

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

Гольшев Александр Олегович,
магистрант, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: pgs@angtu.ru

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВЯЖУЩЕГО ИЗ МАГНЕЗИТА САВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Kuzmin S.I., Golyshev A.O.

STRENGTH CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIAL BASED ON BINDER MADE OF MAGNESITE OF SAVINSKY DEPOSIT

Аннотация. В работе приведены результаты исследования физико-механических характеристик строительного материала на основе каустического магнезита, получаемого из породы Савинского месторождения.

Ключевые слова: магнезит, магнезиальное вяжущее, наполнитель, композит, строительный материал.

Abstract. The paper presents the results of a study of the physical and mechanical characteristics of a building material based on caustic magnesite obtained from the rock of the Savinsky deposit.

Keywords: magnesite, magnesia binder, aggregate, composite, building material.

Технология производства огнеупоров из исходной породы сопровождается получением как собственно полезного продукта – периклаза, так и большим количеством отходов в виде каустического магнезита [1]. Как показали исследования [2], содержание окиси магния в этом продукте составляет (78-82) %, что соответствует стандарту для вяжущих марок ПМК-75 и ПМК-80 [3]. Это позволяет использовать отход производства для получения материалов с органическими наполнителями.

Целью работы является определение эффективности использования отходов производства периклаза из породы Савинского месторождения в виде порошка каустического магнезита с плотностью 3,1 г/см³ для получения композиционного материала с наполнителем из древесины на подобии материала известного как «Балабановский брус».

Наиболее важными характеристиками конструкционного материала являются прочностные показатели – сопротивление сжатию и изгибу. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований прочности композиционного материала, приготовленного на основе каустического магнезита с содержанием окиси магния 80 %, мелко дисперсного наполнителя из опилок размером 2,5 мм и 0,14 мм.

В качестве эталонного образца по прочности принят материал с минеральным наполнителем – песка Привольского месторождения [4]. Отношение массовых долей вяжущего к наполнителю В/З составляет 1/3, а вяжущего к затвори-

телю В/Р – 1/3. Как известно, для ускорения набора прочности материалы на основе магнезиальных вяжущих рекомендуется затворять водным раствором хлористого магния. Для определения влияния концентрации хлористого магния в растворе на динамику набора прочности материала испытания проводились на образцах с плотностью водного раствора от 1,05 г/см³ до 1,2 г/см³.

На рисунке 1 приведены результаты испытания материалов на прочность на сжатие а) и изгиб б). Расчётное сопротивление нагрузкам принималось при разрушении образцов. Испытания проводились по методике [5] на образцах в виде балочек размером 40x40x160 мм. 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.

Анализ динамики набора прочности показывает принципиальное влияние концентрации затворителя на скорость реакции превращения вяжущего в цементный камень.

Затворитель с низкой концентрацией хлористого магния слабо активизирует процесс твердения и к контрольному сроку (28 суток) прочность материала составляет 70 % и 30 % от возможного максимального значения соответственно для плотности раствора 1,12 г/см³ и 1,05 г/см³.

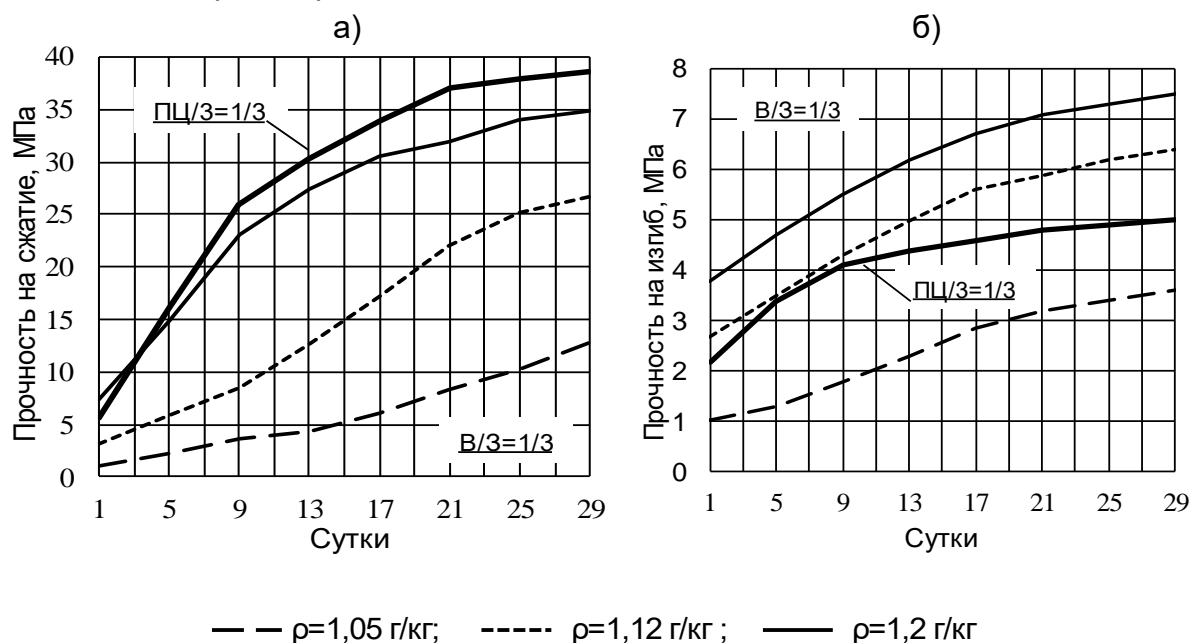


Рисунок 1 – Динамика набора прочности материала на основе магнезиального вяжущего с минеральным заполнителем: а) – сопротивление на сжатие; б) – сопротивление на изгиб

Увеличение концентрации раствора до 1,2 г/см³ обеспечивает динамику набора прочности сопоставимую с процессом твердения материала на основе минерального вяжущего. Причём, если прочность на сжатие несколько ниже у

образца с магниальным вяжущем (примерно на 8 %) по сравнению с контрольным, то прочность на изгиб у композиционных образцов оказалась выше даже при плотности затворителя $1,12 \text{ г/см}^3$.

Темпы приращения прочности у композиционного материала также зависят от концентрации затворителя. Чем выше эта концентрация, тем более темп упрочнения материала приближается к темпу, характерному для цементно-песчаных материалов. При этом наблюдается различный характер темпов приращения прочности на сжатие и изгиб. Наибольшее приращение прочности происходит в первые 5-7 суток. При этом наблюдается различный характер темпов приращения прочности на сжатие и изгиб (рис. 2).

На темп набора прочности (а, следовательно, на процесс интенсификации реакции твердения) значительное влияние оказывает концентрация затворителя. Если при низко концентрированном растворе максимальный прирост прочности продолжается до 9 суток и только затем начинает снижаться, то с ростом концентрации хлористого магния максимум прироста прочности достигается уже на 5-е сутки.

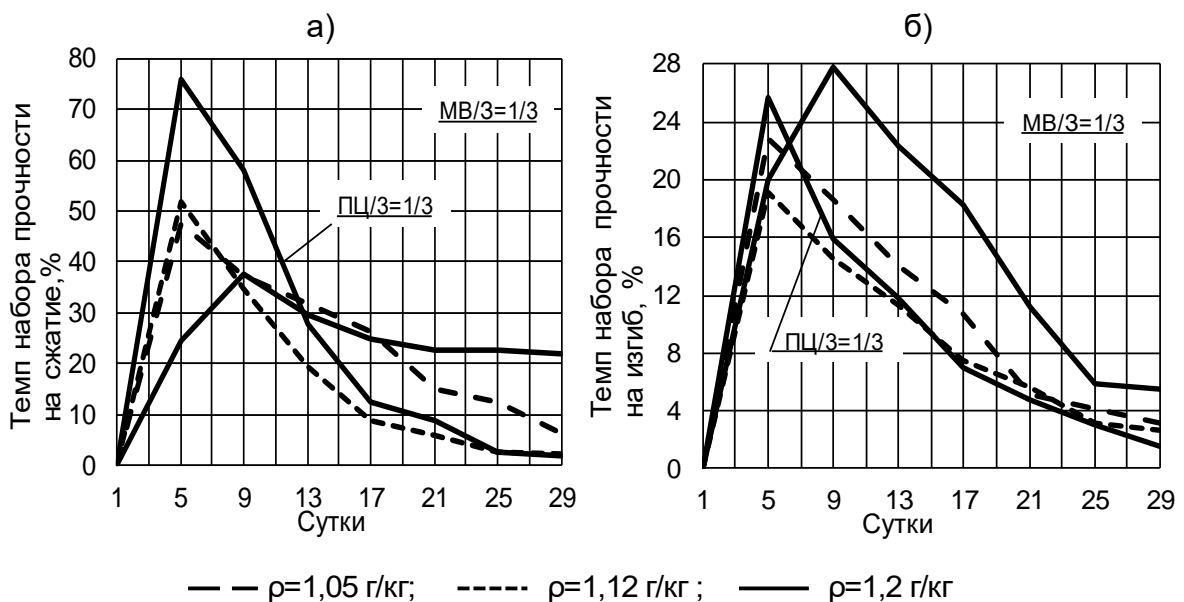


Рисунок 2 – Темп набора прочности материала на основе магниального вяжущего с минеральным заполнителем: а) – сопротивление на сжатие; б) – сопротивление на изгиб

Замена мелко дисперсного заполнителя с песка на органический (древесный) материал должна изменить не только эксплуатационные характеристики материала (теплопроводность, огнестойкость, звукопоглощение, декоративность), но и прочностные параметры. Определение динамики набора прочности композиционного материала проведено на образцах с соотношением массовых частей вяжущего и заполнителя $B/3=3/1$, вяжущего и затворителя $B/P=1/1,3$.

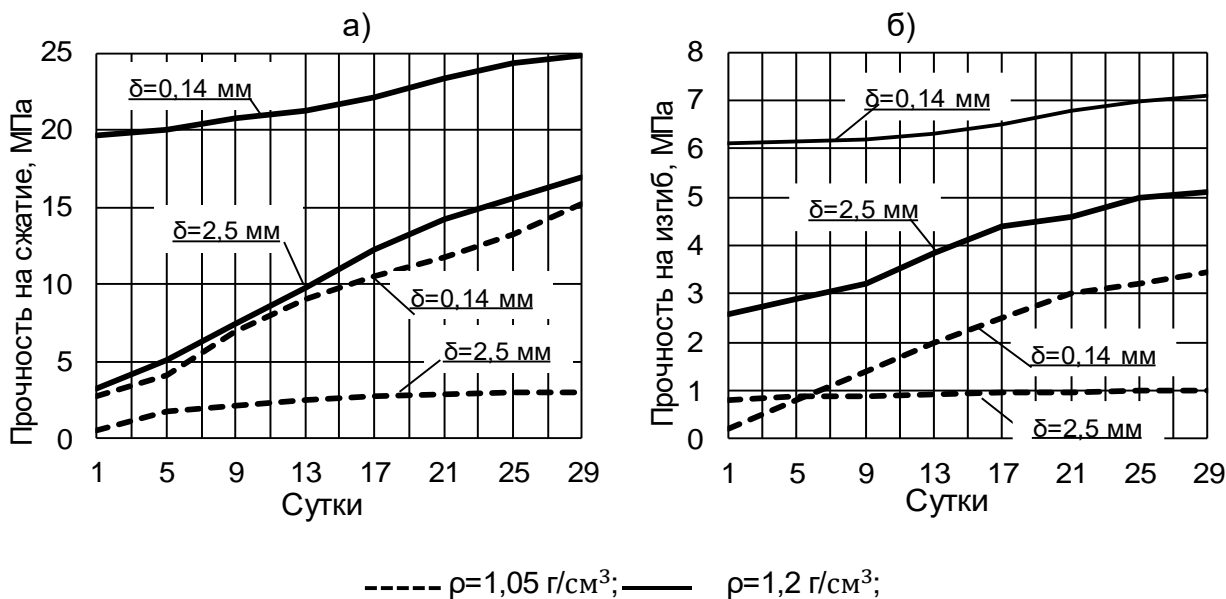


Рисунок 3 – Динамика набора прочности материала на основе магниального вяжущего с древесным наполнителем: а) – сопротивление на сжатие; б) – сопротивление на изгиб

Полученные результаты показывают, что при высокой концентрации хлористого магния в затворителе можно достигнуть прочность материала на магниальном вяжущем сопоставимую с прочностью материалов на цементе.

На рисунке 3 приведены результаты экспериментальных исследований для материалов, включающих древесный наполнитель размером 2,5 мм и 0,14 мм (остаток на ситах соответственно № 2,5 и № 0,14 не более 5 %). Сравнивая данные, приведённые на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод о снижении прочности на сжатие материала при замене минерального наполнителя на древесный, что вполне предсказуемо. Это снижение больше проявляется для крупноразмерного наполнителя (около 48 %), чем для мелкодисперсного (28 %). Интересно, что замена минерального наполнителя на органический практически не повлияла на сопротивление на изгиб при размере опилок 0,14 мм, но снизилось почти на 30 % для опилок размером 2,5 мм. Этот результат можно считать неожиданным, так как предполагается, что с увеличением размера древесных составляющих должно заметнее проявляться упругая деформация материала.

Тенденция по динамике набора прочности не изменилась, по сравнению с неорганическим материалом: ускорение набора прочности зависит в основном от концентрации хлористого магния, но для органического наполнителя ещё и от размера наполнителя. Так скорость набора прочности на сжатие сопоставима у образцов с разными размерами опилок (2,5 мм и 0,14 мм), но затворённых раствором с концентрацией соответственно 1,05 г/см³, и 1,2 г/см³.

Прочностные характеристики материала связаны с его плотностью. На рисунке 4 приведены зависимости изменения прочности на сжатие и изгиб для материалов различной плотности. Показатели для образцов, затворённых раствором с плотностью 1,05 г/см³ определены по достижению стабильных значений, по окончании набора прочности. Этот срок составляет от 38 до 48 суток.

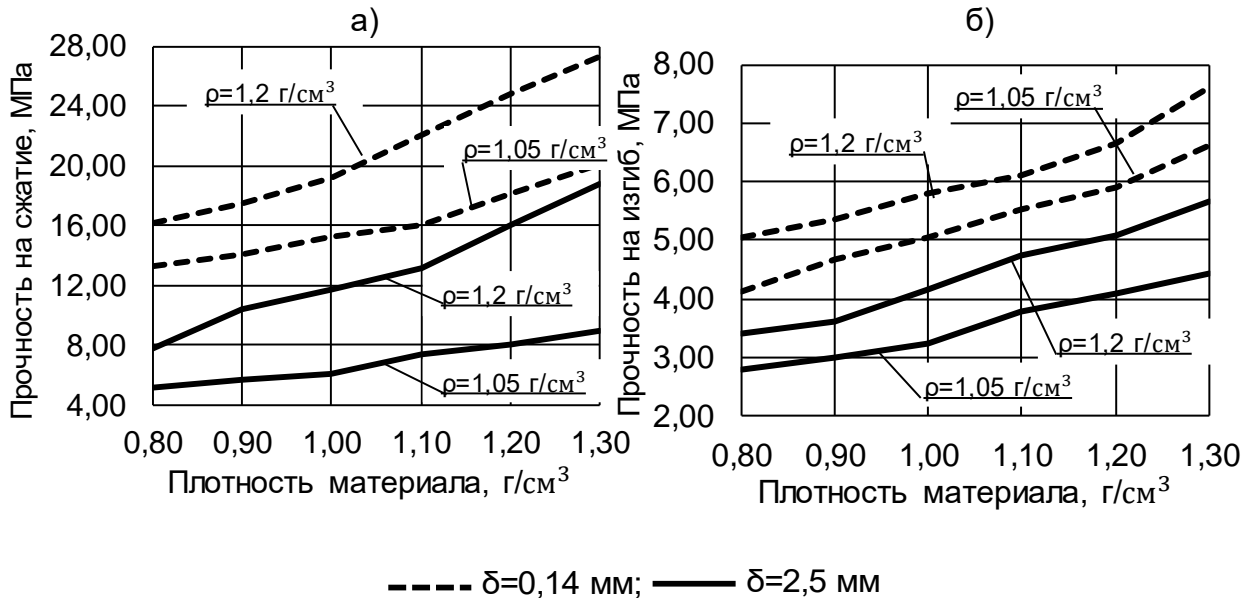


Рисунок 4 – Зависимость прочности материала на основе магнезиального вяжущего с древесным наполнителем от плотности: а) – сопротивление на сжатие; б) – сопротивление на изгиб

Анализ результатов показывает, что имеет место стабильная тенденция роста прочности материала при увеличении его плотности. При этом наблюдается различие в показателях для одной плотности, но с разной дисперсностью наполнителя. Для мелкодисперсных опилок структура материала выглядит более однородной в объеме, близкой к структуре с песочным наполнителем. Увеличение размера опилок, при одной и той же их массе ведет к неизбежному появлению локальных неоднородностей. Это, возможно, является причиной снижения прочности материала и на сжатие, и на изгиб.

Влияние на прочность материала концентрации хлористого магния в затворителе позволяет оптимизировать технологию получения материала, выбирая между увеличением срока набора прочности и стоимостью, которая во многом определяется активатором процесса – хлористым магнием.

Выбор состава материала с целью обеспечения требуемых прочностных показателей (прочность на сжатие $R_{сж}$ и прочность на изгиб $R_{изг}$) можно производить по моделям, связывающим основные показатели материала:

$$\begin{aligned}
 R_{сж} = & 65,8 - 11,77 \cdot \delta_3 - 47,66 \cdot \rho_p - 80,19 \cdot \rho_M + 8,65 \cdot \delta_3 \cdot \rho_p - 1,59 \cdot \delta_3 \cdot \rho_M + \\
 & + 63,46 \cdot \rho_p \cdot \rho_M + 14,29 \cdot \rho_M^2,
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$R_{\text{изг}} = 3,78 - 0,772 \cdot \delta_3 + 0,06 \cdot \rho_p - 6,64 \cdot \rho_m + 0,316 \cdot \delta_3 \cdot \rho_p - 0,339 \cdot \delta_3 \cdot \rho_m + \\ + 4,8 \cdot \rho_p \cdot \rho_m + 2,88 \cdot \rho_m^2, \quad (2)$$

где δ_3 – размер древесного заполнителя, мм;

ρ_p – плотность раствора хлористого магния, г/см³;

ρ_m – плотность материала, г/см³.

Плотность материала определится из соотношения между отдельными компонентами и плотностью затворителя [2]:

$$\rho_m = 2,206 - 0,366 \frac{B}{P} - 4,111 \cdot \frac{B}{P} + 0,433 \cdot \rho_p + 0,077 \cdot \delta_3 + 0,685 \frac{B}{P} \cdot \frac{B}{3} + 0,683 \frac{B}{3} \cdot \rho_p + \\ + 1,517 \cdot \frac{B}{P} \cdot \rho_p - 0,041 \frac{B}{P} \cdot \delta_3 - 0,12 \cdot \delta_3 \cdot \rho_p + 0,01 \cdot \frac{B}{3} \cdot \delta_3, \quad (3)$$

где $\frac{B}{P}$ – массовое соотношение вяжущего (каустического магнезита) и затворителя (раствора хлористого магния);

$\frac{B}{3}$ – массовое соотношение вяжущего и древесного заполнителя.

Таким образом, уравнения (1)–(3) представляют основу для составления методики проектирования композиционного материала на основе каустического магнезита Савинского месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мирюк, О.А.** Влияние различных факторов на твердение магнезиальных вяжущих / О.А. Мирюк. – Текст: непосредственный. // Известия вузов. Строительство. – 2007. – № 6. – С. 43 – 46.
2. **Российская Федерация. Стандарты.** ГОСТ 1216-87 «Порошок магнезитовый каустический». Текст: непосредственный.
3. **Кузьмин, С.И., Голышев, А.О.** Модель плотности композиционного материала на основе каустического магнезита / С.И. Кузьмин, А.О. Голышев. – Текст: непосредственный. // Сборник научных трудов АнГТУ. – 2023. – С. 83–87.
4. **Российская Федерация. Стандарты.** ГОСТ 6139-2003 «Песок для испытания цемента». Текст: непосредственный.
5. **Российская Федерация. Стандарты.** ГОСТ 301-81*. Портландцемент. Методы испытания. Текст: непосредственный.