

DOI: 10.12737/article_5c1c996833c2a4.78589509

^{1,*}Загороднюк Л.Х., ¹Сумской Д.А., ¹Чепенко А.С.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

*E-mail: zagorodnyk.lh@bstu.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ГИДРАТАЦИИ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ВЯЖУЩИХ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований особенностей процессов гидратации высокодисперсных вяжущих. Процессы гидратации минералов портландцементного клинкера, сопровождаются схватыванием вяжущего и продолжаются в течение длительного времени. Тепловыделение различных цементов при гидратации колеблется в больших пределах в зависимости от их минерального состава и тонкости измельчения. Тепловыделение – это результат комплекса физико-химических процессов взаимодействия дисперсного порошка вяжущего с дисперсной жидкой фазой и скорость тепловыделения отражает суммарную скорость и интенсивность процессов гидратации, определяемую изменением количества теплоты, выделяющейся в процессе реакции в единицу времени. Анализ кривой тепловыделения высокодисперсного вяжущего показывает, что если для портландцемента интенсивное тепловыделение в цементном тесте на I стадии наблюдается в возрасте 20 мин, с тепловыделением в первый час гидратации 13 Дж/г·ч, для вяжущей композиции наибольшее тепловыделения к этому времени составляет 17 Дж/г·ч, превышение тепловыделения составляет 30 %, то для высокодисперсного вяжущего величина тепловыделения составляет 10 Дж/г·ч, что ниже тепловыделения портландцемента на 29 % и вяжущей композиции на 68 % соответственно. Полученные результаты свидетельствуют о существенных особенностях протекания процессов гидратации в изученных системах. Установлено, что суперпластификатор Melment F10 активно сорбируется на частицах минеральной добавки-отходов вспученного перлитового производства вследствие их высокой гидравлической активности и близких гранулометрических составов портландцемента и минеральной добавки высокодисперсного вяжущего, что позволяет управлять процессами структурообразования и создавать композиты с требуемыми свойствами.

Ключевые слова: высокодисперсные вяжущие, тепловыделение, отходы производства перлитового песка, процессы гидратации клинкерных минералов, активная минеральная добавка.

Введение. В России принят закон об энергоэффективности, согласно которому к 2020 г. необходимо выйти на высокий уровень энергосбережения. Введение более жестких требований привело к пересмотру принципов проектирования и строительства. Одним из наиболее действенных путей решения проблемы энергосбережения является создание новых теплоизоляционных материалов, что в свою очередь требует разработки эффективных высокодисперсных вяжущих с требуемыми технологическими и физико-механическими свойствами [1–8]. Получение эффективных вяжущих веществ на сегодняшний день сопровождается применением сложных составов компонентов с целью получения высококачественных бетонов различного многофункционального назначения с усовершенствованными, а в некоторых случаях и с принципиально новыми свойствами и заранее установленной структурой. В основу синтеза подобных вяжущих положен принцип целенаправленного управления технологией на абсолютно всех её стадиях: применение активных компонентов, создание наилучших составов, использование химических модификаторов, применение механохимической

активации компонентов и некоторых иных способов [8–16]. К настоящему времени накоплен определенный опыт получения строительных композитов различного функционального назначения с учетом разработки композиционных вяжущих с требуемыми свойствами [17–22].

Методология. Для исследований применяли следующие материалы:

Портландцемент ЗАО «Белгородский цемент» ЦЕМ I 42,5Н ГОСТ 31108-2003 следующего химического состава: SiO₂=21,77 %; Al₂O₃=4,88 %; Fe₂O₃=4,02 %; CaO=65,53 %; MgO=1,22 %; SO₃=3,52 %; R₂O=0,64 %. Отходы производства вспученного перлитового песка следующего химического состава: SiO₂=75 %; Al₂O₃=12,5 %; Fe₂O₃=0,7 %; CaO=1,6 %; MgO=0,6 %; K₂O+Na₂O=4,6 %; ппп=5,3 %. Суперпластификатор MELMENT F 10. Производитель: BASFConstructionSolutions (Trostberg, Германия). Химический состав: MELMENT F10 – сульфонируемый порошок продукт поликонденсации на основе меламина, полученный методом распылительной сушки. Для изучения кинетики тепловыделения вяжущего с момента его смешения с водой затворения был применен дифференциальный квазиизотермический калориметр

ТопiCAL. Изучение микроструктуры образцов гидратированных цементов и гидратированных вяжущих композиций в возрасте 28 суток проводили на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU.

Основная часть. Для изучения процессов гидратации вяжущих была исследована кинетика тепловыделения вяжущего с момента его смешения с водой затворения с помощью дифференциального квазиизотермического калориметра ТопiCAL с компьютерной обработкой и записью результатов.

Реакции гидратации клинкерных минералов характеризуются количеством тепла, которое выделяется мгновенно, сопровождается схватыва-

нием вяжущего и длится в течение первых 72 часов. Тепловыделение разных портландцементов изменяется в широких интервалах в зависимости от их минерального состава и тонкости помола. Присутствие в их составе высокого содержания алита и в особенности трехкальциевого алюмината определяет активное выделение тепла при твердении цементов, главным образом в первые сроки, из-за мгновенного взаимодействия указанных минералов с H_2O .

На графиках (рис.1) представлены кривые изменения тепловыделения рядового портландцемента (ПЦ) с удельной поверхностью $3457 \text{ см}^2/\text{г}$, вяжущей композиции (ВК) и высокодисперсного вяжущего (ВВ) с удельной поверхностью $6349 \text{ см}^2/\text{г}$.

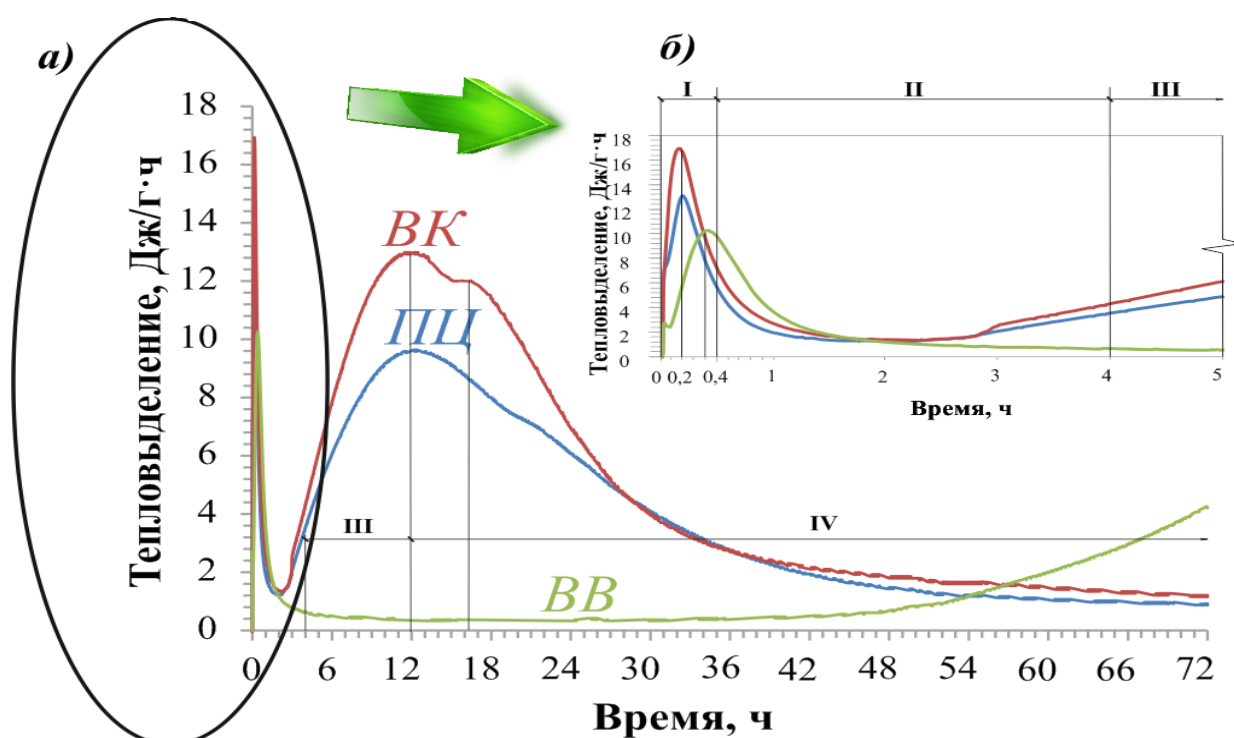


Рис. 1. Кинетика тепловыделения рядового портландцемента (ПЦ), вяжущей композиции (ВК) и высокодисперсного вяжущего (ВВ)

Частицы портландцемента сразу же после затворения вступают во взаимодействие с водой и реагируют весьма энергично (рис. 1,а), о чем свидетельствует первый пик на кривой тепловыделения (I стадия). На этой стадии – быстрой гидратации поверхностных частиц минералов последние покрываются тонкой пленкой из гелей гидратированных соединений, которая затрудняют доступ молекул воды с негидратированной поверхности частиц и выход продуктов гидратации в межзерновое пространство. Тепловыделение цемента в первый час гидратации имеет максимальное значение $13 \text{ Дж/г}\cdot\text{ч}$, что объясняется растворением гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, а также распадом портландита на ионы Ca^{+2} и OH^- , которые переходят в раствор.

Тонкость помола цемента влияет на скорость тепловыделения при гидратации: увеличение тонкости помола ускоряет реакции гидратации и выделение тепла, однако общее количество выделенного тепла не зависит от тонкости помола цемента. Подсчитав площадь под графиками, можно получить количество теплоты, выделенное за определенный период.

На втором этапе реакции гидратации затормаживаются и начинается индукционный период. Изменяется механизм гидратации: моментальная поверхностная реакция, лимитируемая только лишь быстротой химического взаимодействия H_2O с минералами портландцемента заменяется гетерогенно-диффузионным ходом массообмена путем сформировавшихся на частичках

оболочек из гидратов. В течение индукционного этапа происходит зарождение и медленный рост кристаллов CSH, гидроалюминатов кальция и $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

По достижению данными кристаллами некоторых размеров энергия поверхностного натяжения малого слоя оболочки спускается вплоть до минимума, она разрушается и открывает подход H_2O к негидратированной поверхности частиц. С этого момента начинается III условный этап процесса – ускоренный этап гидратации, быстрота взаимодействий лимитируется исключительно скоростью химического взаимодействия H_2O и минералов.

Продукты гидратации, возникающие на данном этапе поглощаются быстрорастущими кристаллами и не успевают создавать новые оболочки, что формирует подходящие условия для протекания интенсивного взаимодействия в системе и формирования монолитного каркаса. В результате при массовом образовании кристаллогидратов на поверхности негидратированных ядер создается и со временем уплотняется такая оболочка и вследствие этого со временем снижаются скорости реакций.

Анализ кривой кинетики тепловыделения вяжущей композиции (ВК), состоящей из портландцемента (95 %) и минеральной добавки - отхода перлитового производства (5 %) имеет свои отличия. Если для портландцемента интенсивное тепловыделение в цементном тесте на 1 стадии наблюдается в возрасте 20 мин, с тепловыделением в первый час гидратации 13 Дж/г·ч, то для вяжущей композиции наибольшее тепловыделение к этому времени составляет 17 Дж/г·ч, превышение тепловыделения составляет 30 %, это можно объяснить суммарными процессами гидратации, проходящими в обычном портландцементе, а также дополнительным выделением кристаллизационной воды из внесенной перлитовой добавки.

Вторая стадия гидратации вяжущей композиции аналогична этой стадии гидратации рядового портландцемента, но отмечается, что индукционный период для вяжущей композиции протекает при повышенном тепловыделении в течение всего периода в среднем на 20–22 %, что объясняется активным протеканием химических взаимодействий в системе с содержанием перлитовой добавки. В этот период на перлитовых частицах, как на подложках, равномерно распределенных по всему объему материала в результате встречной диффузии ионов в объеме пленок-оболочек происходят процессы зарождения и медленного устойчивого роста кристаллов гидросиликатов кальция и $\text{Ca}(\text{OH})_2$, создавая пористую

объемную структуру за счет вспученных зерен перлита.

Вследствие высокой дисперсности системы, энергия поверхностного натяжения тонкого слоя пленок падает до минимума и создает лучший доступ воды к негидратированной поверхности частиц минералов. С этого момента наступает 3-й условный ускоренный период процесса гидратации, при этом отмечается максимальное тепловыделение. Находясь на частицах минерального наполнителя минералы клинкера покрываются тонкой пленкой этtringита, которая препятствует проникновению воды, но наличие насыщенного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и других соединений в образовавшемся геле создают условия для диффузионного притока воды из межзернового пространства с пониженной концентрацией раствора. Из-за этого происходит разрыв защитных слоев и возникает стремительная реакция гидратации клинкерных фаз, первоначально C_3A , что и является фактором внезапного выделения тепла после 3 часов гидратации.

На следующем этапе, как только концентрация ионов Ca^{2+} и OH^- становится максимальной, реакции гидратации проходят с высокой скоростью по всему объему. Далее, вопреки уменьшению скорости тепловыделения гидратация клинкерных минералов продолжается. На последней стадии формируется малое количество продуктов гидратации C_3S и C_3A . Отличительной особенностью гидратации вяжущей композиции на 3 этапе в возрасте 12 часов является повышенная величина тепловыделения, на 36 % превосходящая тепловыделение портландцемента, кроме того, отмечается в возрасте 16 часов эффект тепловыделения, по-видимому, связанный с гидратацией глинистых минералов, внесенных перлитом.

В последующем 4 этапе происходит дальнейшее активизирование гидратации, увеличение полноты гидратации основных клинкерных минералов, благодаря проявлению пуццолановой реакции и активному связыванию блокирующего портландита, а также большей концентрации накопленных новообразований – гидросиликатов кальция. При этом отмечается, что процессы тепловыделения в вяжущей композиции протекают стабильно с повышенным тепловыделением, превосходящим портландцемент на 20–22 %, что свидетельствует об активизации процессов гидратации в системе, что подтверждается результатами рентгенофазового анализа и физико-механических испытаний образцов.

Анализ кривой тепловыделения высокодисперсного вяжущего показывает, что если для портландцемента интенсивное тепловыделение в

цементном тесте на 1 стадии наблюдается в возрасте 20 мин, с тепловыделением в первый час гидратации 13 Дж/г·ч, для вяжущей композиции наибольшее тепловыделения к этому времени составляет 17 Дж/г·ч, превышение тепловыделения составляет 30 %, то для высокодисперсного вяжущего величина тепловыделения составляет 10 Дж/г·ч, что ниже тепловыделения портландцемента на 29 % и вяжущей композиции на 68 % соответственно.

Смещение первого пика тепловыделения и снижение тепловыделения у высокодисперсного вяжущего объясняется высокой удельной поверхностью вяжущего, наличием минерального компонента в виде зерен пластинчатой формы, их высокой дисперсностью, которые, определенным образом блокируют и термоизолируют систему, кроме того, введенная суперпластифицирующая добавка Melment F10, покрывая частицы минералов цемента, тормозит физико-химические процессы разложения и взаимодействия в системе, тем самым замедляя последующую гидратацию. Полученные результаты согласовываются с исследованиями, проведенными проф. А.В. Ушеровым-Маршаком [23], установившем, что пластификатор за счет торможения и блокирования ранних стадий гидратации обуславливает значительное снижение интенсивности и полноты тепловыделения. Однако, вопрос влияния суперпластификаторов на вяжущие композиции, состоящие из цемента и различных минеральных наполнителей требует глубокого и детального изучения.

В случае если минеральные добавки сравнительно малоактивны и их гранулометрический состав аналогичен к таковому для портландцемента, в таком случае как правило результат от введения ПАВ выше, нежели при их введении в составы на рядовом портландцементе [24]. Это говорит о том, что минеральные компоненты смешанного цемента отнюдь не так сильно взаимодействуют с H_2O , как клинкер, и как бы «разбавляют» цемент, уменьшая, особенно в ранние сроки, число гидратных новообразований, на которых адсорбируются ПАВ.

Наиболее отчетливо подобная зависимость наблюдается при использовании высокоалюминатных цементов, так как гидроалюминаты кальция, сорбируя либо хемосорбируя ПАВ, значительно сокращают их «действующую» концентрацию, остающуюся для адсорбции на CSH – фазе.

Иногда такая взаимозависимость оказывается менее отчетливой, но чаще даже в неблагоприятных условиях малоактивные минеральные добавки не оказывают большого влияния на эффективность поверхностно-активной добавки. В

отличие от этого при введении поверхностно-активных добавок в цементные системы с высокодисперсными минеральными компонентами, обладающими существенной гидравлической активностью, к примеру, с микрокремнеземом, либо некоторыми разновидностями золы-уноса необходимо иметь в виду то, что часть поверхностно-активной добавки может адсорбироваться на данных активных минеральных компонентах [24].

В результате проведенных нами исследований установлено, что суперпластифицирующая добавка Melment F10 активно сорбируется на частицах минеральной добавки-отходов вспученного перлитового производства вследствие их высокой гидравлической активности и близких гранулометрических составов портландцемента и минеральной добавки высокодисперсного вяжущего, что подтверждено результатами ИК-спектрокопии. Эта особенность пластифицирующей добавки позволяет управлять процессами структурообразования и создавать композиты с требуемыми свойствами.

Изучение микроструктур поверхностей сколов цементных камней в возрасте 28 суток, полученных на основе: рядового портландцемента ПЦ (рис. 2), вяжущей композиции ВК (рис. 3) и высокодисперсного вяжущего ВВ (рис. 4) показало, что кристаллизация новообразований изученных камней весьма отлична.

Микроструктура затвердевшего цементного камня на основе рядового портландцемента ПЦ (рис. 2) характеризуется созданием объемно-однородной, высокоплотной структуры, отмечается достаточно плотное зарастание пространственного объема и формирование слитной структуры композита, обеспечивающего высокие физико-механические свойства.

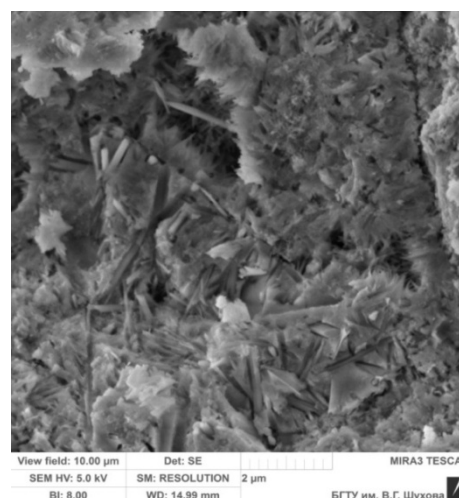


Рис. 2. Микроструктура поверхности скола цементного камня рядового портландцемента ПЦ в возрасте 28 суток

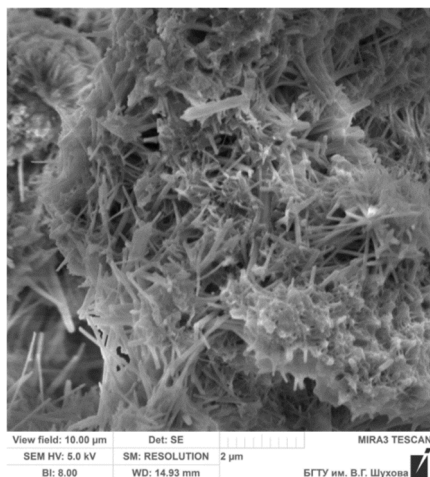


Рис. 3. Микроструктура поверхности скола цементного камня вяжущей композиции ВК в возрасте 28 суток

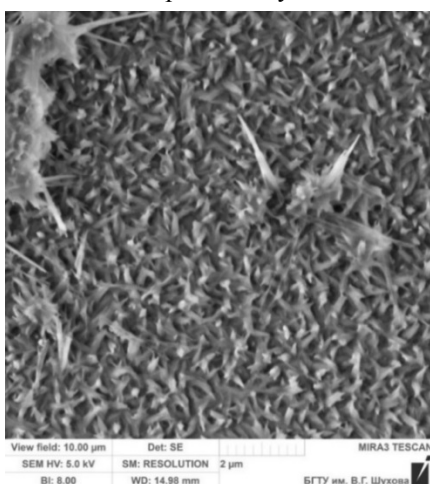


Рис. 4. Микроструктура поверхности скола цементного камня высокодисперсного вяжущего в возрасте 28 суток

Особенностью микроструктуры затвердевшего цементного камня на основе вяжущей композиции ВК (рис. 3) является наличие объемно-однородной сросшейся структуры, отмечается отчетливое формирование пористого пространственного каркаса, формирующегося на минеральных подложках и создающих равномерный объем прорастающих структур во всех направлениях, которые обеспечивают высокие прочностные показатели композита.

Выявлены закономерности формирования микроструктуры высокодисперсных вяжущих, полученных при совместном помоле цемента и отходов перлитового производства в вихревой струйной мельнице, заключающиеся в создании объемно-кристаллических гидросиликатных и гидросульфатоалюминатных каркасов на поверхности частиц перлита, где за счет механоактивации компонентов смеси открываются новые поверхности, способствующие увеличению реакционной способности вяжущей системы за счет повышения содержания групп Si-O-Si – ключевых носителей прочности цементного камня в силу

увеличения дефектов по поверхности, что подтверждается микрофотографиями поверхности скола высокодисперсных вяжущих. Система самоорганизуется, формируется гомогенная мелкопористая матрица и обеспечиваются благоприятные условия, с целью последующего формирования оптимальной структуры теплоизоляционного композита, который обеспечивает высокие теплозащитные свойства строительным растворам.

Образование дополнительных гидратных минеральных фаз с участием отходов перлитового производства подтверждается уменьшением содержания портландита в высокодисперсных вяжущих, совокупностью выявленных изменений в области колебаний ключевых структурных фрагментов соединений, а кроме того изменением пропорций интенсивности пиков установленных рефлексов. Выявлено, что механическая прочность высокодисперсных вяжущих обусловлена удельной поверхностью и содержанием отходов, которые участвуют в образовании структуры цементного камня и содействуют формированию структуры теплоизоляционного материала. При использовании портландцемента и минеральной перлитовой добавки разработаны составы вяжущих композиций с пределом прочности при сжатии 69,1 МПа и плотностью 2,0 г/см³ и на их основе разработаны высокодисперсные вяжущие с пределом прочности при сжатии 84,2 МПа и плотностью 2,1 г/см³.

Предлагаемые высокодисперсные вяжущие позволяют получать теплоизоляционные растворы со следующими характеристиками: плотностью 240-260 кг/м³, коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,051-0,059$ Вт/(м·°С), морозостойкостью в 1,6 раза превышающую морозостойкость теплоизоляционных растворов (с 50 до 80 циклов).

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о существенных отличиях процессов гидратации изученных вяжущих систем. Выявлены особенности формирования микроструктуры высокодисперсных вяжущих, полученных при совместном помоле цемента и отходов перлитового производства в вихревой струйной мельнице, заключающиеся в создании объемно-кристаллических гидросиликатных и гидросульфатоалюминатных структур на поверхности частиц перлита, где за счет механоактивации компонентов смеси открываются новые поверхности, способствующие увеличению реакционной способности вяжущей системы за счет повышения содержания групп Si-O-Si – ключевых носителей прочности цементного камня, что подтверждается микрофотографиями поверхности скола вы-

сокодисперсных вяжущих. Сформированная гомогенная мелкопористая структура матрицы цементного камня, обладая определенной прочностью и плотностью позволяет создавать оптимальную структуру теплоизоляционного композита, который обеспечивает высокие теплозащитные свойства строительным растворам.

Источник финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-03-00352.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сумской Д.А. Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего // Вестник ВГУИТ. 2018. Т.2. №2. С. 283–289.
2. Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2010. С. 90.
3. Zagrodnuk L.H., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 11. С. 1496–1502.
4. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.
5. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю., Куприна А.А. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. №7. С. 82–85.
6. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамшуров А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органико-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.
7. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН, Выпуск 18. Москва. 2014. С. 112–119.
8. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.
9. Lesovik V.S., Zagrodnuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolnikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. Т. 11. № 12. С. 948–953.
10. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagrodnuk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. №9. С. 816–819.
11. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagrodnuk L.H., Volodchenko A.A., Popov D.Y. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works // Research journal of applied sciences. 2014. Т. 9. № 12. С.1100–1105.
12. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagrodnuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research journal of applied sciences. 2015. Т. 10. № 12. С. 931–936.
13. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagrodnuk L.H., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 19. С. 40617–40622.
14. Bazhenov Y.M., Zagrodnuk L.H., Lesovik V.S., Yerofeyeva I.V., Chernysheva N.V., Sumskey D.A. Concerning the role of mineral additives in composite binder content // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. №4. С. 22649–22661.
15. Lesovik V.S., Zagrodnuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskey D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective composites // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. Т. 8. №4. С. 24868–24879.
16. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова: материалы Междунар. Науч.-практ. Конф. 2012. № 4. С. 53–57.
17. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А. Системно-структурный подход к анализу композиционного материала // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика, Белгород, 15-16 марта 2016 г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. Ч. 1. С. 320–327.
18. Сумской Д.А., Павленко О.А., Дмитриев Ю.А. К вопросу создания эффективных теплоизоляционных строительных материалов // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию заслуженного

деятели науки РФ, члена–корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика, Белгород, 15-16 марта 2016 г. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. Ч. 3. С. 125–133.

19. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.

20. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // БГТУ им. В.Г. Шухова: материалы Междунар. Науч.-практ. конф, 2012. №9. С. 89–92.

21. Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating

Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 11. № 24. С. 1496–1502.

22. Zagorodnyuk L.Kh., Lesovik V.S., Sumskey D.A. Thermal insulation solutions of the reduced density // Construction Materials and Products. 2018. Т. 1. № 1. С. 40–50.

23. Ущеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона: Избранные труды. Харьков: Факт, 2002. 180 с.

24. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. 2-е изд., перераб. и доп.-М. Стройиздат, 1989. 188 с.

Информация об авторах

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: zagorodnyk.lh@bstu.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Сумской Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: pr9nik2011@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чепенко Ангелина Сергеевна, бакалавр кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: pr9nik2011@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С., 2018

^{1,*}Zagorodnyuk L.Kh., ¹Sumskoy D.A., ¹Chepenko A.S.

¹Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov

Russia, 308012, Belgorod, ul. Kostyukova 46

*E-mail: zagorodnyk.lh@bstu.ru

FEATURES OF THE HYDRATATION PROCESSES OF HIGHLY DISPERSED BINDERS

Abstract. The outcomes of studies the features of hydration of highly dispersed binders are presented in the article. The processes of hydration of clinker minerals are accompanied by the seizure of the binder and continue for a long period. The heat release of various portland cements changes greatly depending on mineral composition and fineness of grinding. The heat release is the result of complex physical and chemical processes of interaction between the dispersed binder powder and the dispersed liquid phase. The rate of heat release reflects the total speed and intensity of hydration processes, determined by the change of heat released during the reaction per unit of time. The analysis of the heat release curve of highly dispersed binder shows, for portland cement intense heat release in cement paste at stage 1 is observed at the age of 20 minutes with heat release in the first hour of hydration 13 J/g · h; the greatest heat release by this time for a binder composition is 17 J/g · h, the excess heat is 30 %. For the highly dispersed binder, the heat release value is 10 J/g · h, which is lower by 29 % than of portland cement and by 68% of the binder composition. The results indicate significant features of the hydration processes in the studied systems. It is found that Melment F10 superplasticizer is actively sorbed on particles of mineral additive-waste of expanded perlite production due to their high hydraulic activity and close granulometric compositions of portland cement and highly dispersed binder mineral additive. This allows to manage the structure formation processes and to create composites with the required properties.

Keywords: highly dispersed binders, heat release, waste of perlite sand production, processes of hydration of clinker minerals, active mineral additive.

REFERENCES

1. Sumskey D.A. Thermal insulation solution based on a composite binder. *Vestnik VGUIT*, 2018, vol. 2., no. 2., C. 283–289.
2. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Vishnevskaya Ya.Yu. Highly effective composite binders using a nano-modifier. *Bulletin of the Central Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences*, 2010, 90 p.
3. Zagorodnyuk L.H., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into account the Law of Affinity Structures Construction Materials. *World Applied Sciences Journal*, vol. 24, no. 11, pp. 1496–1502.
4. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Chulkova I.L. The law of affinity of structures in materials science. *Fundamental research*, 2014, no. 3, part 2, pp. 267–271.
5. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Belikov D.A., Shchekina A.Yu., Kuprina A.A. Effective dry mixes for repair and refurbishment. *Construction materials*, 2014, no. 7, pp. 82–85.
6. Zagorodnyuk L.Kh., Lesovik V.S., Shamsurov A.V., Belikov D.A. Composite binders based on organo-mineral modifier for dry repair. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2014, no. 5, pp. 25–31.
7. Zagorodnyuk L.Kh. Lesovik V.S., Belikov D.A. To the problem of designing dry repair mixtures with regard to the affinity of structures. *Bulletin of the Central Regional Branch of the RAACS*, Issue 18. Moscow, 2014, p. 112–119.
8. Zagorodnyuk L.Kh., Lesovik V.S., Gainutdinov R. Specificity of hardening of building solutions based on dry mixes. *Bulletin of the Central regional branch of RAASN*, 2014, pp. 93–98.
9. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Composite materials. *Life Science Journal*, 2014, vol. 11, no. 12, pp. 948–953.
10. Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin. *Research Journal of Applied Sciences*, 2014, no. 9, pp. 816–819.
11. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.A., Popov D.Y. The Restoration Works. *Research journal of applied sciences*, 2014, vol. 9, no. 12, pp. 1100–1105.
12. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.N., Kuprina A.A. The use of multifunctional modifiers. *Research journal of applied sciences*, 2015, vol. 10, no. 12, pp. 931–936.
13. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.N., Prasolova E.O. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Composite Properties. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 19, pp. 40617–40622.
14. Bazhenov Y.M., Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Yerofeyeva I.V., Chernysheva N.V., Sumskey D.A. Concerning the role of mineral additives in composite binder content. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 22649–22661.
15. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Volodchenko A.A., Glagolev E.S., Sumskey D.A., Kaneva E.V. Modern views on the creation of effective composites. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 24868–24879.
16. Shkarin A.V., Zagorodnyuk L.H., Shekina A.Yu., Luginina I.G. Preparation of composite binders in various grinding aggregates. *Bulletin of BSTU. V.G. Shukhov: materials of the Intern. Scientific Practical Conf*, 2012, no. 4, pp. 53–57.
17. Zagorodnyuk L.Kh., Sumy D.A. System – structural approach to the analysis of composite material. *Intellectual construction composites for green building: Sat. report international scientific-practical conf., dedicated. The 70th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation, Corresponding Member of the RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor Valery Stanislavovich Lesovik, Belgorod, March 15-16, 2016. Belgorod: BSTU Publishing House*, 2016, Part 1, pp. 320–327.
18. Sumskey D.A., Sumy D.A., Pavlenko O.A., Dmitriev Yu.A. On the issue of creating effective thermal insulation building materials. *Intelligent building composites for green building: Sat. report international scientific-practical conf., dedicated. The 70th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation, Corresponding Member of the RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor Valery Stanislavovich Lesovik, Belgorod, March 15-16, 2016. Belgorod: BSTU Publishing House*, 2016, Part 3, pp. 125–133.
19. Zagorodnyuk L.Kh., Woodman V.S. Improving the efficiency of production of dry building mixtures: monograph. *Belgorod: Publishing house of BSTU*. 2014, 548 p.
20. Shkarin A.V., Zagorodnyuk L.H., Shchekina A.Yu., Luginina I.G. Preparation of composite binders in various grinding aggregates. *BSTU. V.G. Shukhov: materials of the Intern. Scientific Practical conf*, 2012, no. 9, pp. 89–92.
21. Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A., Kuprina A.A. Creating the Effective Insulation Solutions, Taking into account the Law of the Affinity Structures in Construction Materials. *World Applied Sciences Journal*, 2013, vol. 11, Number 24, pp. 1496–1502.

22. Zagorodnyuk L.Kh., Lesovik V.S., Sumskey D.A. Thermal insulation solutions of reduced density. *Construction Materials and Products*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 40–50.

23. Ushero-Marshak A.V. *Calorimetry of cement and concrete: Selected Works*. Kharkov: Fact. 2002, 180 p.

24. Ratinov V.B., Rosenberg T.I. *Additives in concrete*. 2nd ed., Pererab. and add. M. Stroyizdat, 1989, 188 p.

Information about the author

Zagorodnyuk, Liliya Kh. DSc, Professor. E-mail: zagorodnyk.lh@bstu.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sumskey, Dmitry A. Postgraduate student. E-mail: pr9nik2011@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Chepenko, Angelina S. Master student. E-mail: pr9nik2011@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in September 2018

Дяцццтцрвання:

Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Чепенко А.С. Особенности процессов гидратации высокодисперсных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №12. С. 105–113. DOI: 10.12737/article_5c1c996833c2a4.78589509

For citation:

Zagorodnyuk L.Kh., Sumskey D.A., Chepenko A.S. Features of the hydration processes of highly dispersed binders. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2018, no. 12, pp. 105–113. DOI: 10.12737/article_5c1c996833c2a4.78589509