

Кузьменков М. И., доктор технических наук, профессор, Марчик Е. В., младший научный сотрудник, Плышевский С. П., кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

## БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ЦЕМЕНТА

### THE CONCRETES ON THE BASIS OF MAGNESIUM CEMENT

*Приводятся результаты экспериментальных исследований, выполненных на кафедре химической технологии вяжущих материалов УО «Белорусский государственный технологический университет» по получению и исследованию магнезиального цемента, получаемого из доломита путем его низкотемпературного обжига, помола и последующего затворения растворами бишофита, эпсомита и карналлита.*

*Показано, что по ряду эксплуатационных свойств магнезиальный цемент не уступает портландцементу, а, учитывая меньшую энергоемкость технологии его производства, он является перспективным для получения пенобетона, плотного бетона, композиционных материалов, в частности, стекломагнезитового листа, предназначенного для наружной и внутренней отделки зданий и др.*

*Кроме того, магнезиальный цемент характеризуется более быстрым темпом набора прочности, высокой адгезией по сравнению с портландцементом.*

#### Введение

В последнее время в научно-технической литературе появляется все больше публикаций, посвященных химии и технологии магнезиального цемента и строительных материалов, получаемых на его основе [1, 2]. Указывается на ряд достоинств, присущих магнезиальному цементу в сравнении с портландцементом и другими видами минеральных вяжущих, что привлекает производителей строительных материалов.

Обширные исследования, выполненные на кафедре химической технологии вяжущих материалов (ХТВМ), подтверждают, что низкие энергозатраты на обжиг доломита позволяют разрабо-

ить малоэнергоёмкую технологию производства магнезиального цемента. Кроме того, магнезиальный цемент обладает такими отличительными свойствами как быстрый темп набора прочности в естественных условиях, высокая адгезия к различным поверхностям, в том числе к «старому бетону», экологичность, совместимость с растительными и древесными наполнителями.

Исследования показали, что на основе магнезиального цемента из доломита могут быть получены такие перспективные строительные материалы, как безавтоклавный пенобетон, лицевой кирпич, стекломagneзитовый лист для внутренней и наружной отделки зданий, строительные растворы для облицовочных работ в зимних условиях и т. д.

Все это свидетельствует о перспективности и целесообразности вовлечения данного минерального вяжущего в промышленность строительных материалов.

Основными задачами исследований, направленных на разработку технологии производства магнезиальных вяжущих из такого природного сырья, как доломит, являлось изучение минерального состава и структурных особенностей продуктов обжига природных доломитов, механизма твердения вяжущего на различных штуровителях, обуславливающих не только физико-механические свойства получаемых из него материалов, но и оптимальные режимы обжига.

Несмотря на то, что общие положения получения каустического доломита известны, многие авторы отмечают необходимость индивидуального подбора температурно-временного режима обжига доломитов различных месторождений и фракционного состава [3].

Оптимальными температурно-временными параметрами обжига доломита фракции 5-10 мм месторождения «Руба» (г.п. Руба, Витебская область) являются: температура обжига 800-825 °С, длительность выдержки 30-40 мин. Проведенные исследования по интенсификации процесса декарбонизации позволили достигнуть снижения температуры обжига на 100-120 °С.

При изучении процесса твердения магниального цемента установлены конечные продукты твердения и стадийность протекания процесса. На процесс твердения каустического доломита, содержащего в основном  $MgO$ ,  $CaCO_3$ , затворенного раствором хлорида магния, большое влияние оказывает плотность затворителя (рис. 1).

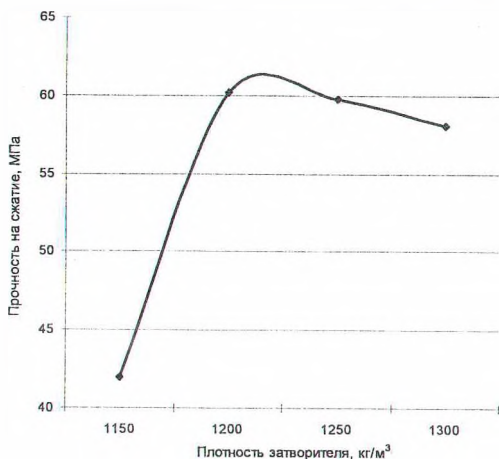


Рис. 1 Влияние плотности раствора затворителя на свойства магниального цемента

Так, при использовании раствора хлорида магния плотность  $1150 \text{ кг/м}^3$  и ниже твердение магниального цемента обусловлено в основном образованием тетрагидрата пентагидрохлорида магния  $Mg_3(OH)_5Cl \cdot 4H_2O$  и  $Mg(OH)_2$  по реакции (рис.2):



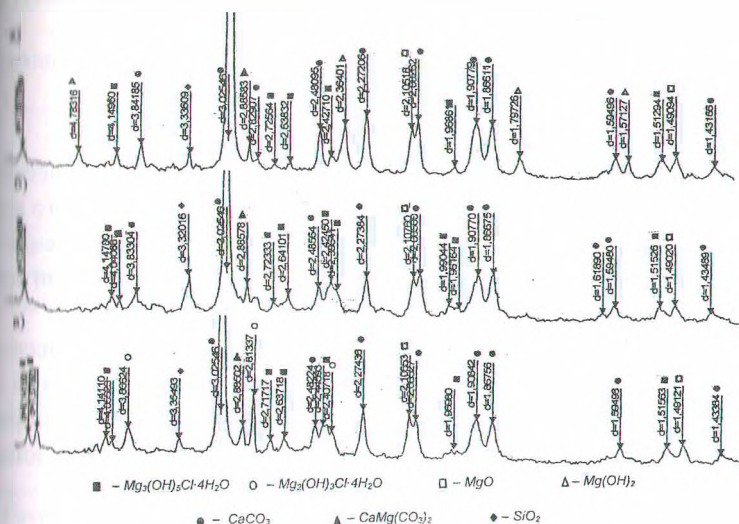
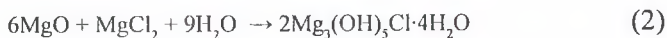


Рис. 2 Рентгенограммы магниального цемента через 7 суток твердения, затворенного раствором хлорида магния плотностью: а) 1150 кг/м<sup>3</sup>; б) 1200 кг/м<sup>3</sup>; в) 1300 кг/м<sup>3</sup>

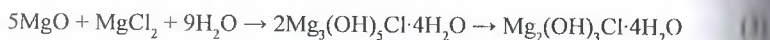
Использование раствора плотностью 1200-1250 кг/м<sup>3</sup> приводит к образованию только тетрагидрата пентагидрооксихлорида магния, который является устойчивым соединением и обеспечивает магниальному цементу высокую прочность:



При этом гидроксид магния, как видно из данных рентгенофизического анализа, не обнаруживается. Очевидно, происходит его полное взаимодействие с раствором хлорида магния указанной плотности, а это обеспечит образование большого количества тетрагидрата пентагидрооксихлорида магния.

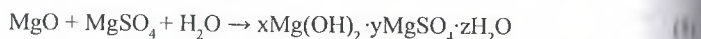
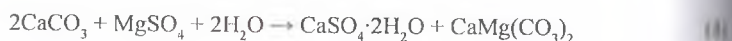
Дальнейшее повышение плотности затворителя до 1300 кг/м<sup>3</sup> и более способствует появлению в структуре магниального цемента кроме тетрагидрата пентагидрооксихлорида магния, также

тетрагидрата тригидрооксихлорида магния ( $Mg_2(OH)_3Cl \cdot 4H_2O$ ) по схеме:



Карбонат кальция, находящийся в составе каустического доломита, обнаруживается во всех образцах магнезиального вяжущего, что свидетельствует о его индифферентности по отношению к остальным компонентам твердеющей системы и выполнении роли природного заполнителя.

В процессах, лежащих в основе твердения каустического доломита, затворенного раствором сульфата магния, каждый из компонентов вяжущего участвует в реакции. С термодинамической точки зрения наиболее вероятно протекание следующих реакций:



Инструментальными методами анализа установлено, что в продуктах твердения обнаруживается дигидрат сульфата кальция, остаточный доломит и гидроксисульфаты магния.

На основе анализа фазового состава продуктов твердения и физико-механических свойств цементного камня, сделан вывод, что оптимальной плотностью раствора хлорида магния, предназначенного для затворения каустического доломита, является 1200-1250 кг/м<sup>3</sup>, раствора сульфата магния и карналлита – 1250-1300 кг/м<sup>3</sup>.

Исследование кинетики процесса твердения магнезиального вяжущего на различных затворителях показало, что в 7-суточном возрасте образцы набирают 60-70% от окончательной прочности, в 14 сутках – 95-100%, что дает основание считать ее в данном возрасте марочной.

Таким образом, из доломитов месторождения «Руба» может быть получено вяжущее, обладающее высокими физико-механическими свойствами (табл.).



Справочная таблица основных физико-механических свойств цемента

Свойства	Магнезиальный цемент М500	Портландцемент М500
Прочность на сжатие, МПа в % от начальной в возрасте, суток		
	3	40-50
	7	60-70
	14	80-90
Сроки схватывания		
	начало, не ранее, мин	12
конец, не позднее, ч	8	10
Коэффициент водостойкости, не менее	0,8-1,0 (с добавками)	1,0

С использованием полученного магнезиального цемента проведены исследования по разработке технологий получения ряда перспективных строительных материалов, в том числе неавтоклавно пенобетона.

Пенобетон получали путем отдельного приготовления пены и доломитовой суспензии с последующим их смешением. В качестве пенообразователей использовали синтетические «ПБ-2000», «Унипор», «Пионер», «Пеностром». Затворителем каустического доломита служили растворы бишофита ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), эпсомита ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ) и карналлита ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ).

При разработке технологии получения пенобетона изучали влияние на его свойства различных технологических факторов: отношение Ж/Т, время перемешивания смеси, интенсивность перемешивания, вид и количество затворителя, природа и содержание наполнителей, интенсификаторов твердения и т. д.

На основе полученных зависимостей определены оптимальные параметры технологического процесса изготовления магнезиального пенобетона:

- содержание пенообразователя «ПБ-2000», «Пеностром» 0,5-1 %;

- интенсивность перемешивания пенобетонной смеси 800-900 об/мин ( $Re_m = 92000-103500$ );
- время перемешивания пенобетонной смеси в течение 60-90 сек – для пенобетона на основе пенообразователя «ПБ-2000», 50-60 сек – для пенобетона на основе пенообразователя «Пеностром»;
- отношение Ж/Т 0,45-0,5 – для бездобавочного пенобетона, 0,55-0,6 – для пенобетона с добавкой тонкодисперсного отсева песка при производстве сухих строительных смесей.

Таким образом, получены пенобетоны марки D500-D600 прочностью на сжатие 1,0-4,0 МПа.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместно с УП «Научно-исследовательский институт строительных материалов» (г. Минск) ведутся исследования по разработке технологии производства каустического доломита с использованием циклонных печей, для чего на ОАО «Доломит» создана опытно-промышленная установка для отработки технологических параметров.

В качестве затворителя магнезиального цемента может быть использован раствор сульфата магния, который, в перспективе, планируется получать путем сернокислотного разложения доломита, а также карналлит, для чего совместно с РУП «БелНИГРИ» ведется тестирование карналлитовых рассолов, добытых из экспериментальной скважины Старобинского месторождения.

Организация промышленного производства каустического доломита позволит на его основе производить не только пенобетон, но и плотные бетоны, а также различные строительные материалы (стекломагнезитовый лист, доломитовый кирпич, ксилолит). Поисковые исследования в данном направлении ведутся на кафедре ХТВМ БГТУ.

### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Душевина, А.М. Разработка способов комплексного использования доломитов: автореф. дис. ... канд. техн. наук/

Алтайский гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова.– Барнаул, 2005.– 19 с.

2. Бикбау, М.Я., Рудный, Д.И., Журавлев, В.П., Папачева, М.И./ Строительные материалы и изделия на основе высокопрочного магниезального вяжущего из доломитового сырья // Строительные материалы. – 1997. – №5. – С.3-5.
3. Шелихов, И.С., Рахимов, Р.З./ Состав и структурные особенности минералов каустического доломита и механизмы его твердения // Изв. вузов. Строительство. – 1997. – №7. – С.54-57.