

Кузьмин Сергей Иванович,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: sergey.kuzmin@mail.ru

Соколов Дмитрий Александрович,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: pgs@angtu.ru

ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО МАГНЕЗИТА САВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Kuzmin S.I., Sokolov D. A.

CHARACTERISTICS OF MAGNESIA BINDER BASED ON NATURAL MAGNESITE OF THE SAVINSKY DEPOSIT

Аннотация. В работе приведены результаты исследования конструктивных характеристик каустического магнезита, получаемого из породы Савинского месторождения.

Ключевые слова: магнезит, магнезиальное вяжущее, заполнитель, прочность, сжатие, изгиб.

Abstract. The paper presents the results of a study of the structural characteristics of caustic magnesite obtained from the rock of the Savinsky deposit.

Keywords: magnesite, magnesia binder, aggregate, strength, compression, bending.

Эффективным направлением ресурсосбережения в строительном комплексе является выпуск бесклнкерных комбинированных цементов с использованием техногенных материалов. В этом ряду магнезиальные вяжущие выгодно отличаются малой энергоемкостью, интенсивным твердением и высокой прочностью.

В магнезиальных вяжущих активной составляющей является оксид магния. При затворении водой они медленно набирают прочность, которая не слишком высока. Для обеспечения интенсивного твердения и высокой прочности, магнезиальные вяжущие затворяют растворами солей. Наибольшее распространение получил магнезиальный цемент – каустический магнезит, затворенный раствором хлористого магния. Малая энергоемкость производства снижает себестоимость магнезиальных вяжущих почти вдвое по сравнению с портландцементом. Твердение магнезиальных вяжущих протекает интенсивно и не требует влажной среды и обогрева [1].

В Иркутской области расположено крупнейшее в мире месторождение магнезита – Савинское, с объемом руды, превышающим 2 млрд. тонн. Сырье Савинского месторождения состоит из высокосортных сортов магнезитов, по качеству превосходящих известные породы на Урале. Из этого природного материала получается качественное магнезиальное вяжущее с содержанием MgO до 85 %, что соответствует стандартным требованиям к ПМК-75, ПМК-80 [2].

В таблицах 1, 2 приведены данные по составу вяжущего, полученного при обжиге порошка из природного магнезита. Анализ химического состава проводился заводской лабораторией Восточно-Сибирского завода огнеупоров.

В работе приведены результаты исследования прочностных характеристик вяжущих, полученных прямым обжигом породы Савинского месторождения.

Таблица 1

Химический состав магнезитового порошка

Компонент	Содержание, в % порошка	
	ПМК-75	ПМК-82
MgO	76,4	82,3
CaO	0,8	0,5
SiO ₂	13,8	8,8
FeO	3,3	3,1
Al ₂ O	4,8	4,6
Не установленный остаток	0,9	0,7

Таблица 2

Фракционный состав магнезитового порошка

Размер отверстия сит	Масса остатков, г	Содержание остатков, %
0,02	1,53	3
0,009	10,7	21,4
Поддон	37,8	75,6

Испытания проводились по методике [3] на образцах в виде балочек размером 40x40x160 мм. В качестве минерального заполнителя использовался песок Привольского месторождения [4]. Отношение массовых долей вяжущего к заполнителю (В/З) составляло 1/3, а вяжущего к затворителю (В/Р) варьировалось от 1/2 до 1/3 с затворением смеси водным раствором хлористого магния плотностью от 1,05 г/см³ до 1,2 г/см³. Для оценки уровня показателей конструкционного материала соответствующие характеристики сравнивались с аналогичными показателями образцов, приготовленных на портландцементе (ПЦ) марки М400 и том же заполнителе в соотношении 1/3. В качестве показателей качества вяжущего приняты конструктивные характеристики – прочность (МПа) на сжатие $R_{сж}$ и изгиб $R_{изг}$.

Исследования проводились по методике рационального планирования многофакторных экспериментов с целью получения модели конструктивных характеристик в виде неполного квадратичного уравнения. В результате обработки опытных данных получены следующие уравнения приближённой регрессии, адекватные эксперименту при уровне значимости 0,05:

- для ПМК-75:

$$R_{СЖ} = 65,97 \cdot \rho - 151,6 \cdot \frac{B}{3} - 14,55 \cdot \frac{B}{P} + 40,1 \cdot \frac{B}{3} \cdot \frac{B}{P} + 129 \cdot \frac{B}{3} \cdot \rho + 7,5 \frac{B}{P} \cdot \rho - 60, \quad (1)$$

$$R_{ИЗГ} = 7,9 \cdot \rho - 145,2 \cdot \frac{B}{3} - 74,8 \cdot \frac{B}{P} + 34,9 \cdot \frac{B}{3} \cdot \frac{B}{P} + 177 \cdot \frac{B}{3} \cdot \rho + 68 \frac{B}{P} \cdot \rho - 0,7, \quad (2)$$

- для ПМК-80:

$$R_{СЖ} = 12,25 \cdot \rho - 16,28 \cdot \frac{B}{3} - 5,6 \cdot \frac{B}{P} + 2,58 \cdot \frac{B}{3} \cdot \frac{B}{P} + 25,8 \cdot \frac{B}{3} \cdot \rho + 5,8 \frac{B}{P} \cdot \rho - 11,2, \quad (3)$$

$$R_{ИЗГ} = 17,9 \cdot \rho - 44,38 \cdot \frac{B}{3} - 50,7 \cdot \frac{B}{P} + 24,58 \cdot \frac{B}{3} \cdot \frac{B}{P} + 25,8 \cdot \frac{B}{3} \cdot \rho + 42 \frac{B}{P} \cdot \rho + 25,4. \quad (4)$$

На рисунке 1 приведена гистограмма, показывающая вклад каждого фактора на конструктивные характеристики материала.

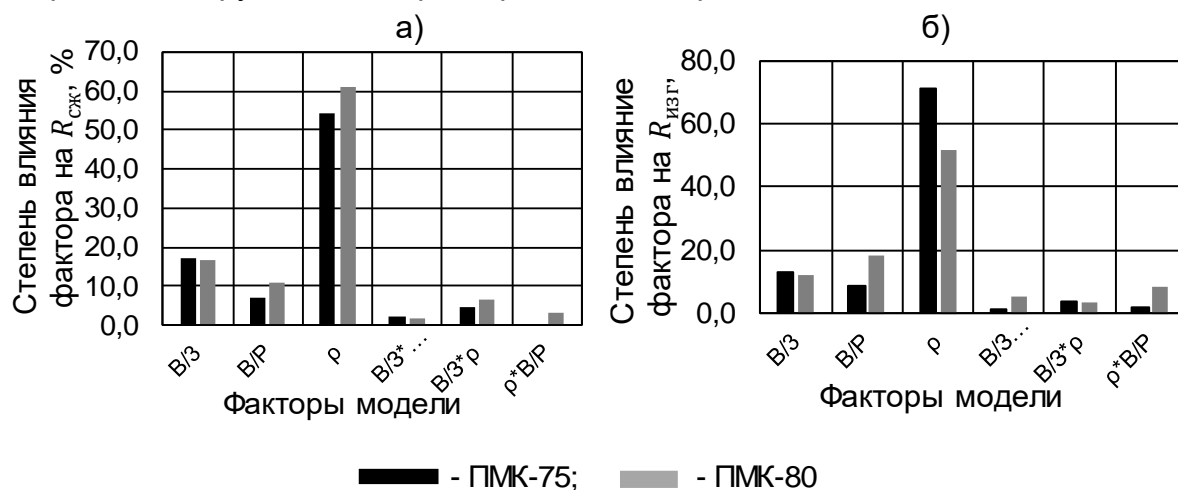


Рисунок 1 – Степень влияния компонентов материала на конструктивные характеристики: прочность на сжатие а) и прочность на изгиб б).

Самое значительное влияние на прочность материала на магниальном вяжущем оказывает концентрация затворителя – водного раствора хлористого магния. При этом можно отметить, что если большее содержание в вяжущем MgO ослабляет степень влияния этого фактора на прочность на изгиб, то доля его в формировании прочности на сжатие возрастает в менее качественном вяжущем. Значимость остальных компонентов на конструктивные характеристики проявляется практически одинаково. Соотношение долей вяжущего и заполнителя более существенно влияет на прочность на сжатие, чем на изгиб. А соотношение между частями вяжущего и раствора более существенно для конструктивных характеристик на основе ПМК-80, чем на ПМК-75. Эффекты совместного влияния компонентов на формирование структуры материала (от которой зависит прочность) проявляются незначительно. Однако, обращает внимание тот факт, что на прочность на изгиб для ПМК-80 заметным проявляется взаимодействие плотности раствора с отношением массовых частей вяжущего и раствора (около 8 %) и несущественность этого влияния для вяжущего с ПМК-75.

Влияние изменения количественных соотношений компонентов в материале на прочностные показатели приведены на рисунках 2 и 3.

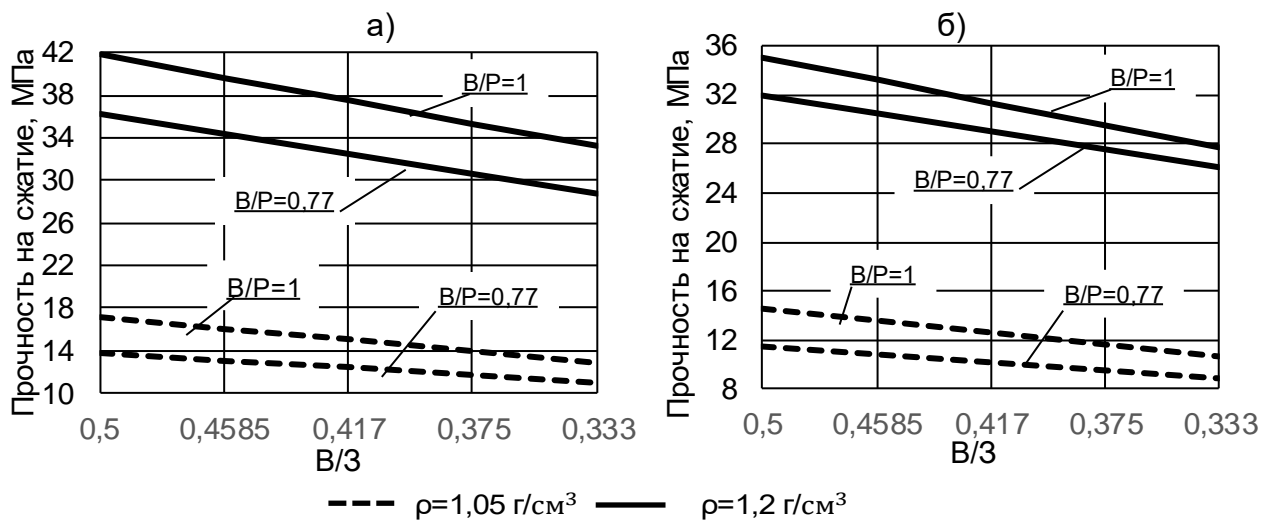


Рисунок 2 – Зависимость прочности на сжатие от соотношения массовых частей магниального вяжущего ПМК-75 а) и ПМК-80 и мелкодисперсного заполнителя

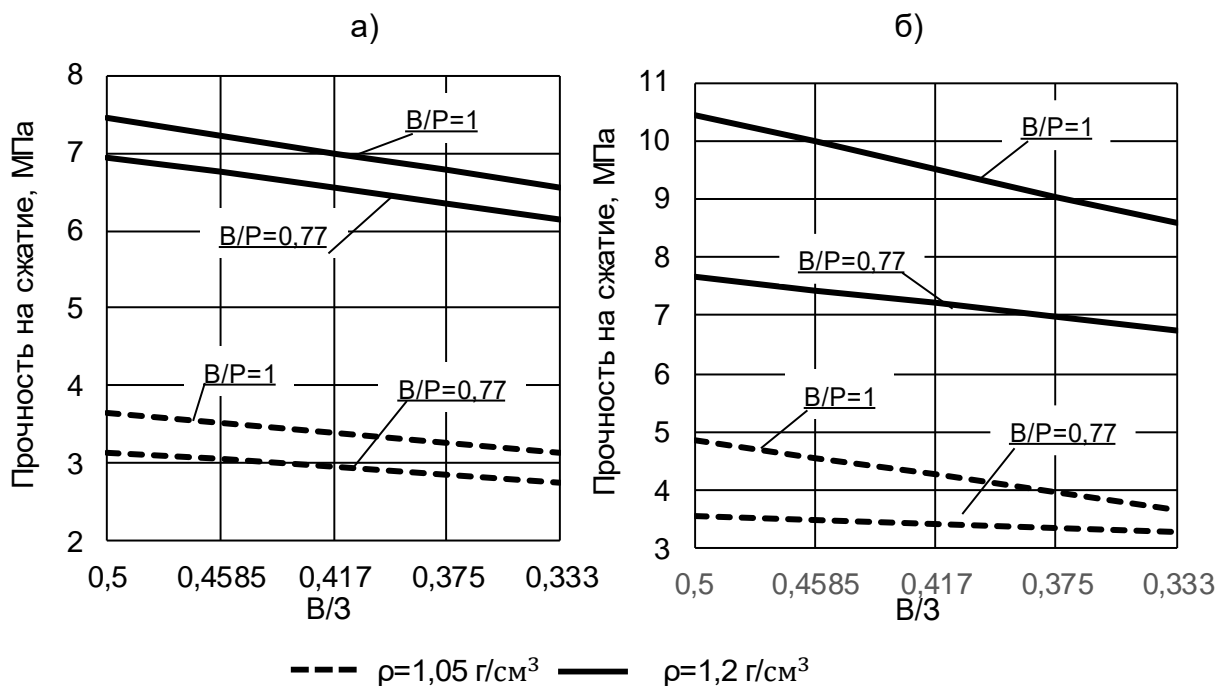


Рисунок 3 – Зависимость прочности на изгиб от соотношения массовых частей магниального вяжущего ПМК-75 а) и ПМК-80 и мелкодисперсного заполнителя

Снижение доли вяжущего любого сорта ведёт к снижению прочности материала. При этом если прочность на сжатие снижается на 20 % при затворении смеси концентрированным раствором независимо от доли раствора, то с понижением концентрации интенсивность потери прочности увеличивается с возрастанием доли вяжущего к раствору с 24 % до 20 % для обеих марок порошка.

Изменение прочности материала на изгиб значительно зависит от марки вяжущего. Если для ПМК-75 потеря прочности составляет около 11 % практически для всех долей компонентов, то для ПМК-80 этот показатель составляет 5 % для концентрированного раствора и почти на 18 % для низко концентрированного затворителя при снижении отношения В/Р с 1 до 0,76.

В целом полученные зависимости (1)-(4) позволяют подбирать состав вяжущего с прогнозируемыми характеристиками.

Результаты исследования магнезиального порошка из породы Савинского месторождения показывают соответствие основных характеристик каустического магнезита требованиям, предъявляемым к магнезиальным вяжущим, и соответственно, являются еще одним аргументом перспективности производственного освоения этого объекта природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крамар, Л.Я., Черных, Т.Н., Орлов, А.А., Трофимов, Б.Я. Магнезиальные вяжущие из природного сырья. – Челябинск: «Искра-Профи». 2012. – 146 с.
2. **Российская Федерация. Стандарты.** ГОСТ 1216-87 «Порошок магнезитовый каустический».
3. **Российская Федерация. Стандарты.** ГОСТ 6139-2003 «Песок для испытания цемента».
4. **Российская Федерация. Стандарты.** ГОСТ 301-81*. Портландцемент. Методы испытания.