

## Исследование прочностных свойств магниезальных растворов

*А.В. Киянец, А.Х. Байбурун, А.Р. Лебедь, А.А. Бондарь*

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск*

**Аннотация:** Данная статья содержит результаты исследования прочностных характеристик строительных растворов различных составов на основе магниезального вяжущего (магниезального оксихлоридного цемента). Полученные результаты: конечная прочность (28-ми суточная) на сжатие в пределах исследуемых составов от 12 до 45 МПа, кинетика (скорость) роста прочности в первые сутки твердения – от 22 до 38 %, на третьи сутки твердения – 33-68 %, на седьмые сутки – от 50-88 %, и около 120 % от проектной (28-ми суточной) при дальнейшем твердении.

**Ключевые слова:** магниезальный оксихлоридный цемент, магниезальное вяжущее, магниезальный раствор, магниезальный бетон, каустический магнезит, хлористый магний, прочность на сжатие, кинетика набора прочности.

### Введение

В настоящее время строительные материалы на основе магниезального вяжущего находят все более широкое применение в строительстве [1]. Особенно это важно, учитывая большую ресурсную базу данного материала, как во всем мире, так и в России. Магниезальное вяжущее (оксихлоридный магниезальный цемент) является двухкомпонентным и состоит из каустического магнезита  $MgO$  и затворителя. Затворителем являются водные растворы солей. Чаще всего из-за высоких прочностных характеристик применяют водный раствор хлористого магния  $MgCl_2$  [2]. Проведенные исследования с различными композитными материалами на основе магниезального вяжущего доказывают их высокую прочность, высокую скорость твердения, биологическую стойкость и экологическую безопасность [3, 4]. Благодаря кислотности среды, близкой к нейтральной, в магниезальных композитах возможно применять широкий спектр органических, минеральных и синтетических заполнителей [5]. Ряд исследований удовлетворительно решил вопрос водостойкости [6-8]. Но неизученными остаются характеристики магниезальных растворных смесей,

---

которые успешно могли бы применяться в отделочных и других работах [9, 10].

Поэтому целью данного исследования являлось изучить прочностные характеристики строительных растворов на основе магнезиального вяжущего.

### **Методы исследований**

Для проведения эксперимента применялись стандартные методы лабораторных исследований и обработки полученных результатов.

В исследованиях применялся в качестве вяжущего каустический магнезит марки ПМК-90. Для улучшения характеристик магнезиального камня использовалась комплексная минеральная добавка: доменный гранулированный шлак (10% от массы вяжущего), и природный гидросиликат магния (6 % от массы вяжущего). В качестве затворителя применялся водный раствор  $MgCl_2$  (бишофит).

Переменные величины и исследуемые составы отражены в таблице 1.

В ходе эксперимента фиксировались прочность на сжатие в различном возрасте и кинетика (скорость) набора прочности.

### **Результаты**

По результатам проведенного эксперимента удалось выяснить, что прочность магнезиального раствора в большей степени зависит от количества магнезиального вяжущего в смеси, которое отражает цементно-песчаное отношение (рис. 1).

Таблица 1

Составы магниезиальных растворов

№ состава	Магниезиально-песчаное отношение	Плотность затворителя, г/см <sup>3</sup>	Крупность песка, мм.
1	1/1	1.15	0.63-0.315
2	1/1	1.15	2.5-1.25
3	1/3	1.15	0.63-0.315
4	1/3	1.15	2.5-1.25
5	1/1	1.25	0.63-0.315
6	1/1	1.25	2.5-1.25
7	1/3	1.25	0.63-0.315
8	1/3	1.25	2.5-1.25
9	1/2	1.20	0.63-0.315
10	1/2	1.20	2.5-1.25
11	1/1	1.20	1.25-0.63
12	1/3	1.20	1.25-0.63
13	1/2	1.15	1.25-0.63
14	1/2	1.25	1.25-0.63
15	1/2	1.20	1.25-0.63

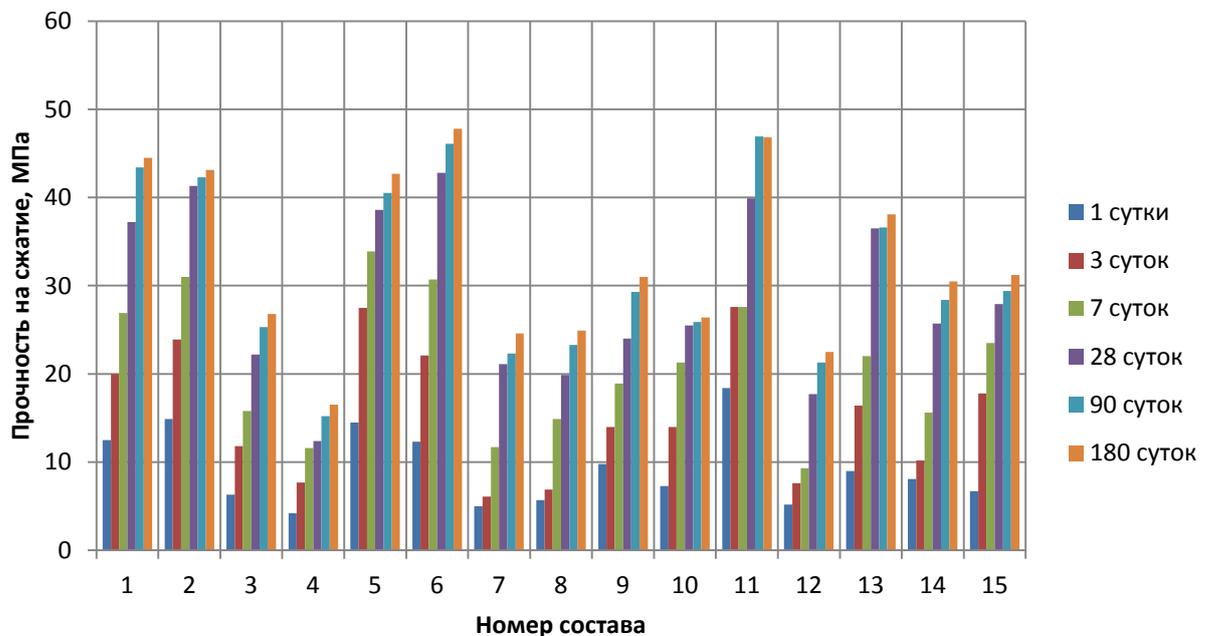


Рис. 1. Прочность различных составов магниезиального бетона в различные сроки твердения.

Повышенное содержание вяжущего определяет повышение прочности. Увеличение плотности затворителя оказывает влияние на прирост прочности только у составов с высоким содержанием магнезиального вяжущего ( $C/P=1/1, 1/2$ ). И, наоборот, в составах с низким содержанием вяжущего, колебание плотности затворителя не оказывают заметного изменения прочности. Такой характер набора прочности определяется оптимальным соотношением каустического магнезита и хлористого магния в системе магнезиального вяжущего. Это объясняется особенностями твердения двухкомпонентного вяжущего: при условии необходимого и достаточного количества магнезита и хлористого магния реакция гидратации проходит интенсивно во всем объеме смеси, что определяет интенсивное твердение и высокую кинетику набора прочности. Вышеописанное происходит в составах с большим содержанием магнезиального цемента.

При относительно малом содержании магнезиального вяжущего в системе, введенному в нее хлористому магнию (особенно при применении затворителя с повышенной плотностью более  $1,2 \text{ г/см}^3$ ) не с чем вступать в реакцию, т.к. не остается свободных частиц каустического магнезита и происходит эффект пресыщения системы, что негативным образом сказывается в дальнейшем на прочностных характеристиках композиционных материалов. Таким образом, повышение плотности затворителя, вводимого в систему после ее насыщения, не будет приводить к увеличению прочности.

Кинетика набора прочности отражена на рис.2. Интенсивный прирост прочности наблюдается у большинства составов в первые сутки твердения. Можно констатировать, что 60% прочности от 28-ми суточного значения магнезиальный раствор набирает уже через 3 суток твердения.

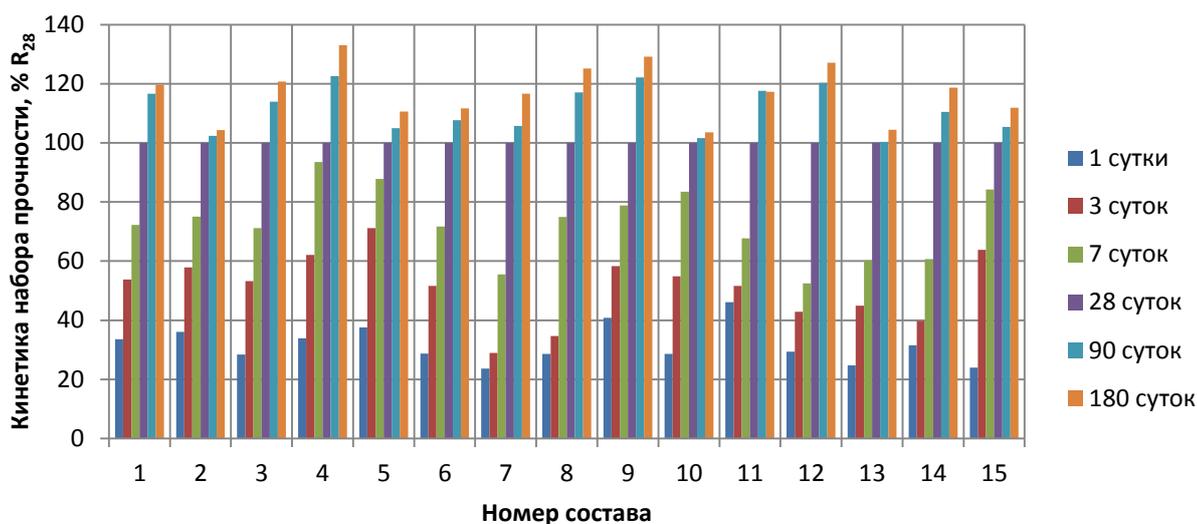


Рис. 2. Кинетика набора прочности различных составов магниезального бетона в различные сроки твердения.

Такой показатель уступает магниезальным бетонам, у которых исследователи фиксировали в среднем 70% прочности к данному сроку, но учитывая высокую конечную прочность, позволяет рекомендовать магниезальные растворы к применению в тех технологиях и конструкциях, где это востребовано [11].

Практически все исследуемые составы сохранили потенциал твердения и на более поздних сроках вплоть до 180 суток, достигнув в отдельных случаях более 120 %. В основном это составы с высоким содержанием вяжущего, в котором продолжается комплекс реакций, обеспечивающих набор прочности. Фактов сброса прочности, которые отмечали некоторые исследователи при твердении бездобавочного магниезального вяжущего, особенно по прошествии нескольких месяцев выдерживания образцов не наблюдалось [12]. Устойчивое твердение материала можно связать с тем, что изначальные условия твердения и интенсивная гидратация обеспечили образование устойчивых форм оксигидрохлоридов магния. Таким образом, исследуемые

составы обладают достаточной долговечностью и обеспечивают надежный набор прочности.

### **Заключение**

В результате проведенного исследования выяснено, что прочность магниального раствора зависит от соотношения факторов состава раствора и плотности затворителя. Увеличение прочности магниального раствора и скорости набора прочности обеспечивает повышенное содержание каустического магнезита в смеси одновременно вместе с оптимальным количеством затворителя, плотностью не менее 1,2 г/см<sup>3</sup>.

Получены прочностные характеристики магниального раствора: конечная прочность (28-ми суточная) на сжатие в пределах исследуемых составов от 12 до 45 МПа, кинетика роста прочности в первые сутки твердения – от 22 до 38 %, на третьи сутки твердения – 33-68 %, на седьмые сутки – от 50-88 %, и около 120 % от проектной (28-ми суточной) при дальнейшем твердении.

### **Литература**

1. Головнев С.Г. Современные строительные технологии: монография. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
2. Головнев С.Г., Киянец А.В., Дьяков К.В. Магниальные бетоны и растворы в современном строительстве // Академический вестник института «УралНИИпроект РААСН» № 1. Екатеринбург: «УралНИИпроект» УРО РААСН, 2009. С. 72-73.
3. Zhou X., Li Z. Light-weight wood-magnesium oxychloride cement composite building products made by extrusion // Construction and Building Materials. Vol. 27. No. 1. 2012. Pp. 382-389.

4. Nguyen V.C., Tong F.G., Nguyen V.N. Modeling of autogenous volume deformation process of RCC mixed with MgO based on concrete expansion experiment // *Construction and Building Materials*. Vol. 210. 2019. Pp. 650-659.
  5. Tan Y., Liu Y., Grover L. Effect of phosphoric acid on the properties of magnesium oxychloride cement as a biomaterial // *Cement and Concrete Research*. Vol. 56. 2014. Pp. 69-74.
  6. Chen, X., Zhang, T., Bi W., Cheeseman C. Effect of tartaric acid and phosphoric acid on the water resistance of magnesium oxychloride (MOC) cement // *Construction and Building Materials*. Vol. 213. 2019. Pp. 528-536.
  7. Wang, Y., Wei, L., Yu, J., Yu, K. Mechanical properties of high ductile magnesium oxychloride cement-based composites after water soaking // *Cement and Concrete Composites*. Vol. 97. 2019. Pp. 248-258.
  8. Li Z., Chau C.K. Influence of molar ratios on properties of magnesium oxychloride cement // *Cement and Concrete Research*. Vol. 37. No. 6. 2007. Pp. 866-870.
  9. Sglavo V.M., De Genua F., Conci A., Ceccato R., Cavallini R. Influence of curing temperature on the evolution of magnesium oxychloride cement // *Journal of Materials Science*. Vol. 46. No. 20. 2011. Pp. 6726-6733.
  10. Misra A.K., Mathur R. Magnesium oxychloride cement concrete // *Bulletin of Materials Science*. Vol. 30. No. 3. 2007. Pp. 239-246.
  11. Li Y., Yu H., Zheng L. Wen J., Wu C., Tan Y. Compressive strength of fly ash magnesium oxychloride cement containing granite wastes // *Construction and Building Materials*. Vol. 38. 2013. Pp. 1-7.
  12. Li G., Yu Y., Li J., Wang Y., Liu H. Experimental study on urban refuse magnesium oxychloride cement compound floor tile // *Cement and Concrete Research*. Vol. 33. No. 10. 2003. Pp. 1663-1668.
-

## References

1. Golovnev S.G. *Sovremennyye stroitelnyie tehnologii: Monografiya* [Modern construction technologies: Monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ., 2010. 268 p.
2. Golovnev S.G., Kiyants A.V., Dyakov K.V. *Akademicheskij vestnik instituta «UralNIIproekt RAASN» № 1*. Ekaterinburg: «UralNIIproekt» URO RAASN. 2009. pp. 72-73.
3. Zhou X., Li Z. *Construction and Building Materials*. Vol. 27. No. 1. 2012. Pp. 382-389.
4. Nguyen V.C., Tong F.G., Nguyen V.N. *Construction and Building Materials*. Vol. 210. 2019. Pp. 650-659.
5. Tan Y., Liu Y., Grover L. *Cement and Concrete Research*. Vol. 56. 2014. Pp. 69-74.
6. Chen, X., Zhang, T., Bi W., Cheeseman C. *Construction and Building Materials*. Vol. 213. 2019. Pp. 528-536.
7. Wang, Y., Wei, L., Yu, J., Yu, K. *Cement and Concrete Composites*. Vol. 97. 2019. Pp. 248-258.
8. Li Z., Chau C.K. *Cement and Concrete Research*. Vol. 37. No. 6. 2007. Pp. 866-870.
9. Sglavo V.M., De Genua F., Conci A., Ceccato R., Cavallini R. *Journal of Materials Science*. Vol. 46. No. 20. 2011. Pp. 6726-6733.
10. Misra A.K., Mathur R. *Bulletin of Materials Science*. Vol. 30. No. 3. 2007. Pp. 239-246.
11. Li Y., Yu H., Zheng L., Wen J., Wu C., Tan Y. *Construction and Building Materials*. Vol. 38. 2013. Pp. 1-7.
12. Li G., Yu Y., Li J., Wang Y., Liu H. *Cement and Concrete Research*. Vol. 33. No. 10. 2003. Pp. 1663-1668.