплоизоляционный представляет собой мат, с определенными геометрическими размерами, не прошитый стеклоровинговой нитью, сохраняющий форму за счет хаотично переплетен-

ных волокон. Маты из базальтового волокна (рис. 1-г) отличаются очень низкой теплопроводностью и могут выдерживать постоянные рабочие температуры свыше 816°C , представляя собой высокоэффективный гибкий материал, обладающий исключительными рабочими характеристиками для применения в условиях очень высоких температур. Плотность матов от 50 до 125 кг/м^3 ; теплопроводность при 25°C от 0,038 до $0,50\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; сжимаемость от 35 до 10%.

Огнезащитный базальтовый рулонный материал – это слой холста (толщиной от 5 до 16 мм), прошитый вязально-прошивным методом стеклянными нитями. Теплопроводность при температурах $25/125/300^{\circ}\text{C}$ равна соответственно 0,033/0,045/0,080 $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Материал негорючий и обладает высокими тепло- и звукоизоляционными характеристиками, экологичен, радиационно безопасен, без наполнителей и связующих.

Долговечность строительных конструкций с теплоизоляционным слоем определяется, в первую очередь, свойствами "слабого звена", каким (по прочностным характеристикам и эксплуатационной стойкости) и является теплоизоляционный материал [3], [4]. Особенно важна эксплуатационная стойкость, которая характеризует изменение основных характеристик во времени. Как правило, речь идет об ухудшении свойств изделий во времени: снижения прочности, увеличения сжимаемости, теплопроводности, плотности.

Для оценки эксплуатационной стойкости матов на основе базальтового волокна был поставлен эксперимент, основой которого стали климатические испытания образцов $100\times 100\times 100\text{ мм}$, вырезанных из базальтовых матов и из минераловатных плит, используемых для ненагружаемой теплоизоляции (плотностью $35\dots 70\text{ кг/м}^3$).

Испытания по исследованию деформаций ползучести при сжатии образцов проводили в соответствии с методикой ГОСТ EN 1606–2011. Нагрузка на изделия принималась равной 0,5 и 1 кПа. Климатический режим был принят следующим: охлаждение до -60°C – 1 ч; выдержка при -60°C – 30

мин; нагрев от -20 до $+40^{\circ}\text{C}$ – 1 ч; выдержка при $+40^{\circ}\text{C}$ – 1 ч; всего: 4 часа. Количество циклов (z) – 60 (10 суток).

Для получения сопоставимых оценок в качестве критерия эксплуатационной стойкости изделий был принят коэффициент относительной сжимаемости ($K_{сж}$) минераловолокнистых плит, равный отношению текущей сжимаемости, изменяющейся в процессе климатических испытаний и выдержке под нагрузкой ($C_{ж}$), к начальным значениям деформации сжатия ($C_{ж0}$): $K_{сж} = C_{ж}/C_{ж0}$.

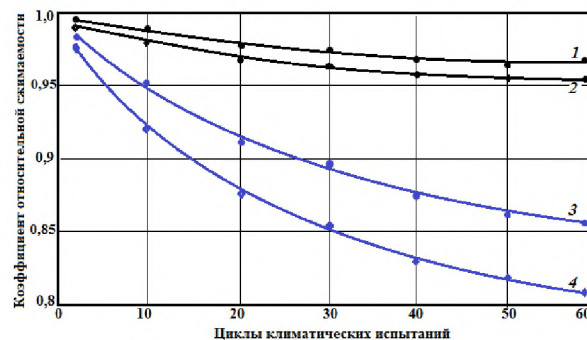


Рис. 2

Результаты эксперимента по оценке изменения деформации минераловолокнистых образцов (средней плотностью 50 кг/м^3) в результате климатических испытаний и с последующей выдержкой под нагрузкой 0,5 и 1,0 кПа в течение 100 суток представлены на рис. 2 (изменение коэффициента сжимаемости в процессе климатических испытаний под нагрузкой 0,5 кПа (1, 3) и 1,0 кПа (2, 4): 1, 2 – маты на основе базальтового волокна; 3, 4 – минераловатные плиты).

Маты на основе базальтового волокна показывают высокую эксплуатационную стойкость (по коэффициенту сжимаемости). Изделия на основе минеральной ваты имеют также высокие показатели, но их эксплуатационная стойкость ниже и в большей степени зависит как от количества циклов климатических испытаний, так и от прилагаемой нагрузки при оценке ползучести.

Относительно высокое снижение эксплуатационной стойкости минераловатных изделий связано с постепенным разрушением омоноличенного в точках контакта между волокнами связующим, которое в

количестве 2,5% вводится в состав минераловатного ковра при изготовлении изделий. Чем выше уровень климатических воздействий и чем выше (хотя и незначительные) механические нагрузки на изделие, тем в большей степени проявляется деструктивный эффект.

Высокая эксплуатационная стойкость изделий на основе базальтового супертонкого волокна объясняется высокой степенью переплетения волокон с формированием трехмерной матрицы адгезионных контактов. Незначительное ухудшение прочностных характеристик изделий в результате климатических испытаний объясняется конденсацией влаги на волокнах, что обуславливает снижение прочности адгезионного взаимодействия между ними. В качестве аналога рассматриваются тонкие пленки воды на минеральных поверхностях и сопутствующий им эффект Ребиндера. Снижение характеристик не превышает 5%, что вполне сопоставимо с ошибкой результата эксперимента, и на долговечность строительной системы в целом существенно не влияет.

ВЫВОДЫ

Базальтовое непрерывное и базальтовое супертонкое волокно являются основами целого класса строительных материалов. Проведенные исследования подтверждают, что изделия на основе базальтовых волокон обладают высокой огнестойкостью, а также эксплуатационной стойкостью, и могут рекомендоваться к применению в различных условиях эксплуатации, в том числе в критических условиях – при значительных циклических температурных изменениях.

1. Теличенко В.И., Орешкин Д.В. Материаловедческие аспекты геоэкологической и экологической безопасности в строительстве // Экология урбанизированных территорий. – 2015, №2. С.31...33.

2. Rumiantcev B.M., Zhukov A.D., Bobrova E. Yu, Romanova I. P., Zelenshikov D.B., Smirnova T.V. The systems of insulation and a methodology for assessing the durability // MATEC Web of Conferences. – Vol.86, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20168604036>.

3. Gnip I., Vaitkus S., Kersulis V., Vejelis S. Long-term prediction of creep strains of mineral wool slabs under constant compressive stress // Mech Time Depend Mater. – 2012, №16. P. 31...46. DOI 10. 1007/s11043-011-9152.

4. Жуков А.Д., Чугунков А.В. Локальная аналитическая оптимизация технологических процессов // Вестник МГСУ. – 2011, № 1-2. С. 273...278.

REFERENCES

1. Telichenko V.I., Oreshkin D.V. Materialovedcheskie aspekty geojekologicheskoj i jekologicheskoj bezopasnosti v stroitel'stve // Jekologija urbanizirovannyh territorij. – 2015, №2. S.31...33.

2. Rumiantcev B.M., Zhukov A.D., Bobrova E. Yu, Romanova I. P., Zelenshikov D.B., Smirnova T.V. The systems of insulation and a methodology for assessing the durability // MATEC Web of Conferences. – Vol.86, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20168604036>.

3. Gnip I., Vaitkus S., Kersulis V., Vejelis S. Long-term prediction of creep strains of mineral wool slabs under constant compressive stress // Mech Time Depend Mater. – 2012, №16. P. 31...46. DOI 10. 1007/s11043-011-9152.

4. Zhukov A.D., Chugunkov A.B. Lokal'naja analiticheskaja optimizacija tehnologicheskikh processov // Vestnik MGSU. – 2011, № 1-2. S. 273...278.

Рекомендована кафедрой строительных материалов. Поступила 10.05.17.