

повышения прочности, долговечности, снижения гигроскопичности, усадки и деформаций, теплопроводности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Мечай, А.А. Формирование состава и структуры продуктов гидратационного твердения в присутствии сульфоминеральных добавок / А.А. Мечай, Е.И. Барановская // Цемент и его применение. – 2010. – № 5. – С. 128-133.

2 Козлова, В.К. Состав алюминатно-алюмоферритных фаз и их продукты гидратации в различных цементах и смешанных вяжущих: монография / В.К. Козлова, Ю.В. Карпова, А.М. Манюха. – Барнаул: Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, 2008. – 302 с.

УДК 666.852

М.И. Кузьменков, проф., д-р техн. наук; Е.В. Марчик, канд. техн. наук;
О.В. Беланович, магистрант (БГТУ, Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ВОДОСТОЙКОСТИ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ЦЕМЕНТА

Резкое повышение стоимости углеводородного природного топлива явилось побудительной мотивацией для интенсификации исследований, направленных на изыскание альтернативных минеральных вяжущих. Приоритет в выпуске строительных материалов, в том числе и вяжущих веществ, сегодня принадлежит таким из них, в производстве которых значительно сокращается материалоемкость, энергоёмкость и трудоемкость на единицу продукции. Поэтому необходима разработка новых видов материалов, которые могут производиться на базе местного сырья, отходов других отраслей промышленности и в то же время могут быть достаточно эффективным местным строительным материалом. К подобным производствам следует отнести производство магнезиальных вяжущих веществ.

Основным сырьем для производства магнезиальных вяжущих служит природный магнезит, который используется для производства огнеупоров. В связи с этим в последние годы резко повышается интерес к разработке технологий получения магнезиальных вяжущих на базе дешевого магнийсодержащего сырья, а именно, доломита.

В Республике Беларусь имеется крупное месторождение доломита, расположенное в Витебской обл. г.п. Руба (запасы более 900 млн. т), поэтому разработка и внедрение технологии получения вяжущего на основе достаточно недорогого сырья (доломит) является актуальной задачей.

так как температура обжига доломита для получения магнезиального цемента составляет 690-830°C, что существенно ниже, чем для порландцемента (1450-1470°C); более быстрый темп твердения, обладает способностью к армированию и наполнению древесиной, стеклоблоком. Кроме того, для этого вяжущего показателна высокая огнестойкость, низкая теплопроводность, высокое сопротивление истиранию. Магнезиальный цемент является упругим, легковесным материалом, который не поддается действию смазочных веществ, нефтепродуктов красок, органических растворителей, щелочей и солей [1]. Однако основной недостаток каустического доломита и других магнезиальных вяжущих воздушного твердения – низкая водостойкость.

Анализ литературных данных показывает, что задача повышения водостойкости магнезиального вяжущего в настоящее время решается следующими путями: образованием водонерастворимых комплексов; защитой фаз затвердевшего камня пленкой органических соединений; введением различных модифицирующих добавок; применением новых видов затворителей, образующих не растворимые в воде продукты гидратации. Наибольшее распространение получило введение модифицирующих добавок.

Из литературных данных известно влияние различных модифицирующих добавок на свойства магнезиального вяжущего на основе каустического доломита и раствора хлорида магния. Сведений по исследованию влияния добавок на свойства магнезиального вяжущего на основе раствора сульфата магния в литературе практически нет.

Наибольшее распространение в качестве добавок, увеличивающих водостойкость магнезиального цемента, получили железо-, кремнеземсодержащие, карбонатные. Причем, выбор добавок осуществлялся с точки зрения максимального использования местного сырья, побочных продуктов и отходов производств.

Для проведения исследований использовали доломит, полученный обжигом в электрической муфельной печи при температуре 830 ± 10°C в течение 30 ± 5 мин, который затем подвергали помолу в вибрационной мельнице.

В качестве затворителя использовали раствор сульфата магния плотностью 1,28 ± 10 г/см³ согласно ТУ ВУ 100354659.071-2008. Для проведения испытаний изготавливались образцы-кубики размером 20x20x20 мм, которые выдерживали в формах в течение 24 ч, после чего проводили распалубку. На 7 сут твердения часть образцов погружалась в воду для дальнейшего набора прочности, а остальные твердели на воздухе. Испытания прочности на сжатие проводили после в 14 суточном возрасте.

На первом этапе работы было исследовано влияние железосодержащих добавок на водостойкость магнезиального цемента, в качестве которых применяли пиритные огарки, железную окалину, пыль БМЗ, железистый кек. Добавки вводили в количестве 0,5-15%. Наилучшие результаты получены при использовании пиритных огарков в количестве 15%. При этом коэффициент водостойкости повышается с 0,46 до 0,7. Причем, с использованием добавки увеличивается прочность на сжатие в воздушно-сухих условиях на 19%, что превышает прочность магнезиального цемента без добавок. Добавка железистого кека в количестве 5% незначительно увеличивает водостойкость с 0,46 до 0,6, однако снижает прочность на сжатие в воздушно-сухих условиях. Железная окалина практически не оказывает влияния на водостойкость цемента.

Рентгенофазовый анализ оптимального состава магнезиального цемента, модифицированного железосодержащими добавками, показал наличие в его составе кроме дигидрата сульфата кальция и тригидроокисульфата магния новых образований, таких как ферридокринит ($\text{FeO}(\text{OH})$), оксигидроферрит магния ($\text{Mg}_7\text{Fe}_4\text{O}_{13} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), обладающих меньшей растворимостью в воде, что согласуется с литературными данными [2].

Имеются многочисленные исследования по введению в качестве модифицирующих добавок природных силикатов, а также кремнеземсодержащих добавок. В основу этих разработок положены предположения о том, что образующиеся оксигидросульфатные (оксигидрохлоридные) фазы магнезиального камня могут химически взаимодействовать с поверхностью силикатных и кремнеземсодержащих частиц, и образованные продукты гидратации, срастаясь с оксигидросульфатами (хлоридами), будут способствовать уплотнению магнезиального камня [3]. В качестве кремнеземсодержащих добавок использовали кварцевый песок, бой керамического кирпича, гранитный отсев, отсев строительного песка. Наилучшие результаты получены при введении 2% кварцевого песка и 3% боя керамического кирпича. При этом водостойкость увеличивается до 0,66. Гранитный отсев в количестве 10% незначительно увеличивает водостойкость магнезиального цемента до 0,56, однако снижает прочность сжатие в воздушно-сухих условиях на 15%.

Рентгенофазовый анализ магнезиального цемента оптимального состава, модифицированного кремнеземсодержащими добавками, показал наличие в его составе новых образований, таких как мервинит $\text{MgCa}_3[\text{SiO}_4]$ и монтичелит $\text{MgCa}[\text{SiO}_4]$, также обладающих меньшей растворимостью в воде, что согласуется с литературными данными.

Далее было исследовано влияние наиболее распространенных карбонатсодержащих добавок. В ходе исследований получены следующие результаты:

- введение термообработанного доломита в количестве 5% приводит к повышению водостойкости цемента до 0,76.

- добавка доломитовой муки в количестве 4% повышает водостойкость магнезиального цемента до 0,78. Дальнейшее увеличение количества добавки приводит к снижению водостойкости и прочности на сжатие в воздушно-сухих условиях на 26%.

- использование электросталеплавильного шлака ПРУП «Белорусский металлургический завод» в количестве 5% увеличивает водостойкость магнезиального цемента до 0,8, при сохранении прочности на сжатие в воздушно-сухих условиях на уровне магнезиального вяжущего без добавки. Попытка зафиксировать образование новых соединений в цементном камне, содержащем шлак БМЗ, с помощью рентгенофазного анализа оптимального состава не увенчалась успехом из-за малого количества добавки в составе цемента. Вероятно, увеличение водостойкости магнезиального цемента обусловлено низкой растворимостью шлака в воде.

Таким образом, наилучшие результаты получены с использованием в качестве добавки шлака БМЗ, который позволил повысить коэффициент водостойкости магнезиального цемента в два раза при сохранении прочностных показателей на уровне контрольного образца.

ЛИТЕРАТУРА

1 Строительные материалы и изделия на основе высокопрочного магнезиального вяжущего из доломитового сырья. / М.Я. Бикбау, Д.И. Рудный, В.П. Журавлев, Н.И. Папачева // Строительные материалы. – 1997. – № 5. – С. 3-5.

2 Крамар, Л.Я. Формирование структуры и свойств магнезиального камня, модифицированного соединениями двух- и трехвалентных металлов./ Л.Я. Крамар, В.В. Зимич // XI Международ. совещание по химии и технологии цемента: сб. докладов. – М., 2009. – С. 121-129.

3 Верещагин, В.И. Поиск и оценка физико-химических критериев, определяющих создание водостойких композиций цемента Сореля с силикатными компонентами / В.И. Верещагин, В.Н. Смирнская, СВ. Филина // Изв. вузов. Строительство. – 2004. № 11. – С. 70-75.