По результатам исследований можно сделать вывод, что введение золы-уноса в цемент в количестве 10 % не понижает марку вяжущего. Использование золы-уноса в составе цемента приводит к экономии портландцементного клинкера, сбережению естественных минеральных ресурсов и улучшению экологии в данном регионе.

Таким образом, результатами лабораторных исследований была установлена возможность использования золы-унос Ново-Ангренской ТЭС в составе цемента. При этом добавление золы-унос Ново-Ангренской ТЭС в количестве более 10 % приводит к понижению марки цемента. Комплексными лабораторными исследованиями было установлено, что оптимальное количество золы-унос в составе вяжущего составляет 5-10 %.

Литература

1. Баженов П.И. Комплексное использование минерального сырья для производства строительных материалов. – М., Госстройиздат, 1963.
2. Бутт Ю.И., Тимашев В.В. Портландцемент. – М., Стройиздат, 1974.
3. Буров Ю.С., Колокольников В.С., Лабораторный практикум по курсу «Минеральные вяжущие вещества». – М., Стройиздат 1974.
4. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М., Стройиздат, 197 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОМАГНЕЗИТОВОЙ ПОРОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

П.В. Фатеев

Научный руководитель доцент Н.А. Митина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Технология магнезиальных вяжущих материалов предполагает в классическом варианте использование в качестве жидкости затворения растворов солей магния – хлоридов и сульфатов магния. При использовании указанных жидкостей основными продуктами гидратации являются гидроксид магния $Mg(OH)_2$ и гидрооксихлориды магния или гидрооксисульфаты магния [1]. Эти вещества способствуют формированию прочного структурного каркаса магнезиальных материалов, прочность которых превышает 60 МПа. Однако, продукты твердения способны растворяться в воде, кроме гидроксида магния. Поэтому магнезиальное вяжущее относят к классу воздушных вяжущих веществ, то есть способное твердеть и эксплуатироваться только в воздушно-сухих условиях, а материалы и изделия на основе магнезиального вяжущего обладают низкой водостойкость не превышающей 0,5-0,7.

Повышение водостойкости изделий на основе магнезиального вяжущего является основной задачей исследований и разработок технологии магнезиальных вяжущих и изделий на их основе. До настоящего времени увеличение значений коэффициента водостойкости было связано с корректировкой состава минеральной части вяжущего [2], условиями обжига магнезитов [3] и использованием различных минеральных и химических добавок [4]. Модифицирование порошковой составляющей магнезиального вяжущего, основой которого остается каустический магнезиальный порошок, дает незначительный прирост значений водостойкости, так как в качестве жидкости затворения неизменно используется растворы солей магния, хлориды магния и сульфаты магния. При взаимодействии данных растворов с каустическим магнезитом без добавок или с модифицирующими добавками образуют в продуктах твердения водорастворимые соединения, не позволяющие создать водостойкую композицию.

Поэтому для повышения водостойкости магнезиальных материалов необходимо модифицировать или заменять жидкость затворения магнезиального вяжущего. Предварительными исследованиями учеными Томского политехнического университета [5] установлена возможность замены традиционной жидкости затворения растворов хлоридов или сульфатов магния на принципиально новую жидкость затворения – водный раствор бикарбоната магния $Mg(HCO_3)_2$.

В результате взаимодействия каустического магнезиального порошка с водным раствором бикарбоната магния образуются гидрокарбонаты магния с общей формулой

$xMgCO_3 \cdot yMg(OH)_2 \cdot zH_2O$

или $MgCO_3 \cdot xH_2O$,

а также брусит $Mg(OH)_2$ и

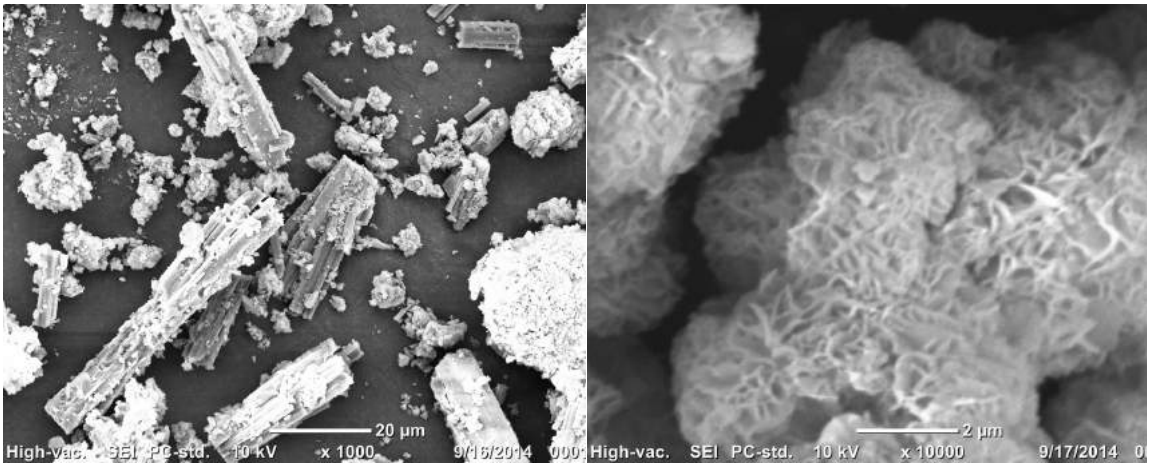
магнезит $MgCO_3$.

Вид гидрокарбонатной кристаллической фазы магния в продуктах гидратации зависит от условий и времени гидратации и режима последующей термической обработки материала. Как правило, в начальный период времени образуются столбчатые кристаллы несквигонита

$MgCO_3 \cdot 3H_2O$ и барингтонита $MgCO_3 \cdot 2H_2O$ (рис. 1, а),

которые в дальнейшем перекристаллизовываются с образованием пластинчатых более мелких кристаллов гидромагнезита $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$

и дипингита $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 5H_2O$ (рис. 1, б).



а) *б)*

Рис. 1. Синтезированные гидрокарбонаты магния: а) несквигонит; б) гидромагнезит

При использовании водного раствора бикарбоната магния в композициях водостойкого магнезиального вяжущего основной его характеристикой является концентрация ионов бикарбоната магния, как реакционной составляющей, поэтому целью данных работы является исследование возможности применения гидромагнезитовой породы для получения водного раствора бикарбоната магния с необходимой концентрацией ионов HCO_3^-.

Для исследования использовали гидромагнезит Халиловского месторождения (Оренбургская область). Химический и минералогический состав гидромагнезита представлен в таблице 1. Гидромагнезитовая порода образуется при выветривании ультраосновных пород – магнезитов, а также при естественной карбонизации бруситов. Залегает в виде прожилок и корок в серпентинитах и представляет собой серую высокодисперсную рыхлую породу. Повышенное содержание (до 9,86 мас. %) оксида кремния в пробах гидромагнезита Халиловского месторождения объясняется наличием серпентиновых пород.

Таблица 1

Химический и минералогический состав гидромагнезитовой породы

Содержание оксидов, мас. %								Минеральный состав
MgO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MnO	$\Delta m_{пр}$	Сумма	
44,23	9,86	0,69	0,52	1,17	0,029	45,33	100,00	Гидромагнезит $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ Дипингит $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 5H_2O$ Несквигонит $Mg(HCO_3)(OH) \cdot 2H_2O$ Клинохризотил $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$

Получение раствора бикарбоната магния проводили искусственной карбонизацией суспензии магнийсодержащего сырья в автоклаве с мешалкой при давлении углекислого газа 2 атм.

В силу своей уникальной минералогической и структурной особенности гидромагнезитовая порода наиболее хорошо подходит для получения водного раствора бикарбоната магния. При термообработке данная порода проходит ступенчатое преобразование, постепенно теряя структурную воду и претерпевая декарбонизацию. При этом значительно возрастает удельная поверхность проб за счет образования дефектной структуры. Это является благоприятным фактором при проведении карбонизации, которая проходит по следующим реакциям:

$$MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 \quad (1)$$

$$Mg(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Mg^{2+} + 2HCO_3^- \quad (2)$$

$$MgO + CO_2 + xH_2O \rightarrow MgCO_3 \cdot xH_2O \quad (3)$$

$$MgCO_3 \cdot xH_2O + CO_2 \rightarrow Mg^{2+} + 2HCO_3^- \quad (4)$$

Для исследования пробы гидромагнезита прокаливали при температуре 400, 500, 600 и 700 °С. Прокаленные пробы заливали водой из расчета 10 гр. на 1 литр и проводили карбонизацию суспензии в течение 20 мин. В приготовленных растворах определяли концентрацию ионов магния Mg^{2+} и бикарбонат-ионов HCO_3^- титрометрическим методом. Результаты определения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Концентрация ионов в растворе бикарбоната магния

Температура обжига гидромагнезита, °С	Концентрация ионов Mg^{2+}, г/л	Концентрация ионов HCO_3^-, г/л	
		свежеприготовленный	После хранения
400	0,2773	3,4950	2,968
500	0,2500	2,9585	3,050
600	0,2360	2,8975	3,151
700	0,1890	2,6110	3,395

Данные исследования показывают, что максимальную концентрацию раствор бикарбоната магния имеет при использовании гидромагнезита, обожженного при температуре 400 °С, при этом концентрация бикарбонат-ионов при хранении снижается не значительно, что свидетельствует о стабильности получаемого раствора. Данная концентрация ионов HCO_3^- 3,5 г/л является достаточной для получения магнезиальной композиции высокой прочности и водостойкости не менее 1.

Таким образом, гидромагнезитовая порода, которая не находит применения в традиционной технологии вяжущих материалов, может эффективно использоваться для получения водостойких магнезиальных вяжущих и изделий на их основе.

Литература

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства) / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников– М.: Стройиздат, 1979. – С. 68 – 69.
2. Зырянова В.Н., Лыткина Е.В., Бердов Г.И. Повышение механической прочности и водостойкости магнезиальных вяжущих веществ при введении минеральных наполнителей // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2010. – № 3. – С. 21 – 26.
3. Chernykh T.N., Nosov A.V., Kramar L.Y. Dolomite magnesium oxychloride cement properties control method during its production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 71, 012045.
4. Зимич В.В., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я. Снижение гигроскопичности и повышение водостойкости хлормагнезиального камня путем введения трехвалентного железа // Строительные материалы. – 2009. – № 5. – С. 58 – 61.
5. Митина Н.А., Лотов В.А., Сухушина А.В. Жидкость затворения для магнезиального вяжущего. // Строительные материалы. – 2015. – № 1. – С. 64 – 68.

ПОВЫШЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В РАЗЛИЧНЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Р.С. Федюк, А.К. Смоляков, Р.А. Тимохин

Научный руководитель заместитель начальника УВЦ при ДВФУ А.В. Мочалов

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Получение бетонов с улучшенными физико-механическими характеристиками достигается применением ряда мероприятий, к основным из которых относятся: замена части цемента специально подобранными добавками, а также увеличение удельной поверхности вяжущего [2, 9].

Для достижения данной цели были разработаны композиционные вяжущие, полученные путем совместного помола цемента, гиперпластификатора, золы уноса и известняка.

Для выбора оптимального способа помола проводились испытания в шаровой, вибрационной и вариопланетарной мельнице.

Шаровая мельница – это полый, вращающийся вокруг своей оси барабан, который примерно наполовину заполнен дробящими шариками (ударными элементами). В результате вращения, шарики поднимаются в верхнюю часть барабана, а затем под действием силы тяжести падают вниз. Через одну из цапф постоянно поступает измельчаемый материал, а через другую происходит разгрузка барабана.

Одной из особенностей измельчения свободным ударом является тот факт, что разрушение материала происходит по наиболее слабым связям, дефектам структуры в местах соединения кристаллов, зерен, слоев и т.д [3]. В производстве фракционированного щебня или искусственного песка это несомненное преимущество, так как продукт ударного дробления представлен зернами изометрической формы без внутренних дефектов с небольшим содержанием переизмельченного продукта. В тоже время для получения большей тонины помола, упрочнение частиц которое происходит вместе с уменьшением их размеров, создает дополнительные трудности.

В определенный момент, когда структурная прочность каждой отдельной частицы достигает своего максимума, а ее масса ничтожно мала, свободный удар практически полностью замещается истиранием. Ротор центробежной мельницы перестает выполнять функцию ускорителя и работает скорее как завихритель материаловоздушных потоков. Увлекаемые к стенкам помольной камеры крупные частицы вытесняют более мелкие, которые, перемещаясь от периферии к центру, измельчаются исключительно за счет взаимного истирания в турбулентных потоках.

Если судить по расходу энергии на образование единицы новой поверхности твердых материалов - это один