

DOI 10.58351/2949-2041.2024.11.6.027

Лавров Илья Владимирович,
Магистрант, ХТИ-филиал СФУ
Абакан
Lavrov Ilya Vladimirovich

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация: В данной статье рассматривается перспективность керамических теплоизоляционных материалов, включая пенокерамику, на основе глинистого сырья для применения в современном строительстве. Обсуждаются основные свойства таких материалов, включая высокую теплоизоляционную способность, устойчивость к огню, а также технологические аспекты исследования и производства. Акцент делается на важности использования этих материалов в условиях сейсмических районов, где требуется особая прочность и долговечность конструкций.

Ключевые слова: керамические теплоизоляционные материалы, пенокерамика, глинистое сырье

Керамические теплоизоляционные строительные материалы являются одними из наиболее перспективных для современного строительства. Эти материалы обладают рядом преимуществ: повышенной долговечностью, малой разрушаемостью, несгораемостью и водостойкостью. Благодаря этим качествам, они значительно превосходят многие другие теплоизоляционные материалы, такие как пенополистирол и минераловатные изделия. Керамические материалы обеспечивают более стабильные теплотехнические свойства, что особенно важно в условиях строительства в сейсмических районах. В таких регионах, как часть Сибири, Республика Хакасия и юг Красноярского края, устойчивость и надежность строительных материалов играют ключевую роль.



В большинстве случаев в строительстве используются пенополистирол и минераловатные изделия, которые имеют значительные недостатки. Пенополистирол, например, тлеет при пожаре, выделяя токсичные газы, и подвержен разрушению в процессе эксплуатации, особенно в многослойных стеновых конструкциях. Он также является более пожароопасным, чем конструктивные элементы здания, что делает его использование в определенных условиях нежелательным.

Технология производства пористых изделий из глинистого сырья в виде плит или блоков была разработана еще в 1960-е годы[1]. Однако из-за трудностей, связанных с реализацией этой технологии, она не получила широкого распространения до нашего времени. Основные проблемы заключались в получении пористой структуры достаточной прочности на стадии вспенивания и достижении необходимой прочности без деформации изделий на стадии спекания.

Исследование технологических свойств аргиллитов показало[2], что они обладают умеренной и средней пластичностью, малочувствительны к сушке ($K_{ч} < 1$) и характеризуются хорошими связующими свойствами. Прочность при сжатии образцов после сушки составляет 5,5–6,8 МПа. Аргиллиты являются легкоплавким сырьем с температурой огнеупорности 1160–1235 °С. По данным дифференциального термического анализа, разложение глинистых минералов завершается при температуре 880 °С, а кристаллизация новых фаз происходит при температуре 945 °С. Рентгенофазовый анализ показал, что интенсивное образование муллитоподобной фазы происходит благодаря наличию каолинита и высокому содержанию оксида железа в аргиллитах.

Сырье из карьера «Черногорск 2» верхнего горизонта в смеси с сырьем среднего горизонта соотношение 1:2 и в смеси с сырьем среднего и нижнего горизонта соотношение 1:1:1[2] пригодно для производства пенокерамических утеплителей. Это сырье необходимо очистить от примесей песчаников, углистых аргиллитов и угля, которые не пригодны для дальнейшей работы.



Анализ статьи о свойствах пенокерамических конструкций показал [3], что составы масс на основе глинистого сырья, обеспечивают вспенивание при температуре 20–30 °С, сохранение пористой структуры и спекание твердой матрицы пористой керамики. Использовалась смесь черногорских аргиллитов Республика Хакасия желтой и черной разновидностей в соотношении 1:1, которая экспериментально была признана наиболее оптимальной. Приведены химические составы применяемого сырья, на основе которых выполнены расчеты для определения предельной прочности сырья и материала.

Теплопроводность материала, измеренная с помощью электронного измерителя ИТП-МГ4, составляет 0,15–0,21 Вт/м•°С, прочность при сжатии керамики – 1,9–4,9 МПа, плотность – 440–600 кг/м³, пористость – 68,4–74,1% при водопоглощении 35,4–37,4 мас.%. В соответствии с требованиями ГОСТ 25485 – 89 [] автоклавные пенобетоны с прочностью при сжатии от 1,24 до 4,49 МПа при плотности 500–600 кг/м³ относятся к группе конструкционно-теплоизоляционных. Разработанные материалы могут быть пригодны в качестве элементов жесткой теплоизоляции зданий и сооружений.

На основе данных учебного пособия были выявлены предельные состояния для пенокерамических материалов. В отчете [2] определена пригодность сырья для дальнейших исследований пенокерамических свойств. В некоторых участках карьера «Черногорск 2» сырье может быть использовано после очистки от примесей песчаников, углистых аргиллитов и угля, непригодных для дальнейшей работы.

На основе статьи [4] было установлено, что наноструктурированная пенокерамика строительного назначения достаточно влагостойка благодаря микроструктуре закрытых ультрамикропор, устойчива к химическому и физическому воздействию и является оптимальным теплоизоляционным материалом. В результате физико-химических трансформаций в цикле производства, включая обжиг, формируются равномерно закрытые микропоры пенокерамики диаметром до 120 мкм и толщиной стенок от 1,8 до 6,3 мкм. Предел прочности при сжатии наноструктурированных строительных



пенокерамических изделий средней плотностью 450–850 кг/м³ составляет 3–8 МПа, теплопроводность – 0,12–0,15 Вт/(м•°С), морозостойкость – не менее 50 циклов.

На основе статьи [5] были изучены кривые зависимости изменения предела прочности при сжатии пенокерамики с увеличением средней плотности в интервале от 100 до 1200 кг/м³, охватывающие теплоизоляционную, конструкционно-теплоизоляционную и конструкционную пенокерамику. Было выявлено процентное соотношение особо легкой пенокерамики пористостью 85–91,5% к плотности 190–460 кг/м³, полученной зарубежными учеными Junge K. и Rimpl E. [6] на основе обычных глиен.

В данной работе проведен всесторонний анализ статей, выявлены методы расчета, собраны данные о сырьевой массе и актуальности работы. Все показатели указывают на актуальность исследования в современном строительстве. Керамические теплоизоляционные материалы обладают значительным потенциалом для использования в различных климатических и сейсмических условиях, предоставляя устойчивые и безопасные решения для строительства.

Список литературы:

1. Мороз И. И. Технология строительной керамики. Киев: Вища школа, 1980. 384 с.
2. Отчет по доразведке Черногорского месторождения аргиллитов, алевролитов, проведенной Абаканской партией в 1968-70 гг., Поздеева Е.Н
3. Селиванов Ю.В., Шильцина А.Д., Селиванов В.М., Логинова Е.В., Королькова Н.Н. Составы и свойства керамических теплоизоляционных строительных материалов из масс низкотемпературного вспенивания на основе глинистого сырья // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 3. – С.35–40.



4. Синицин Д.А., Шаяхметов У.Ш., Рахимова О.Н., Халиков Р.М., Недосеко И.В. Наноструктурированная пенокерамика строительного назначения: технология производства и применения // Нанотехнологии в строительстве. – 2021. – Том 13, № 4. – С. 213–221.

5. Дмитриев К.С. Особенности проектирования состава пенокерамических изделий // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 4 (51). – С. 112–116.

6. Industrial production of highly porous building materials // Technische Elerstellung von hochporosen Ziegelmaterialen / Junge-Karsten, Rimpel E. // Ziegelind Inst, 1996, № 49.- P. 195-197.

