

УДК 691.33

А. Ф. КОСАЧ, И. Н. КУЗНЕЦОВА, М. А. ДАРУЛИС, Ю. В. БЕРЕЗКИНА

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ОСОБО ЧИСТОГО КВАРЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

В статье представлено применение наноразмерного заполнителя на основе кварцевых отходов в качестве ультрадисперсной добавки в цементном камне и определены его физико-механические свойства. Исследован цементный камень и определено оптимальное содержание массы ультрадисперсных кварцевых отходов к массе цемента в % соотношении 30:70 (эффективное соотношение). Обосновано применение ультрадисперсной добавки в цементном камне для промышленного и гражданского строительства. Представлены физико-механические показатели кварц-цементного камня при сухом способе активации.

Ключевые слова: цементный камень, наноматериалы, ультрадисперсные добавки, кварцевые отходы, ультрадисперсные кварцевые отходы, кварц-цементный камень, коагуляционная структура, прочность при сжатии, теплопроводность.

Введение

Прогресс строительного материаловедения и строительной индустрии возможен только на базе современных наукоемких и высоких технологий. Такие технологии должны обеспечивать высокое качество продукции, ее экологическую безопасность, эффективное использование сырья, экономию ресурсов.

Такие технологии должны обеспечивать высокое качество продукции, ее экологическую безопасность, эффективное использование сырья, экономию ресурсов. Создание высоких технологий возможно только с

использованием последних достижений физики, химии и других фундаментальных наук. Объекты нанотехнологии и наноструктуры занимают промежуточную область между миром отдельных атомов, управляемых квантовой механикой и микромиром. [1]

В создании и использовании наноструктурированных объектов играют роль процессы самоорганизации веществ на атомно-молекулярном уровне, позволяющие создавать уникальные строительные материалы. Это позволяет определить нанотехнологические процессы с физическим и химическим смыслом в отличие от произвольно-эмпирического их определения размерным уровнем частиц. При этом к нано- или ультрадисперсным материалам относят среды или материалы, которые характеризуются настолько малым размером морфологических элементов, что он соизмерим с одной или несколькими фундаментальными физическими величинами этого вещества (изменение периодов кристаллической решетки и др.). По мере того, как размер зерен или частиц становится все меньше и меньше, все большая доля атомов оказывается на границах или свободных поверхностях. Так как доля поверхностных атомов в наноматериалах составляет десятки процентов, ярко проявляются все особенности поверхностных состояний, и разделение свойств на объемные и поверхностные приобретает в какой-то мере условный характер. Развитая поверхность оказывает влияние, как на решеточную, так и на электронную подсистемы. Появляются аномалии поведения электронов, квазичастиц (фононов, плазмонов, магнонов) и других элементарных возбуждений, которые, по сравнению с массивными материалами, влекут за собой изменения физических свойств ультрадисперсных систем.

Искусственная нанотехнология создает наносистемы, как «сверху-вниз», так и «снизу-вверх». Уже сейчас известны явления самоорганизации наноструктурированных объектов, в которых участвуют процессы самоорганизации веществ на атомно-молекулярном уровне, позволяющие

создать уникальные объекты без внешнего влияния. Таким образом, образование таких структурированных объектов не случайны (рис.1). [2]

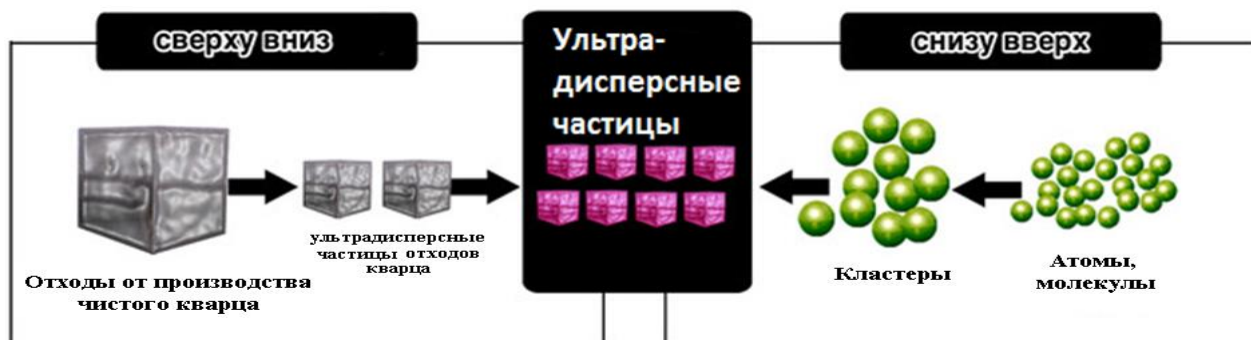


Рис. 1 - Механизм создания наносистем.

Важным является наличие прочного сцепления кварца с новообразованиями. Все это происходит из-за вторичного сцепления зерен кварца, образованными гидратами, перекристаллизовавшимися из пластинок, так как возле этих частиц образуется зона кристаллизованных включений. Поэтому весьма важно, чтобы наполнитель обладал не только большой активностью химического взаимодействия с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и другими продуктами гидратации клинкера, а так же имел поверхность наиболее совместимую со структурой кристаллизующихся гидратов, для которых эта поверхность служит подложкой. Это позволяет определить нанотехнологические процессы с химико-физическим смыслом цементного геля (рис.2). [3]

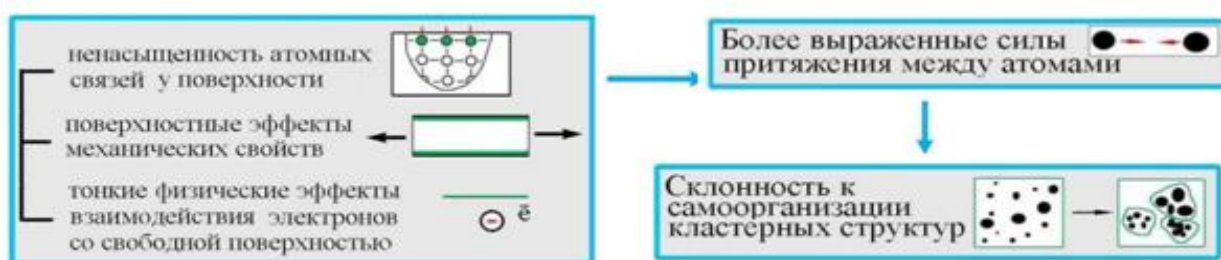


Рис. 2 – Возможная самоорганизация кластерных структур в результате физико-химических контактов коагуляционной структуры цементного геля.

Химико-физические процессы образования продуктов гидратации – это типичные формы нанотехнологических процессов, т.к. они протекают на атомно-молекулярном уровне. Технология «сверху-вниз» основана на уменьшении размеров физических тел или структурных объектов

механическим или другим способом до микроскопических размеров. Технология «снизу-вверх», или механосинтез, заключается в сборке создаваемой конструкции непосредственно из продуктов гидратации, состоящих из элементарных структурных элементов-атомов, молекул, структурных фрагментов биологических клеток и т.п. [9]

Основная часть

В данной работе рассматривается возможность использования кварцевых отходов в качестве ультрадисперсной добавки при производстве бетонов, что является актуальной проблемой в плане решения вопросов экономии цемента и экологии.



Рис. 3 - Наноструктурирование мелкозернистого бетона.

В настоящее время исследуется использование тонкомолотых наполнителей и наночастиц измельченных отходов от производства чистого кварца для обеспечения высокой плотности и прочности наноструктурированного бетона, а именно технология «сверху-вниз». Физическая модель такого бетона представлена на рис. 3. Применение наночастиц в количестве всего 2-3% от общей массы бетона значительно улучшает прочностные характеристики, повышает общую плотность цементного камня и, конечно, способствует улучшению всех свойств бетона.

Весь процесс структурообразования цементного камня в бетоне можно условно разделить на два основных периода. В каждом периоде, в свою очередь, можно выделить две стадии: первый период – подготовительная

стадия и стадия образования структурированной системы (коагуляционной структуры); второй период – стадия образования кристаллического каркаса и его развития (прорастания) и стадия длительного нарастания прочности структуры. При твердении бетона происходит дисперсное взаимодействие коллоидных частиц, от которого зависит, в том числе, плотность структуры и характеристика бетонов после завершения гидратации вяжущих. В свою очередь, силы дисперсионного взаимодействия имеют статическую природу, зависят от дисперсности и поверхностной активности частиц, а напряженность поля при таком взаимодействии в среднем составляет 10 В/м. При этом происходят гигантские резонансные усиления вблизи поверхности частиц.[8]

Основными физическими контактами коагуляционной структуры цементного геля являются: большая доля приповерхностных атомов; ненасыщенность атомных связей у поверхности; поверхностные эффекты механических свойств; тонкие физические эффекты взаимодействия электронов со свободной поверхностью.[7]

Благодаря вышеуказанным процессам происходит облегченность миграции атомов, наблюдаются более выраженные силы притяжения между атомами, что приводит к склонности самоорганизации кластерных структур (Рис. 2). Следовательно, устойчивость физического состояния начальной коагуляционной структуры цементного геля обуславливается взаимодействием составляющих его частиц.[3]

Кристаллизационно-конденсационные структуры представляют собой контакты прямого срастания кристаллов соответствующих гидратов (рис. 4). Эти принципиально новые виды связей придают структуре качественно новые физико-механические свойства. В отличие от коагуляционной, рассматриваемые структуры под влиянием напряжений деформируются и разрушаются необратимо, самопроизвольно не восстанавливаются. Поэтому

механические воздействия (например, вибрирование) на этой стадии с целью совершенствования структуры не только бесполезны, но и вредны.

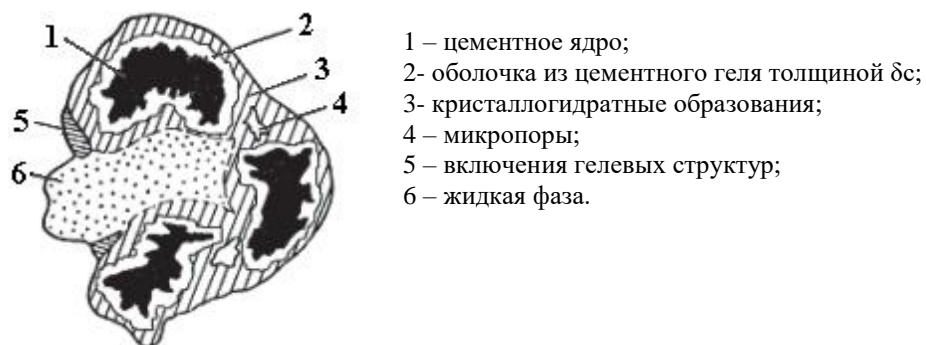


Рис. 4 - Фрагмент кристаллизационно-коагуляционной структуры цементного камня.

Кристаллизационные контакты, образуя своеобразный жесткий каркас, способствуют резкому увеличению прочности материала; вязкопластичное деформирование переходит в упруго хрупкое разрушение. Повышению прочности способствует рост числа контактов прямого срастания, увеличение объёмной концентрации новообразований и плотности геля в пространстве между частицами цемента.

Отличительной особенностью технологии строительных материалов на основе высокодисперсных систем является постоянное присутствие твердой фазы в системе, независимо от присутствия жидкой и газообразной фаз. Твердая фаза является носителем основного свойства строительных материалов – прочности, она участвует в формировании всех трех вышеназванных структур. Частицы твердой фазы являются элементарными «кирпичиками», из которых формируются различные структуры, прочность которых предопределяется, прежде всего, дисперсностью и гранулометрическим составом частиц. Чем меньше размер частиц, тем меньше внутренних дефектов они содержат, и присутствие таких частиц в исходных дисперсных системах является обязательным. В структуре приготовленных исходных дисперсных систем формовочные массы и смеси, различные суспензии и т.д., необходимо различать две составные части: структурный каркас, образованный грубодисперсными частицами, и

межзерновая пустотность, состоящая из тонкодисперсных частиц и продуктов гидратации, расположенных в межзерновом пространстве грубодисперсного каркаса. Следует особо подчеркнуть, что решающую роль имеет регулирование свойств структуры на ранних стадиях её зарождения, а именно в коагуляционный период.

Исключительно важное место в вышеуказанном периоде твердения цементного геля занимает вопрос о природе сил взаимодействия между структурными элементами, способствующими превращению гидрогеля в камневидное тело. Например, в исследовании отмечено, что процесс твердения может происходить вследствие проявления водородных связей, ван-дер-ваальсового взаимодействия или ионного притяжения при наличии неуравновешенных электрических зарядов. Основная роль при этом отводится адсорбированной воде. Исследователи предполагают, что сила водородной связи достаточно велика для придания цементному камню высокой прочности. Данные силы структурной связи могут проявляться в том случае, если частички сближены до расстояний, на которых между ними возникают короткодействующие ненасыщенные поверхностные валентные силы. [4]

Эти гидраты представлены в виде мельчайших частиц – субмикрорекристаллов – с размерами меньше 0,1 мкм; они создают в прослойках между гидратированными зёрнами цемента коллоидную систему – тоберморитовый гель. Между частицами возникают коагуляционные контакты, что и приводит к увеличению объёмной концентрации новообразований и плотности коагуляционной структуры. Особенностью этих контактов является обязательное наличие между частицами тонкой устойчивой прослойки воды (дисперсионной среды).

В результате физических контактов коагуляционной структуры цементного геля происходит облегченность миграции атомов, наблюдаются

более выраженные силы притяжения между атомами, что приводит к склонности самоорганизации кластерных структур. [5]

Основная цель исследования состояла в получении исследования физико-механических свойств цементного камня с заданными характеристиками за счет увеличения химико-физических процессов при снижении дисперсности частиц.

Авторами была выдвинута гипотеза об увеличении плотности цементного камня. При этом, чем выше удельная поверхность микронаполнителя, получаемого из отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата на заводе в г. Нягань, тем он активнее взаимодействует с другими продуктами гидратации с более быстрому протеканию реакций и образованию тонкодисперсных гидратов.

В лаборатории новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов «ИНТА-строй» (г. Омск) проведены исследования. Были изготовлены и испытаны образцы размером 2х2х2см согласно разработанной структурной схемы исследования. (рис 3). Результаты испытаний приведены в таблице № 1.

Для выполнения исследования применялись следующие материалы:

1. Вяжущее вещество – цемент ПЦ-400-Д20.
2. Кварцевые отходы 52% от производства особо чистого кварцевого концентрата, ООО «Полярный кварц». Первичные 24%: Щебень фракции 5-20 мм, высевки от дробления щебня 2,5-5 мм; Вторичные 28%: Отходы магнитной сепарации крупки, пудры и пыли классификатора 3-26 мкм .
3. Вода водопроводная.

Для решения этих задач разработана структурная схема исследования (рис.5) получаемого наноструктурированного цементного геля с использованием различных ультрадисперсных кварцевых отходов: 1 - пыль местных отсосов системы аспирации (3-6 мкм); 2 – отсев классификации

пудры основная (6-7 мкм); 3 – отходы магнитной сепарации крупки (25-26 мкм).



Рис. 5 – Структурная схема исследования.

Для получения высокодисперсных частиц на основе кварцевых отходов использовали центробежную дисковую установку, которая по степени дисперсности при сухом помоле позволяет нам получать ультрадисперсные материалы – 10^2 - 10^3 нм (рис. 6).

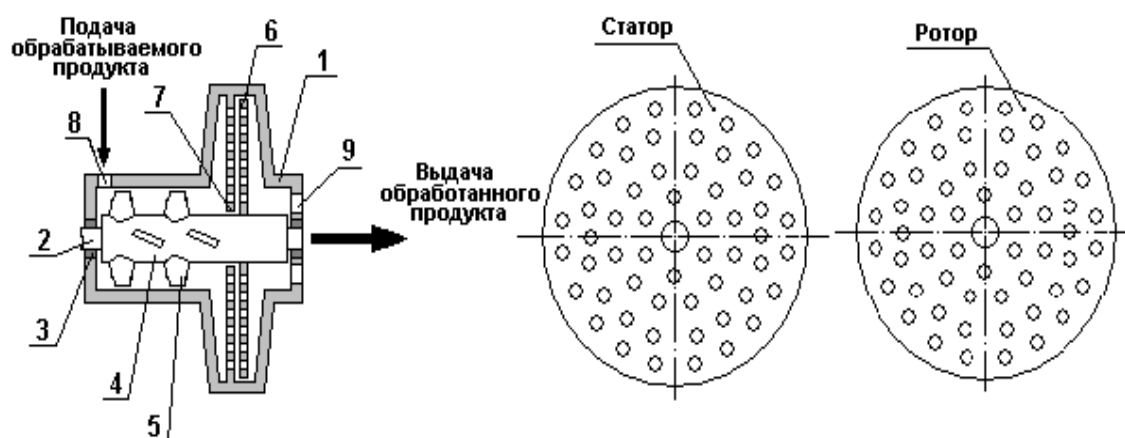
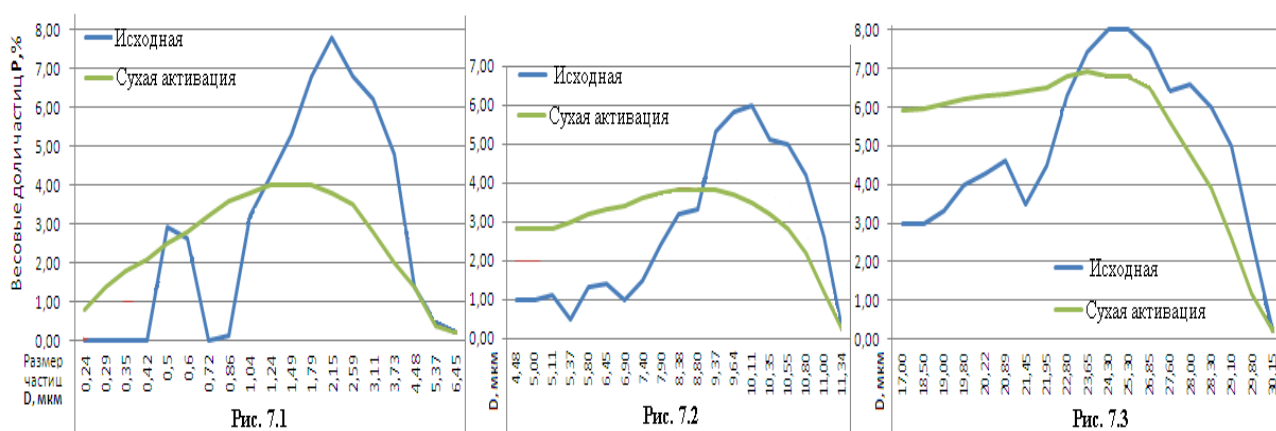


Рис. 6 - Схема центробежной дисковой установки

Центробежная дисковая установка состоит из цилиндрического корпуса 1, в котором установлен вал 4 с лопастями 5, вал закреплен в корпусе с

помощью подшипников 3, закрытых внешними втулками для предотвращения оттока обрабатываемого продукта. Вал 2 соединяется с помощью клиноременной передачи со штоком электродвигателя соответствующей мощности. Непосредственно у окна выдачи готового продукта корпус расширяется, соединяясь с неподвижным решетчатым статором 7 дисковой или цилиндрической формы, на самом валу на небольшом расстоянии (как правило, от 0,5-0,1 мм до 1-2 мм) от статора закреплен решетчатый ротор 6, повторяющий его очертания. Расположение отверстий в статоре и роторе идентично, диаметр отверстий одинаковый.

Весовое распределение размера частиц «Вторичных отходов» кварца до активации и после активации, определяли с помощью лазерного анализатора частиц «MicroSizer 201». Ниже представлено весовое распределение размера частиц отходов от производства чистого кварца пыль местных отсосов системы аспирации (рис 7.1), отсев классификации пудры основная (рис 7.2), отходы магнитной сепарации крупки (рис 7.3).



Весовое распределение размера частиц отходов от производства чистого кварца рис. 7.1 - пыль местных отсосов системы аспирации, рис 7.2 - отсев классификации пудры основная, рис 7.3- отходы магнитной сепарации крупки.

Удельная поверхности и средний размер частиц определялся на приборе ПСХ-12, данные представлены в таблице 1.

Поскольку объем цементного геля V_T соответствует объему пустот между зернами заполнителя в бетонной смеси, можно написать, что $m_{с.б.} = V_T$. Из этого следует, что в отличие от строения зерен щебня (гравия) и песка

в насыпном состоянии их строение в бетонной смеси определяется объемом пустот и удельной поверхностью смеси заполнителей. Толщина пленки δ_c зависит от структуры цементного геля и параметров механического воздействия на бетонную смесь. [5]

По различным литературным данным, толщина пленки δ_c (рис. 4) может меняться в пределах 13-25 мкм. При вибрировании бетонной смеси достигается наиболее плотная упаковка зерен заполнителя, в связи с чем в этом случае можно принять $\delta_c = 13$ мкм. [5]

Удельная поверхность заполнителя определяется размером, формой и шероховатостью составляющих его зерен: чем они мельче и больше шероховатость поверхности, тем значительнее удельная поверхность зерен заполнителя и при прочих равных условиях больше $m_{с.б.}$ [5]

Таблица 1 – Физико-механические показатели испытаний образцов.

№ п/ п	Вид кварцевых отходов (Вторичные)	Технология активации (U_c –удельная поверхность и ср. размер частиц)	Физико-механические показатели	Отношение массы кварцевых отходов к массе цемента в %				
				0:100 Абсол. величина	10:90	20:80	30:70	40:60
					Полученные результаты % от Абсолютной величины			
1	Пыль местных отсосов системы аспирации (рис 8.1)	Без активации $U_c = 8017- 4052$ $см^2/г$ (удельная поверхность) Средний размер частиц 3-6 мкм	Плотность $\rho^{ср}$, $кг/м^3$	$\frac{2397}{100\%}$	$\frac{2435}{102\%}$	$\frac{2451}{102\%}$	$\frac{2470}{103\%}$	$\frac{2491}{104\%}$
			Расчетная пористость, $P_{сo}$, %	$\frac{4,76}{100\%}$	$\frac{4,63}{98\%}$	$\frac{4,45}{94\%}$	$\frac{4,26}{90\%}$	$\frac{4,17}{88\%}$
			Коэффициент теплопроводности $\lambda^{ср}$, $Вт/М*К$	$\frac{0,406}{100\%}$	$\frac{0,396}{97\%}$	$\frac{0,388}{96\%}$	$\frac{0,381}{94\%}$	$\frac{0,377}{93\%}$
			Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	$\frac{64,7}{100\%}$	$\frac{67,9}{105\%}$	$\frac{77,1}{119\%}$	$\frac{82,1}{127\%}$	$\frac{71,9}{111\%}$
		Сухая активация $U_c = 9547- 5579$ $см^2/г$ (удельная поверхность) Средний размер частиц 2-4 мкм	Плотность $\rho^{ср}$, $кг/м^3$	$\frac{2401}{100\%}$	$\frac{2437}{101\%}$	$\frac{2455}{102\%}$	$\frac{2474}{103\%}$	$\frac{2495}{104\%}$
			Расчетная пористость, $P_{сo}$, %	$\frac{4,73}{100\%}$	$\frac{4,61}{97\%}$	$\frac{4,41}{93\%}$	$\frac{4,23}{89\%}$	$\frac{4,15}{88\%}$
			Коэффициент теплопроводности $\lambda^{ср}$, $Вт/М*К$	$\frac{0,405}{100\%}$	$\frac{0,395}{98\%}$	$\frac{0,386}{95\%}$	$\frac{0,379}{94\%}$	$\frac{0,376}{93\%}$
			Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	$\frac{65,1}{100\%}$	$\frac{68,1}{105\%}$	$\frac{77,6}{119\%}$	$\frac{82,6}{127\%}$	$\frac{72,4}{111\%}$
2	Отсев классифика ции пудры основная (рис 8.2)	Без активации $U_c = 3249- 1817$ $см^2/г$ (удельная поверхность) Средний размер частиц 7-11 мкм	Плотность $\rho^{ср}$, $кг/м^3$	$\frac{2387}{100\%}$	$\frac{2426}{101\%}$	$\frac{2443}{102\%}$	$\frac{2461}{103\%}$	$\frac{2481}{104\%}$
			Расчетная пористость, $P_{сo}$, %	$\frac{4,86}{100\%}$	$\frac{4,71}{97\%}$	$\frac{4,55}{94\%}$	$\frac{4,35}{90\%}$	$\frac{4,26}{88\%}$
			Коэффициент теплопроводности $\lambda^{ср}$, $Вт/М*К$	$\frac{0,404}{100\%}$	$\frac{0,394}{98\%}$	$\frac{0,386}{96\%}$	$\frac{0,379}{94\%}$	$\frac{0,375}{93\%}$

3		Сухая активация $U_c = 4815-3321$ $\text{см}^2/\text{г}$ (удельная поверхность) Средний размер частиц 4-7 мкм	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	$\frac{64,1}{100\%}$	$\frac{67,2}{105\%}$	$\frac{76,3}{119\%}$	$\frac{81,4}{127\%}$	$\frac{71,0}{111\%}$
			Плотность $\rho^{ср}$, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\frac{2394}{100\%}$	$\frac{2432}{101\%}$	$\frac{2447}{102\%}$	$\frac{2467}{103\%}$	$\frac{2488}{104\%}$
			Расчетная пористость, $P_{со}$, %	$\frac{4,80}{100\%}$	$\frac{4,66}{97\%}$	$\frac{4,50}{94\%}$	$\frac{4,31}{90\%}$	$\frac{4,21}{88\%}$
			Коэффициент теплопроводности $\lambda^{ср}$, $\text{Вт}/\text{М}\cdot\text{К}$	$\frac{0,402}{100\%}$	$\frac{0,392}{98\%}$	$\frac{0,383}{95\%}$	$\frac{0,376}{94\%}$	$\frac{0,373}{93\%}$
			Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	$\frac{64,7}{100\%}$	$\frac{67,9}{105\%}$	$\frac{77,1}{119\%}$	$\frac{82,1}{127\%}$	$\frac{71,9}{111\%}$
		Без активации $U_c = 858-501$ $\text{см}^2/\text{г}$ (удельная поверхность) Средний размер частиц 25-29 мкм	Плотность $\rho^{ср}$, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\frac{2378}{100\%}$	$\frac{2417}{102\%}$	$\frac{2433}{102\%}$	$\frac{2451}{103\%}$	$\frac{2473}{104\%}$
			Расчетная пористость, $P_{со}$, %	$\frac{4,91}{100\%}$	$\frac{4,75}{97\%}$	$\frac{4,59}{93\%}$	$\frac{4,41}{90\%}$	$\frac{4,3}{88\%}$
			Коэффициент теплопроводности $\lambda^{ср}$, $\text{Вт}/\text{М}\cdot\text{К}$	$\frac{0,401}{100\%}$	$\frac{0,391}{98\%}$	$\frac{0,383}{96\%}$	$\frac{0,374}{93\%}$	$\frac{0,370}{92\%}$
			Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	$\frac{57,4}{100\%}$	$\frac{63,1}{110\%}$	$\frac{71,1}{124\%}$	$\frac{75,3}{131\%}$	$\frac{66,0}{115\%}$
			Сухая активация $U_c = 1951-1575$ $\text{см}^2/\text{г}$ (удельная поверхность) Средний размер частиц 17-20 мкм	Плотность $\rho^{ср}$, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\frac{2385}{100\%}$	$\frac{2423}{102\%}$	$\frac{2439}{102\%}$	$\frac{2459}{103\%}$
	Расчетная пористость, $P_{со}$, %	$\frac{4,85}{100\%}$		$\frac{4,7}{97\%}$	$\frac{4,55}{94\%}$	$\frac{4,37}{90\%}$	$\frac{4,25}{88\%}$	
	Коэффициент теплопроводности $\lambda^{ср}$, $\text{Вт}/\text{М}\cdot\text{К}$	$\frac{0,399}{100\%}$		$\frac{0,389}{97\%}$	$\frac{0,382}{96\%}$	$\frac{0,371}{93\%}$	$\frac{0,369}{92\%}$	
	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	$\frac{57,9}{100\%}$		$\frac{63,6}{110\%}$	$\frac{71,6}{124\%}$	$\frac{75,9}{131\%}$	$\frac{66,4}{115\%}$	
	Отходы магнитной сепарации крупки (рис 8.3)	Плотность $\rho^{ср}$, $\text{кг}/\text{м}^3$		$\frac{2385}{100\%}$	$\frac{2423}{102\%}$	$\frac{2439}{102\%}$	$\frac{2459}{103\%}$	$\frac{2478}{104\%}$
		Расчетная пористость, $P_{со}$, %	$\frac{4,85}{100\%}$	$\frac{4,7}{97\%}$	$\frac{4,55}{94\%}$	$\frac{4,37}{90\%}$	$\frac{4,25}{88\%}$	
		Коэффициент теплопроводности $\lambda^{ср}$, $\text{Вт}/\text{М}\cdot\text{К}$	$\frac{0,399}{100\%}$	$\frac{0,389}{97\%}$	$\frac{0,382}{96\%}$	$\frac{0,371}{93\%}$	$\frac{0,369}{92\%}$	
Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа		$\frac{57,9}{100\%}$	$\frac{63,6}{110\%}$	$\frac{71,6}{124\%}$	$\frac{75,9}{131\%}$	$\frac{66,4}{115\%}$		
Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа		$\frac{57,9}{100\%}$	$\frac{63,6}{110\%}$	$\frac{71,6}{124\%}$	$\frac{75,9}{131\%}$	$\frac{66,4}{115\%}$		

Прочность кварцецементного камня определялась на образцах в количестве 6 шт размеров 2х2х2 см для каждого состава согласно структурной схемы исследования (рис 5).

Физико-механические показатели полученных образцов определялись на приборах: весовое распределение размера частиц определяли с помощью лазерного анализатора частиц «MicroSizer 201»; удельная поверхность и средний размер частиц определены на приборе ПСХ-12; теплопроводность и термическое сопротивление образцов определяли методом стационарного теплового потока прибором ИТП-МГ4 в соответствии с ГОСТ 7076-99; величина предела прочности при сжатии определен на прессе МС – 500; для измерения массы данных образцов-кубиков применяли весы ГОСМЕТР ВЛТЭ-150; предел прочности при сжатии образцов-кубиков из цемента 2х2х2 см определен на прессе ИП-100 в возрасте 28 суток, приготовленных из портландцемента нормальной густоты.

Полученные результаты показывают, что при оптимальном содержании массы кварцевых отходов к массе цемента в % 30:70 (эффективное соотношение) увеличиваются его прочностные характеристики до 28-31 %. Коэффициент теплопроводности уменьшается на 7 %, что является незначительным изменением.

Заключение

Использование отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата на заводе в г. Нягань, с применением предложенной технологии ее активации позволяет улучшить структуру цементного камня за счет заполнения межзерновой пустотности между непрогидратированными зернами цемента, что дает возможность улучшить физико-механические характеристики цементного камня.

Применение наноразмерных частиц (до 30 мкм) позволяет экономить цемент до 40 %.

На основании полученных результатов, по использованию активированных отходов от производства особо чистого кварцевого концентрата в качестве ультрадисперсного кварцецементного вяжущего (30:70) для промышленного и гражданского строительства можно сделать вывод о притоке значительных инвестиций в Ханты-Мансийский автономный округ, что положительно скажется на экономическом, социальном и экологическом положении в округе.

Все это позволит сократить затраты при производстве чистого кварца и понизить себестоимость выпускаемых кварцевых концентратов, повысить конкурентную способность продукции, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду от деятельности предприятия. В виду того, что получаемые отходы от производства требуют утилизации данного продукта, затрат на упаковку, временное хранение, доставку до полигона по утилизации, содержание полигона и затрат на рекультивацию территории, занятых под утилизацию отходов обогащения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Гусев Б. В.* Нанотехнологии в строительстве № 5.2010 / II Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» / II съезд инженеров России 25-26 ноября 2010 г. // Научный интернет журнал Nanobuild.ru URL: http://nanobuild.ru/ru_RU/ (дата обращения 12.01.18г.);
2. *Белов В. В.* Нанотехнологии в строительстве № 5/2010 / II Международная научно-практическая online-конференция «Применение нанотехнологий в строительстве» / II съезд инженеров России 25-26 ноября 2010 г. // Научный интернет журнал Nanobuild.ru URL: http://nanobuild.ru/ru_RU/ (дата обращения 12.01.18г.);
3. *А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, С. В. Данилов, Н. А. Гутарева* Технология и производство ячеистых бетонов на основе отходов кварца // Вестник СибАДИ : Научный рецензируемый журнал. – Омск: ФГБОУ ВПО «СибАДИ». - № 3 (31). 2013.-142. URL: [https:// vestnik.sibadi.org /](https://vestnik.sibadi.org/) (дата обращения 16.01.18г.);
4. *Балоян Б.М., Колмаков А.Г., Алымов М.И., Кротов А.М.* НАНОМАТЕРИАЛЫ. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения. Учебное пособие / Б. М. Балоян, - М.: ГБОУ ВО МО университет Дубна, 2007. – 125 с.
5. *Ахвердов, И. Н.* Основы физики бетона: учебник для вузов / И. Н. Ахвердов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
6. Модифицирование структуры цементного камня микро- и наноразмерными частицами кремнезема (вопросы теории и приложений)/ Е.М. Чернышов, Д.Н. Коротких // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2008. №5. С. 30–32.
7. *Тимашев В.В., Сычева И.И., Никонова Н.С.* Структура самоармированного цементного камня / Тимашев В.В. Избранные труды. Синтез и гидратация вяжущих материалов. М.: Наука, 1986. С.390–400.

8. *Шмитько Е.И., Крылова А.В., Шаталова В.В.* Химия цемента и вяжущих веществ // Проспект науки. – СПб, 2006, 206 с.
9. *Лесовик В.С.* О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» // Строительные материалы, 2006. №28 18-20 с.

Сведения об авторах:

Косач Анатолий Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство», Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», Тюменская область, ХМАО-Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16, тел/факс: (3467) 357-585, e-mail: a_kosach@ugrasu.ru

Кузнецова Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СИБАДИ)», г. Омск, пр. Мира 5.

Березкина Юлия Викторовна, кандидат технических наук, доцент, Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», Тюменская область, ХМАО-Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16.

Дарулис Мария Андреевна, аспирант, Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет», Тюменская область, ХМАО-Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16, тел/факс: (3467) 357-585.

THE EFFECTIVENESS INFLUENCE OF ULTRADISPERSED WASTE FROM PRODUCTION OF A PURE QUIET QUARTZ CONCENTRATE

ON STRUCTURE AND PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CEMENT STONE

The article uses nanosize fillers based on quartz waste as an ultradisperse additive in cement stone and its physical and mechanical properties. The cement stone was studied and the optimum content of ultradispersed quartz waste was determined as the mass of the cement in a ratio of 30:70 (effective ratio). The use of ultradisperse additive in cement stone for industrial and civil construction is substantiated. Physical-mechanical characteristics of quartz-cement stone under dry activation process are presented.

Keywords: cement stone, nanomaterials, ultradispersed additives, quartz waste, ultradisperse quartz waste, quartz-cement stone, coagulation structure, compressive strength, thermal conductivity.

REFERENCES

1. Gusev B. V., Nanotechnologies in construction № 5.2010 / II International scientific and practical onlain-conference "Application of nanotechnologies in construction" / II Congress of Russian Engineers November 25-26, 2010 // Scientific InterNet magazine Nanobuild.ru URL: [http : //nanobuild.ru/ru_RU /](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (circulation date 12.01.18).
2. Belov V. V., Nanotechnologies in construction № 5/2010 / II International scientific and practical onlain-conference "Application of nanotechnologies in construction" / II Congress of Engineers of Russia November 25-26, 2010 // Scientific Interet magazine Nanobuild.ru URL : http://nanobuild.ru/ru_EN/ (date of circulation on 12.01.18).
3. A. F. Kosach, I. N. Kuznetsova, S. V. Danilov, N. A. Gutareva Technology and production of cellular concrete on the basis of quartz waste // Herald of SibADI: Scientific peer-reviewed journal. - Omsk: FBBOU VPO "SibADI". - No. 3 (31). 2013.-142. URL: [https: // vestnik.sibadi.org /](https://vestnik.sibadi.org/) (circulation date 16.01.18);

4. Baloyan B. M., Kolmakov A. G., Alymov M. I., Krotov A. M. NANOMATERIALS. Classification, features of properties, application and technology of production. Textbook / BM Baloyan, - M.: GBOU VO MO Dubna University, 2007. - 125 p.
5. Akhverdov, IN Fundamentals of concrete physics: a textbook for universities / IN Akhverdov. - Moscow: Stroiizdat, 1981. - 464 p.
6. Modification of the cement stone structure by micro- and nanoscale silica particles (theory and applications) / E.M. Chernyshov, D.N. Short // Building materials, equipment and technologies of the XXI century. 2008. No5. Pp. 30-32.
7. Timashev V. V., Sycheva II, Nikonova NS Structure of self-reinforced cement stone / Timashev VV Selected works. Synthesis and hydration of binders. M.: Nauka, 1986. P.390-400.
8. Shmitko E. I., Krylova AV, Shatalova VV Chemistry of cement and binders // Prospect of Science. - St. Petersburg, 2006, 206 p.
9. Lesovik V.S., On the development of the scientific direction "Nanosystems in Building Materials Science" // Building Materials, 2006. №28 18-20 p.