

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА

ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Сборник научных трудов по материалам национальной
Научно-технической конференции с международным участием



Новосибирск 2020

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА



SIBBUILD - СТРОЙСИБ - 2020

ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Сборник научных трудов
по материалам национальной
Научно-технической конференции
с международным участием

НОВОСИБИРСК - 2020

Материалы сборника научных трудов «ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА» сформированы по материалам Национальной научно-технической конференции с международным участием, состоявшейся 18-21 февраля 2020 года в Сибирском государственном университете путей сообщения.

Организаторами данной конференции явились: Новосибирский государственный аграрный университет, Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, Российская Академия естественных наук, Российская Академия проблем качества, научно-технический и производственный журнал «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ».

При подготовке конференции и формировании сборника научных трудов приняли участие более ста научных и производственных работников России, Монголии, Украины, Белоруссии, Кыргызстана, Узбекистана, Казахстана, Германии, Чехии и других стран. Основные вопросы и приведенные результаты исследований направлены на решение всей тематики конференции - комплексное рассмотрение вопросов получения качественных строительных материалов для транспортного и сельскохозяйственного строительства, а также внедрение инновационных разработок и ресурсосберегающих технологий в современном строительном материаловедении для обеспечения эффективности строительно-технологического комплекса. С этих позиций все работы представляют определенный интерес для руководителей и специалистов в области строительства и специальных материалов, а также научных работников, аспирантов и студентов.

Ответственный редактор

академик РАЕН,

д.т.н., профессор Пичугин А.П.

Технический редактор

Онищенко Н.В.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

д.т.н., профессор Лесовик В.С. (Белгород)

д.т.н., профессор Хозин В.Г. (Казань)

ISBN 978-5-965787-482-6

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2020

Корнеева Е.В. БЕСЦЕМЕНТНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	134
Куликова А.А., Демьяненко О.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМОДИФИКАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	142
Кунц К.Л., Ким И.Л. О РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ	148
Лыткина Е.В., Зырянова В.Н. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ	153
Минаев А.П., Пичугин А.П., Смирнова О.Е., Алешкевич М.Г. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГРАНУЛЯЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	156
Мосаков Б.С. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА МОНОЛИТНОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА	160
Непочатов Ю.К., Плетнев П.М., Денисова А.А. ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОСТОЙКИХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК НА КОРУНДОВОЙ ПОДЛОЖКЕ	166
Низина Т.А., Артамонов Д.А., Низин Д.Р., Канаева Н.С., Климентьева Д.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВИДА ЭПОКСИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ И ОТВЕРДИТЕЛЕЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И УПРУГО- ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРОВ	170
Никитенко К.А., Пчельников А.В., Пичугин А.П., Банул В.В., Смирнова О.Е. ЗАЩИТНО-ПРОПИТОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ С УЛУЧШЕННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ЭФФЕКТОМ	177
Овчаренко Г.И., Волобуева А. Ю., Хукаленко М. А. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	183
Пичкурова Н.С. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ШПАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	186
Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Мазгалева А.В., Дзю И.М. ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ	190
Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Денисов А.С., Пименов А.С., Иванов А.А. УПРОЧНЕНИЕ ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЫ КОМПЛЕКСНЫМ МИКРОАРМИРОВАНИЕМ	194
Пичугин А.П., Пчельников А.В., Смирнова О.Е. РОЛЬ НАНОРАЗМЕРНЫХ ДОБАВОК В ПОВЫШЕНИИ СТОЙКОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ	201

БЕСЦЕМЕНТНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ШЛАКОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.В. Корнеева
Новокузнецк, Россия

Создание строительных смесей с использованием механоактивированного промышленного сырья отвечающих потребностям современной инженерной практики, на сегодняшний день актуально в составе масштабной задачи строительной-технологической утилизации техногенных образований.

Изучение методов активации шлака с возможностью разработки составов и технологии получения бесцементных строительных смесей различного функционального назначения на его основе исключительно из техногенных продуктов, приведет не только к ресурсосберегающему, но и к значительному экономическому эффекту.

Статья посвящена исследованию возможности применения промышленных отходов горно-металлургических предприятий Кузбасса в технологии производства бесцементных шлакобетонных смесей общего строительного назначения.

Ключевые слова: строительные смеси, механоактивированные шлаки, матричная структура.

Creation of building mixtures using mechanically activated industrial raw materials meeting the needs of modern engineering practice, relevant today as part of a large-scale building task construction and technological disposal of technogenic formations.

Learning slag activation methods with the possibility of developing compositions and technologies for producing cementless mortar various functional purpose based on it exclusively from man-made products, will lead not only to resource-saving, but also to a significant economic effect.

The article is devoted to the study of the possibility of using industrial waste from mining and metallurgical enterprises of Kuzbass in the technology for the production of cementless slag concrete mixtures for general construction purposes.

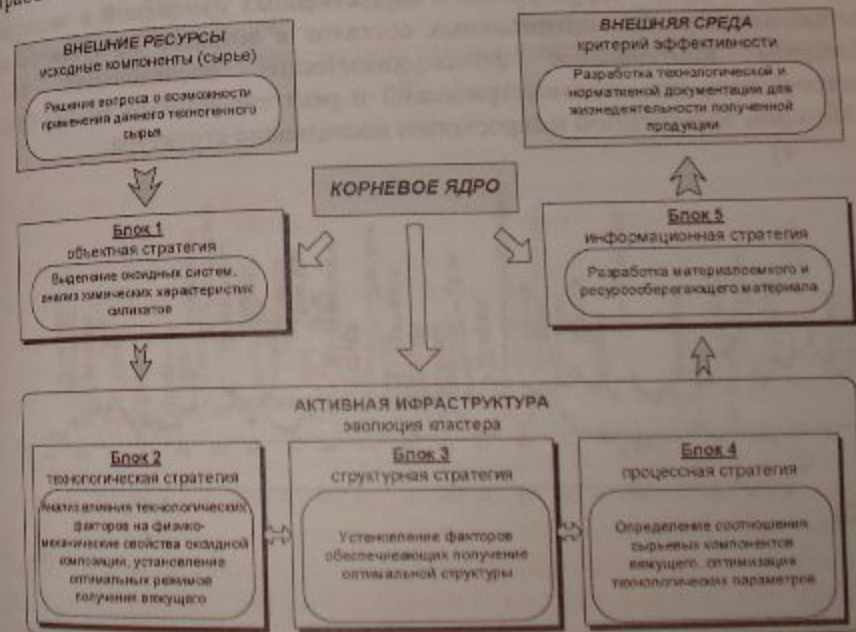
Key words: building mixtures, mechanically activated slag, matrix structure.

По результатам проведенного анализа применения сталеплавиных шлаков в строительном производстве сделан вывод о перспективности их использования для производства бесцементных шлакобетонов, заклад-

ных смесей и тампонажных растворов. Научно обосновать выбор способа управления их структурой и свойствами с учетом вероятного участия элементов системы в процессе структурообразования позволяет авторская методика комплексной оценки техногенного промышленного сырья при разработке составов и процессов изготовления строительных смесей различного функционального назначения (рис.1). Методика освоена и внедрена в работу испытательного центра ООО "ИЦ СММК "Кузбасс" (г. Новокузнецк).

При исследовании основных характеристик трех видов выпускаемых сталеплавиных шлаков (мартеновского ООО «Сталь НК», конверторного и электросталеплавиного ОАО «ЗСМК»), установлена возможность использования их в составе вяжущего и строительных смесей на его основе. Анализ структуры сталеплавиного шлака подтверждает закристаллизованность составляющих его минералов, упорядоченность строения и большую плотность упаковки, для разрушения которой необходимо химическое воздействие путём введения активатора.

В качестве компонентов, активирующих шлак, исследовались отходы угольной промышленности шахты «Абашевская» - горелые породы с терриконика и шламы, полученные нейтрализацией известью электролитов отработанных кислотных аккумуляторов бульдозеров и автотранспорта.



Приготовление шлакобегонного вяжущего осуществлялось путем диспергирования электросталеплавильного шлака в кислотной среде (порода + шлак) с целью инициирования в нем вяжущих свойств (по экспериментам для измельчения шлака использовалось серийно выпускаемое оборудование: дезинтегратор мокрого помола (ГОРИЗОНТ-3000) МК-ВА), планетарная центробежная мельница (АГО-3) и шаровая планетарная мельница непрерывного действия (МП-5).

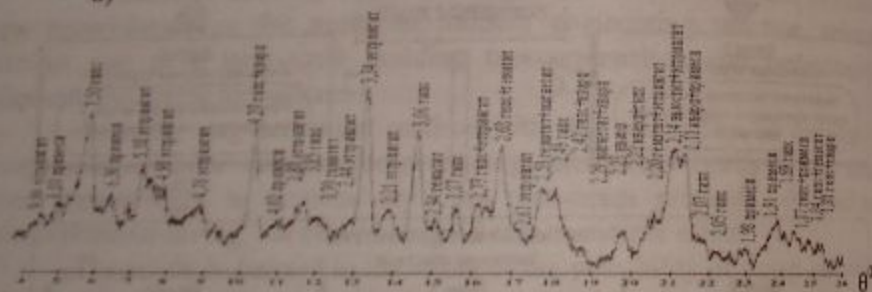
Режимы механохимической активации шлака регулировались в зависимости от его типа и особенностей протекания физико-химических процессов при обработке. Были установлены оптимальные значения удельной поверхности перерабатываемых смесей.

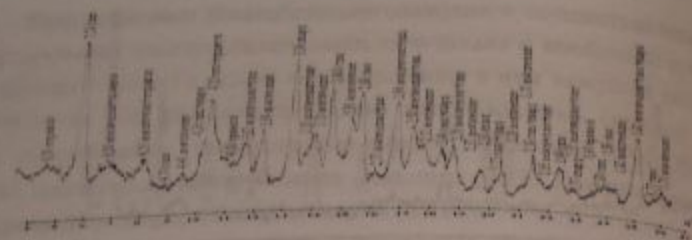
Время помола до удельной поверхности $340 - 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ в барабанной мельнице – 30-35 мин., в планетарной – 8-10 мин. было установлено при исследовании роста прочности и изменения структуры материала.

В результате механохимической активации сталеплавильных шлаков получено бесцементное вяжущее матричной структуры [1] (установлено оптимальное соотношение компонентов, удовлетворительная сходимость расчетных и экспериментальных данных).

Для оценки структурных и вещественных изменений в экспериментальных образцах оптимальных составов в возрасте 28 суток были проведены комплексные физико-химические исследования: ИК-спектроскопия, термогравиметрический и рентгенофазовый анализ (рис. 2). Методом электронной микроскопии исследована структура.

а)





с)

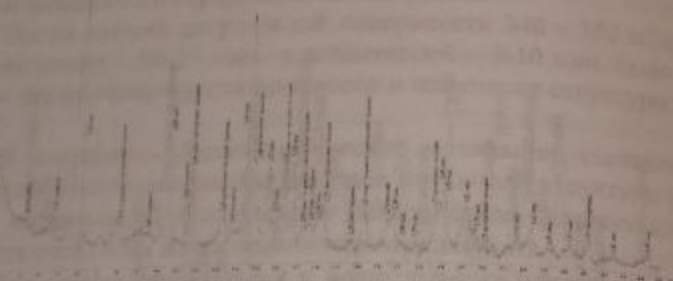


Рисунок 2 - Дифрактограммы вяжущего на основе: мартеновского шлака ООО «Сталь НК» а) немагнитная часть пробы, б) магнитная часть пробы; конверторного шлака окислительного периода плавки ОАО «ЗСМК» в) немагнитная часть пробы, г) магнитная часть пробы; д) конверторного шлака восстановительного периода плавки ОАО «ЗСМК»; е) электростеплавильного шлака ОАО «ЗСМК»

Было установлено, что основными минеральными новообразованиями вяжущего являются: двухводный гипс (гидрат сульфата кальция - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) - (50 - 60%); этtringит (гидросульфат алюмината кальция - $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$) - (~15%); ортосиликат кальция - Ca_2SiO_4 (10-15%).

Также на микроуровне сформировались конгломераты из отдельных зерен различной формы: минералов кварца (SiO_2) - (3 - 5%) и оксида магния - MgO - (~3%).

Фазы гидрата сульфата кальция и этtringита содержат значительное количество кристаллизационной H_2O - (20,91%) и (45,91%) - соответственно. Так как кристаллизационная H_2O удаляется при строго определенных температурах, для определения содержания гидрата сульфата кальция и этtringита в исследуемых образцах использована термография

(потеря веса) Данные термогравиметрического анализа представлены на рисунке 3.

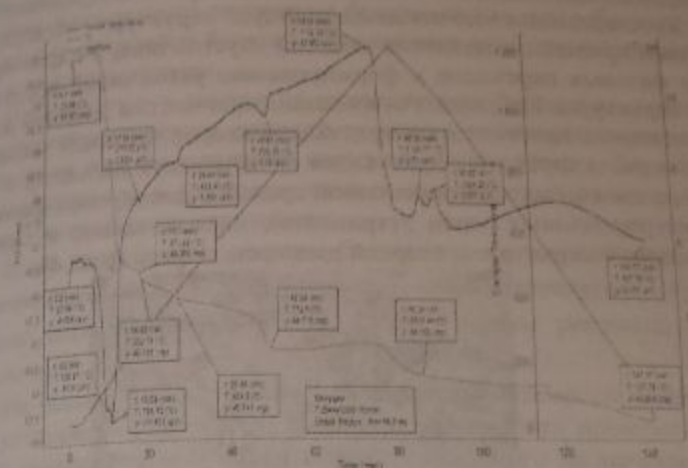


Рисунок 3 - Дериватограмма вяжущего композита

Расчетные значения по данным ДТА составляют: гипс - 44,1%; этtringит - 9,2%. Пересчет химического анализа на минеральный состав по потерям массы при прокаливании (Ппп) дает следующие значения: гипс - 52,6%; этtringит - 8,0%.

Исследованиями установлено, что в результате механоактивации многофазной системы на основе техногенного сырья получен вяжущий композиционный материал матричной структуры, в процессе формирования которой взаимозависимость фаз друг от друга сопровождалась последовательным переходом одних видов структур в другие: коагуляционная → кристаллизационно-конденсационная → кристаллизационная. Особенность их состава изучалась по результатам рентгено-структурного анализа.

С помощью рентгенографических методов было установлено, что образовавшиеся реальные кристаллы составляющие структуру разориентированы, не обладают правильными кристаллографическими гранями. Вследствие диспергирования в них появились отклонения от идеальной формы: возникли точечные дефекты, нарушился порядок упаковки атомных слоев. Дефекты привели к изменению физических свойств кристаллов.

Формирование коагуляционной структуры сопровождается образованием плотной суспензии дисперсионной среды - матрицы, из мелкозернистых масс двуводного гипса, выполняющей роль связующего.

Кристаллизационно-конденсационную структуру образуют частицы разной природы, вследствие чего она неустойчива, и характеризует рядом фазовых переходов к формированию устойчивой кристаллизационной структуры. Наблюдается консолидация частиц твердой дисперсионной фазы (тонких пластинчатых кристаллов кварца и оксида магния длиной до 15 мкм, и трубчатых кристаллов ортосиликата кальция), и частиц межфазного слоя между дисперсионной средой и дисперсионной фазой (мелко структурированных зерен эттрингита), первоначально в виде геля, обволакивающего кристаллы твердой дисперсионной фазы (рис. 4).

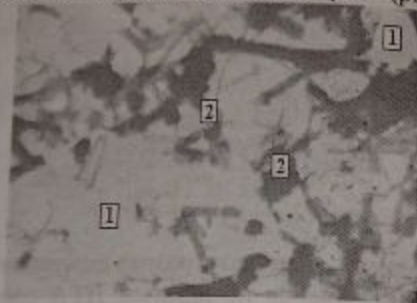


Рисунок 4 – Микрография матричной структуры вяжущего композита в возрасте 28 суток (увеличение 3000^х): 1- матрица (дисперсионная среда); 2 – наполнитель (дисперсионная фаза).

Образование кристаллизационной структуры сопровождается последовательным переплетением пластинчатых и трубчатых кристаллов твердой дисперсионной фазы и срастанием их в сетчатый пространственный каркас, с уплотнением структурной сетки - армирующего компонента композита. Механоактивированные частицы армирующих волокон анизодиаметричны, имеют углы и ребра, что облегчает их слипание.

В результате синергизма, обусловленного возрастанием во времени числа контактов между зернами эттрингита и образованием между ними кристаллизационных перемишек происходит упрочнение межфазного слоя. Гелеобразная система превращается в сплошное кристаллическое тело, и переходит в термодинамически устойчивое состояние.

С использованием шлакобетонного вяжущего был получен бесцементный мелкозернистый шлакобетон матричной структуры [2]. Его испытания по физико-механическим и деформативным характеристикам показали, что он отвечает всем требованиям СНиП и ГОСТов для мелко-

зернистых бетонов и может быть использован для изготовления элементов ограждения в конструкциях жилых домов и промобъектов в сборном и монолитном исполнении. Промышленными испытаниями определена техническая возможность получения бесцементных шлакобетонных изделий (стеновых панелей и блоков), обладающих требуемыми эксплуатационными характеристиками.

Проведенное в заводских условиях апробирование перегородочных внутренних стеновых панелей показало техническую возможность применения их для изготовления широкой номенклатуры сборных конструкций перегородок в крупнопанельных одноэтажных зданиях гражданского и промышленного назначения.

Были разработаны составы бесцементных закладочных смесей и бесцементных тампонажных составов матричной структуры [3,4] и технологические регламенты их производства. Составы рекомендованы для промышленной реализации.

На основе сравнительного расчета себестоимости конечной продукции установлена экономическая целесообразность применения разработанной шлакобетонной смеси общестроительного назначения. Снижение стоимости строительной продукции с ее использованием от 35 до 61%.

Организация производства бесцементных строительных смесей с применением выпускаемых сталеплавильных шлаков является актуальным и перспективным направлением, позволяющим расширить номенклатуру и снизить себестоимость строительной продукции, за счет более полного использования местной минеральной сырьевой базы. Использование сталеплавильного сырья в производстве строительных материалов позволяет расширить сырьевую базу отрасли и способствует решению проблем охраны окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бесцементное вяжущее: пат. № 2542074 Рос. Федерация: МПК Е 21 F 15/00, С 04 В 18/14/ Е.В.Корнеева, Е.В., - № 2014106301/03 заявитель и патентообладатель СибГИУ, заявл. 19.02.14; опубл. 20.02.15, Бюл. № 5.
2. Бетонная смесь: пат. 2377215 Рос. Федерация: МПК Е 21 F 15/00, С 04 В 28/08, С 04 В 11/20, Корнеева Е.В., Павленко С.И.; заявитель и патентообладатель СибГИУ, - № 2008151257/03; заявл. 23.12.08; опубл. 27.12.09, Бюл. № 36.
3. Состав закладочной смеси: пат. 2348814 Рос. Федерация: МПК Е 21 F 15/00, С 04 В 18/14/ Корнеева Е.В., Павленко С.И.; заявитель и патентообладатель СибГИУ, - № 2007133023/03; заявл. 03.09.07; опубл. 10.03.09, Бюл. № 7.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМОДИФИКАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А.Куликова, О.В.Демьяненко
Томск, Россия

Аннотация: В работе представлены результаты исследований по возможности создания комплексной модифицирующей добавки для цементных систем, состоящей из отходов при добычи мрамора (микрокальцит) и наномодификатора, в виде диоксида кремния, полученного плазменным методом. Показано, что введение комплексной добавки, с заменой цемента на 2,5 %, позволяет увеличить прочность на сжатие цементного камня на 25 %, и снизить его водопотребность на 8,2 %.

Ключевые слова: цементный камень, модифицирующие добавки, наномодификаторы, микрокальцит, повышение прочности.

PROSPECTS FOR THE USE OF NANOMODIFIERS IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Abstract: The paper presents the results of studies on the possibility of creating a complex modifying additive for cement systems, consisting of waste from the extraction of marble (microcalcite) and nanomodifier, in the form of silicon dioxide obtained by the plasma method. It is shown that the introduction of a complex additive, with the replacement of cement by 2.5%, allows to increase the compressive strength of cement stone by 25%, and reduce its water demand by 8.2%.

Keywords: cement stone, modifying additives, nanomodifiers, microcalcite, strength improvement.

В последние годы особое внимание уделяется развитию и внедрению нанотехнологий в производство строительных материалов и изделий [1]. Нанотехнология – это область прикладной науки, которая занимается созданием новых инструментов и материалов, обладающих принципиально новыми свойствами, а также изучает процессы формирования структуры и свойства различных веществ на атомно-молекулярном уровне. В настоящее время нанотехнологии в производстве строительных материалов применяются ограниченно, но усиленные исследования и экспериментальные результаты в этом направлении приведут к тому, что в строительстве высокотехнологичные материалы станут основой производства новых эффективных материалов, изделий и конструкций [2-8].

Известно, что свойства формируемого композиционного материала полностью зависят от его параметров и структуры. Основные способы увеличения прочности композиционного материала сводятся к введению в сырьевую смесь различных дисперсных фаз (наполнителей, минеральных добавок) и модифицирующих добавок. На сегодняшний момент разработано большое разнообразие химических добавок, влияющих на процессы гидратации и структурообразования цементных вяжущих.

Оказать существенное влияние на структуру цементных композитов на наноуровне можно несколькими способами. Наномодификаторы можно вводить непосредственно в воду затворения, в состав пластифицирующей добавки или в сухом виде, перемешав с цементом. При введении наночастиц эффективность пластифицирующей добавки возрастает, уменьшается его расход, увеличивается водонепроницаемость и морозостойкость цементных композитов [3, 9].

Тонкодисперсный минеральный компонент выступает в роли микронаполнителя в цементном вяжущем, образуя микрокаркас и создавая микробетонную структуру материала. В цементных композициях тонкомолотые минеральные компоненты могут служить центрами кристаллизации, создавая условия для зонирования новообразований при их кристаллизации. В результате этого достигается соответствующая модификация структуры. Диоксид кремния в настоящее время является самым распространенным наномодификатором. Новый толчок для расширения области применения диоксида кремния обеспечил промышленный выпуск нанодиоксида кремния.

Исследования влияния наномодифицирующих добавок диоксида кремния на свойства цементного камня проводились в работе [11]. Прочность цементного камня в 28 суток твердения возрастает до 50 %, по сравнению с контрольным образцом. С помощью рентгенофазового анализа установлено, что введение наномодификатора в количестве 0,03 % от массы цемента, «активирует» процессы гидратации и структурообразования, за счет более полного гидратирования портландита и образования новых низкоосновных гидросиликатов кальция.

В работе [12] исследовалось влияние наноразмерного диоксида кремния, полученного плазменным методом, оптимальным соотношением принято считать 0,03 % от массы цемента, прочность при этом повышается на 69 %.

Традиционно в качестве вяжущих материалов используются цементы, известняки и глины различных видов и марок. Вместе с тем огромное количество местного сырья и побочных продуктов различных отраслей промышленности в большинстве регионов страны используется крайне недостаточно.