

НАУКА И ПРОИЗВОДСТВО

Разработка высокотехнологичных линий с использованием минерального

На современном этапе экономического развития Республики Казахстан к числу наиболее важных вопросов, определяющих ускорение научно-технического прогресса и индустриально-инновационного развития в промышленности строительных и силикатных материалов, относятся снижение материало- и энергоемкости, повышение качества существующих и разработка новых более эффективных специальных цементов, керамических, огнеупорных, стекло- и стеклокристаллических композиционных материалов, интенсификация технологических процессов, широкое применение промышленных отходов.



Бакытжан САРСЕНБАЕВ,
д.т.н., профессор, академик НАН,
зав. НИЛ «Строительные материалы,
строительство и архитектура»
при ЮКУ им. М.Ауэзова

Для выполнения государственной программы жилищного строительства требуется создание инновационных технологий и действующих усовершенствованных производств по переработке природного минерального и техногенного сырья – отходов промышленности. Среди них значительное место занимают шлаки, «хвосты», золы, накопление которых создает значительные трудности, связанные с их хранением, и неблагоприятные экологические условия для окружающей среды.

Побочные продукты промышленности отличаются от природного сырья по химико-минералогическому и гранулометрическому составу, структуре, физическому состоянию. Поэтому вовлечение в производство строительных материалов техногенного сырья требует разработки новых инновационных технологий и изучения свойств полученной продукции, соответствующей требованиям ГОСТ. Строительные материалы, изготовленные на основе побочных продуктов промышленности, имеют высокие физико-механические и

эксплуатационные свойства.

Исследования ученых ближнего и дальнего зарубежья и РК показали высокую экономическую эффективность использования техногенного сырья для изготовления композиционных материалов, специальных цементов, вяжущих различного назначения, керамических и стеклокристаллических материалов.

В настоящее время обеспеченность строительными материалами, конструкциями и изделиями стройиндустрии Казахстана составляет 43%, что не в полной мере удовлетворяет потребности строительства.

Результаты исследований, представленные в статье, получены при выполнении государственного НИР, хозяйственных работ и финансируемых грантовых проектов МОН РК.

Республика Казахстан располагает миллионами тонн доменных, электротермофосфорных и других шлаков, которые могли бы стать сырьем для производства высокопрочных безобжиговых шлакощелочных вяжущих и заменить десятки миллионов тонн портландцемента.

С 80-х годов прошлого века по настоящее время выпуск безобжиговых шлакощелочных вяжущих был осуществлен на целом ряде заводов России и Украины. На их основе были получены самые различные бетонные изделия: стеновые панели, армированные и преднапряженные конструкции оросительных систем и гидротехнических сооружений, стеновые и фундаментные блоки, панели покрытий и перекрытий, полы промышленных и сельскохозяйственных зданий и др. Были получены также различные дорожные изделия: бортовой камень, тротуарные, дорожные и аэродромные плиты. Имеется опыт использования безобжиговых шлакощелочных бетонов для устройства оснований и покрытий автодорог. При эксплуатации безобжиговых шлакощелочных бетонов с течением времени наблюдается повышение прочности, морозостойкости и водопроницаемости.

В НИЛ «Строительные материалы, строительство и архитектура» при ЮКУ им. М.Ауэзова разработана технология производства безобжиговых шлакощелочных вяжущих и бетонов на их основе.

Безобжиговые шлакощелочные цементы состоят из молотого до удельной поверхности 300...350 м²/кг электротермофосфорного шлака и щелочного компонента, в качестве которого используют гидраты, а также соли щелочных и щелочноземельных металлов.

Эти цементы по своим физико-механическим и эксплуатационным характеристикам превосходят портландцемент и другие виды вяжущих. Марка безобжигового цемента, как правило, находится в широких пределах, достигая М1400, тогда как у портландцемента не превышает М400...500.

В период с 2008 г. по 2009 г. в Республике Казахстан произведена реконструкция цеха дробильно-размольной фабрики «Чулактау» г. Каратау Жамбылской области, ТОО «Казфосфат» и ТОО «САС-Тобе технолджис» Южно-Казахстанской области п. Састобе на производство безобжиговых щелочных вяжущих на основе гранулированного электротермофосфорного шлака Ново-Джамбульского фосфорного завода.

Выпуск опытно-промышленной партии безобжигового щелочного вяжущего в цехах ДРФ «Чулактау» и ТОО «САС-тобе технолджис» осуществлен путем совместного помола щелочного компонента, электротермофосфорного шлака, комплексных добавок.

В качестве комплексных добавок, позволяющих направленно регулировать структуру бетона на шлакощелочном вяжущем, использовались портландцементный клинкер, сталеплавильный шлак, сода кальцинированная техническая ГОСТ 5100-85Е. Принятые добавки ускоряют катионно-обменные процессы в вяжущей системе и повышают ее гидратационную активность.

Результаты физико-механических испытаний образцов, изготовленных из опытно-промышленной партии, показали следующие прочностные характеристики в возрасте 28 суток: прочность на сжатие составила 40,1 МПа, а на изгиб 5,4 МПа.

А также выпуск опытно-промышленных партий изделий и конструкций из безобжиговых шлакощелочных вяжущих на основе гранулированного электротермофосфорного шлака был осуществлен на заводах ТОО «Гимарат-Тараз» и «Жамбыл химстрой» г. Тараз, испытательный центр ТОО «Темирбетон» г. Талдыкорган и ТОО «Актау цемент» г. Актау.

Результаты физико-механических испытаний выпущенных изделий показали марки: камень бортовой БР 100.30.15, М450, кольца канализационные КЦ 10.0.9, М300, перемычки 2ПБ16-2, М350, фундаменты ФБС 24.4.6т, М200.

Испытания образцов бетона на морозостойкость испытательной лаборатории филиала «Южный-3» АО «Стекольная компания «САФ» показали марку по морозостойкости от F50 до F100.

Сотрудниками института разработаны и внедрены в производство: стандарт организации «Цементы Каратау» на основе шлака электротермофосфорного гранулированного, технические условия СТ ТОО 390838120427-001-2009 (вводятся впервые), стандарт организации «Цемент сульфатостойкий малоклинкерный с добавкой щелочи» СТ ТОО 40066405-01-2009 (вводятся впервые), временный технологический регламент на производство опытной партии (100,0 тыс.т) «Цемент Каратау» на основе гранулированного электротермофосфорного шлака НДФЗ в условиях дробильно-размольной фабрики ГПЦ ГПК «Чулактау» г. Шымкент, 2009 г.

В настоящее время нами разработаны малоклинкерные тонкомолотые цементы на основе техногенных отходов Республики Казахстан.

Малоклинкерные тонкомолотые цементы (МКТМЦ) получают при тонком измельчении портландцемента с минеральными добавками (песок, шлак) или без них и специальными органическими добавками – пластифицирующими веществами специального строения – суперпластификаторами.

В результате исследования получены малоклинкерные тонкомолотые цементы с активностью по прочности на 28 суток на основе электротермофосфорных шлаков на изгиб 6,2 МПа, на сжатие 64 МПа, а на до-

менных шлаках на изгиб 7,2 МПа, на сжатие 87,4 МПа.

Таким образом, марки малоклинкерных тонкомолотых цементов на основе электротермофосфорных и доменных шлаков находятся в пределах 600-800 и отвечают современным требованиям. Утилизация промышленных отходов положительно влияет на экологическую обстановку и позволяет снизить себестоимость конечного продукта.

В зависимости от содержания добавки новое вяжущее вещество делится на МК-ТМЦ-100, МКТМЦ-50, МКТМЦ-30 (цифры означают процентное содержание портландцемента в составе вяжущего).

Применение малоклинкерных тонкомолотых цементов обеспечивает:

- снижение покупной цены цемента на 30%;
- экономию клинкера от 20 до 70%;
- экономию приведенных энергозатрат до 40%;
- экономию капитальных затрат на одну тонну до 50%;
- получение бетонов марки М1000-1200, прочностью при сжатии более 100-120 МПа, так как марки существующих портландцементов не превышают 50-60 МПа.

Технология производства эффективных керамических камней в соответствии ГОСТа 530-2007 из глинистого сырья Южного Казахстана.

В лаборатории НИИ «СМС и. А» при ЮКУ им. М.Ауэзова проведены комплексные исследования по использованию различного глинистого сырья в совокупности с тугоплавкими глинами Ленгерского месторождения, позволяющие получить керамический кирпич с высокими физико-механическими показателями (R_{сж} от 15 до 50 МПа и выше, Мрз 25-50 циклов) и в целом отвечающим требованиям ГОСТа «Кирпич и камни, керамические лицевого». Организация производства изделий высокого качества, на наш взгляд, может базироваться вблизи месторождения тугоплавких глин или алюмосиликатных сланцев, поскольку остальные компоненты могут варьироваться в широком диапазоне и являются легкодоступными. При производстве лицевого кирпича основное требование предъявляется к внешнему виду, правильности геометрических размеров изделий, в этой связи при выборе технологии предпочтение должно быть отдано полусухому формованию. Этот метод требует тщательной подготовки сырьевых материалов, но после формования обеспечивает исключительные геометрические размеры и не требует энергоемкого процесса сушки, поскольку формование осуществляется при влажности 6-8%. Изделия получают после формовки прочными, позволяющими осуществлять транспортировку, штабелевание, салку без нарушения геометрических размеров.

Предлагаемая технология позволяет получить кирпич, имеющий прочностные характеристики в широком диапазоне от 10 до 50 МПа в зависимости от используемого сырья. Такой диапазон прочностных характеристик целиком зависит от потребителя.

При изготовлении лицевого кирпича с

производства строительных материалов и техногенного сырья Казахстана

прочностью 15-20 МПа и выше будет использоваться другой состав, и себестоимость его будет иной. Предлагаемая технология, включающая тщательную подготовку сырья, позволяет изготавливать различные изделия, например, черепицу, плитку, тротуарную плитку и т.д.

В НИИ «СМС и А» разработана технология производства качественного лицевого кирпича с использованием лессового сырья, тугоплавкой глины и алюмосиликатного отощителя.

Проведенные укрупненные испытания на натуральных образцах имеют следующие значения:

Размер стандартной ГОСТ 530-2007.

Прочность на сжатие – 15-30 МПа,

на изгиб – 5-6,76 МПа.

Морозостойкость более – 35 циклов.

Плотность с учетом пустотности – 1450-2200 кг/м³.

Технологическая схема включает основные технологические приемы, связанные с измельчением исходных сырьевых компонентов. Следует учитывать физико-механическое состояние используемого сырья. Плотные породы проходят ступенчатое измельчение в щековой, затем конусной дробилке и после этого измельчаются в молотковой дробилке до определенного зернового состава.

Пластичная глина после предварительного измельчения распускается до шликерного состояния W-55+ 60% влажности и дозируется путем подачи в двухвалный пакостный смеситель. Сырьевые компоненты, увлажненные шликером, пропускают через смеситель с протирачной решеткой, который обеспечивает грануляцию и в виде валочек хранятся на промежуточном складе 24-72 часа. Наличие промежуточного склада обеспечивает усреднение влажности и гомогенизацию компонентов, что в дальнейшем положительно влияет на процесс формирования. После вынашивания сырьевые компоненты попадают в сушильный барабан для удаления избыточной влаги, и при влажности 6-8% сырьевые компоненты подаются в стержневой смеситель, где дополнительно измельчаются, уплотняются и переходят в состояние пресспорошка. Полученный пресспорошок рассеивается на грохоте и поступает в бункера заноса. В бункерах пресспорошок вылеживается и далее подается в бункер над прессом для осуществления дозирования и прессования. Прессование осуществляют при удельном давлении 25-27 МПа. Отформованные изделия штабелюют в пакеты и далее подают на обжиг в печь.

Производство синтетического волластонита на основе кальцийсиликатных отходов промышленности.

В последние десятилетия на мировом рынке минерального сырья наблюдается динамический рост потребления волластонита – минерала многофункционального действия. Получения синтетического волластонита является актуальной задачей современности. Для синтеза волластонита применяют как природные минеральные ресурсы, так и отходы промышленности. Одним из источников такого сырья в южных

районах Казахстана являются гранулированные электротермофосфорные шлаки.

После ознакомления 16.01.2009 г. в Астане с выставкой инновационных разработок ЮКУ им. М.Ауэзова Президент РК Н.Назарбаев отметил технологию получения синтетического волластонита на основе электротермофосфорных шлаков как один из прорывных проектов в Казахстане и рекомендовал к реализации («Казахстанская правда», №3, от 07.01.2009 года).

Поскольку запасы природного волластонита в мире ограничены, в странах Европы в течение довольно длительного времени производится его синтетический аналог. По свойствам искусственный волластонит практически даже превосходит его, при этом цена синтетического в 2-3 раза дешевле волластонитового концентрата из природных руд.

Синтетический волластонит, отличающийся высокой степенью дисперсности, однородностью по составу и низким содержанием примесей, находит более широкое применение.

Объектами исследований в наших экспериментах являлась оптимизация составов и технологических параметров получения синтетического волластонита на основе фосфорного шлака НДФЗ и композиции фосфорного шлака НДФЗ и доменного шлака ТМЗ с использованием корректирующей кремнеземистой (кварцевый песок) и отбеливающей (ZnO или Na₂SO₄-технический) добавок.

За технологическую основу в работе принята керамическая технология спекания смесей, включающая сухое совместное измельчение (помол) компонентов с последующей грануляцией порошковой смеси при увлажнении путем окатывания и термическую обработку гранул (окатышей) из смеси компонентов.

Основная идея при получении синтетического волластонита заключается в учете температурной области устойчивого образования β-волластонита или влияния корректирующей добавки. Эти факторы обеспечивают синтез игольчатого волластонита и стеклофазы, последняя в процессе дальнейшей термообработки приводит к дополнительной кристаллизации волластонита.

С изучением процессов минералообразования в фосфорношлаковых и доменно-фосфорношлаковых шихтах с применением современных методов исследования (ДТА, РФА, ЭМ и физико-химического анализа) разработан ряд синтетического волластонита (марки ЩСЦ, ШПЦ-9, ШПНС-11, №157 и №158), отвечающих требованиям ТУ на волластонитовый концентрат.

Технология получения синтетического волластонита на основе фосфорных и доменных шлаков прошла опытно-промышленную апробацию в производственных условиях Ново-Джамбульского фосфорного завода (НДФЗ, г. Тараз).

Характеристика продукта:

– выход волластонита – 86-90%;

– длина иглол волластонита – 45-80мк;

– коэффициент белизны – 90-94%.

Технология не имеет аналогов в СНГ

и РК. Преимуществом продукта является экономическая выгода (в 3-4 раза дешевле), экологический эффект от переработки техногенных отходов шлака, возможность реализации в гранулированном и порошкообразном виде.

Синтетический волластонит используется в цементной, асбестоцементной, лакокрасочной промышленности, в производстве строительного кирпича и теплоизоляционных материалов и в производстве пластмасс, как наполнитель для повышения качества продукции.

Создание производства синтетического волластонита может обеспечить силикатную промышленность и строительную индустрию РК импортозамещающим микроармирующим наполнителем для повышения эксплуатационных свойств материалов, создание дополнительных рабочих мест, возможностью создания наноматериалов на основе комплексной переработки отходов фосфорного производства, повышение марок цемента и бетонов с минимальными затратами.

В перспективе РК может стать лидером по поставке на мировой рынок дешевого игольчатого волластонита, потребность в котором (750 000 тонн/год) удовлетворяется в настоящее время на 40-45%.

Для условий Южного Казахстана производство магнезального и сульфатно-магнезального вяжущего и композиций на его основе является особо актуальным, так как имеются большие запасы природного и техногенного сырья.

Исследования, направленные на создание композиционных строительных материалов на основе магнезальных вяжущих, предназначенных для защиты от радиации, в течение продолжительного времени проводятся в НИИ «СМСиА» ЮКУ им. М.Ауэзова.

Одним из перспективных путей создания недорогих материалов с высокими эксплуатационными и защитными свойствами является использование магнезального вяжущего, в качестве заполнителя отходов обогащения полиметаллических руд.

Для проведения исследований был выбран доломит Кара-Тауского месторождения. Доломит дробится в щековой дробилке до размеров щебня 25-30 мм, максимальный размер кусков щебня не превышает 40 мм. Обжиг доломита производился в электрической муфельной печи марки СНОЛ 12/12 при температуре 800 °С с выдержкой 1 час. Скорость нагрева печи 8-10 град/мин. Полученный продукт подвергали помолу в лабораторной шаровой мельнице до остатка на сите 008 не более 15%. В результате измельчения обожженного продукта получили вяжущее вещество – каустический доломит. Обожженный при 800 °С доломит подвергался рентгенофазовому анализу.

Результаты физико-механических испытаний образцов в возрасте 3, 7, 28 суток показали высокие значения предела прочности при изгибе (R_{изг}=9,3-14 МПа) и сжатии (R_{сж}=73-100 МПа). Образцы, полученные на основе магнезального вяжущего (цемента Сореля), обладают высокими прочностными характеристиками, прибли-

жающимися по своим значениям к природным материалам. В отличие от природных материалов магнезальный цемент имеет аномально высокие показатели прочности на изгиб (до 14 МПа), что связано с особенностями затвердевшего каустического доломита, в котором присутствуют кристаллизующиеся в виде волокон оксигидрохлориды магния 3MgO·MgCl₂·11H₂O, 5MgO·MgCl₂·13H₂O. Волокнистые кристаллы не только повышают прочность цемента, но и действуют как армирующий материал.

С целью повышения линейного коэффициента ослабления в цемент Сореля вводилась барийсодержащая добавка – отходы обогащения полиметаллических руд АО «Ачполиметалл» в количестве от 30 до 70%. Отходы обогащения полиметаллических руд – доломито-бариевые «хвосты» – представляют собой тонкоизмельченный продукт, не требующий дополнительного помола перед использованием.

Для определения радиационно-защитных свойств композиционных вяжущих на основе цемента Сореля изготавливались образцы-диски (диаметр – 5,0 см, толщина образца 0,23-0,28 см). Средством измерения служили дозиметр – радиометр ДКС – 96-05-01 (блок детектирования БДКС-966. Источник излучения 226Ra (энергия гамма – квантов 0,188 МэВ).

Результаты исследования показали, что введение барийсодержащей добавки – отходов обогащения полиметаллических руд в цемент Сореля в количестве от 30 до 70% – способствует повышению эффективности защиты от гамма и рентгеновского излучения.

Установлено, что вводимые добавки также повышают прочностные характеристики магнезального вяжущего (с 55 до 61-67 МПа) и коэффициент водостойкости (с 0,6 до 0,8-0,92), что расширяет область его применения.

Такие материалы могут использоваться для проведения аварийных работ на объектах атомной энергетики, возведения ограждающих конструкций бункеров и хранилищ радиоактивных отходов, а также для заделки стыков и трещин в строительных конструкциях, оштукатуривание поверхности стен и потолков рентгеновских кабинетов и кабинетов радиационной терапии, лаборатории радиационной дефектоскопии и других помещений, в которых эксплуатируются источники ионизирующих излучений.

Считаем, что конкуренция заставит предпринимателей обратиться к отечественной науке, способной предложить инновационные технологии по выпуску прогрессивных видов строительных материалов, создать предприятия по производству безобжиговых шлакощелочных вяжущих, малоклинкерных тонкомолотых цемента, керамических изделий высокого качества и синтетического волластонита, магнезального вяжущего.

Коммерциализация инновационных технологий позволит организовать выпуск и применение в строительстве экологически чистых, прогрессивных, отечественных строительных материалов.