

## ТВЕРДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО В РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

*А.В. Киянец*

Современное строительное производство предъявляет жесткие требования к увеличению скорости строительства, что, учитывая северные климатические условия нашей страны, обуславливает проведение широких исследований по твердению бетонных и растворных смесей в условиях как положительных, так и отрицательных температур. Данная статья посвящена проблеме применения в условиях реальной строительной площадки перспективных композиционных материалов на основе магнезиального вяжущего и минеральных заполнителей. Приведены результаты исследования влияния начального выдерживания магнезиальных бетонов и растворов в условиях положительных и отрицательных температур окружающей воздушной среды на характер твердения и конечную прочность материала. Дано физическое объяснение кинетике набора прочности магнезиального вяжущего в бетонах и растворах, изначально выдержанных в условиях отрицательных температур.

*Ключевые слова:* магнезиальное вяжущее (цемент Сореля), композиционные строительные материалы, температура выдерживания.

Несмотря на большой объем проведенных исследований, одной из основных проблем, сдерживающих применение в строительном производстве композитных материалов на основе магнезиального вяжущего, и в частности бетонов и растворов на минеральных заполнителях, являлись противоречивые знания о самом вяжущем и особенностях его твердения [1–3].

Во многом открытым до настоящего времени оставался вопрос влияния температуры выдерживания материала, в том числе и отрицательной, на твердение бетонов и растворов на основе магнезиального вяжущего. Особенно это касается начального времени твердения материала, ведь как известно, основные процессы структурообразования магнезиального камня проходят в период до 7 суток от начала затворения, что и обеспечивает такой важный технологический показатель, как быстрый начальный прирост прочности (прочность магнезиального бетона на седьмые сутки при условии нормального хранения составляет около 70 % от 28-суточного показателя).

Поэтому для определения степени влияния температурного фактора на характер набора прочности магнезиального вяжущего были проведены исследования, в которых моделировались температурные условия реальной строительной площадки [4, 5, 7]. В качестве основного материала для исследований применялся магнезиальный раствор на минеральном заполнителе как широко распространенный на сегодняшний день материал для устройства стяжек и покрытий пола (наиболее распространенная область применения композиционных материалов на основе магнезиального вяжущего), а также как аналог широко применяемого мелкозернистого магнезиального бетона. Со-

отношение магнезиального вяжущего к заполнителю составляло от 1:1 до 1:3, плотность применяемого в качестве затворителя водного раствора хлористого магния составляла от 1,15 до 1,25 г/см<sup>3</sup>. Температуры начального выдерживания образцов варьировались от –10 до +20 °С. Выбор данного диапазона температур обуславливался опытом производства работ по устройству монолитных полов на основе магнезиального вяжущего, когда средние температуры, при которых происходила выдержка уложенного материала, лежали внутри данного диапазона.

По результатам эксперимента измерялись значения прочности на сжатие [8–11] образцов магнезиального раствора в зависимости от температуры выдерживания, сроков набора прочности и состава (рис. 1).

Как и ожидалось, магнезиальный раствор твердеет в условиях отрицательных температур выдерживания, что обуславливается применением в качестве затворителя водного раствора хлористого магния плотностью 1,15...1,25 г/см<sup>3</sup>, который выступает в качестве противоморозной добавки, понижая точку замерзания ниже 0 °С [4, 6]. Снижение температуры выдерживания сказывается на замедлении скорости набора прочности магнезиальным раствором, особенно это касается диапазона отрицательных температур: при температуре выдерживания от 0 до –10 °С скорость набора прочности составляет в 1-е сутки – от 10 до 26 % от R<sub>28</sub>, в 3-е сутки – от 20 до 34 % от R<sub>28</sub>, в 7-е сутки – от 22 до 46 % от R<sub>28</sub>. Таким образом, замедление набора прочности магнезиальным раствором, выдерживаемым при температурах от 0 до –10 °С, относительно образцов, выдерживаемых при температуре 20 °С, достигает 65 %.

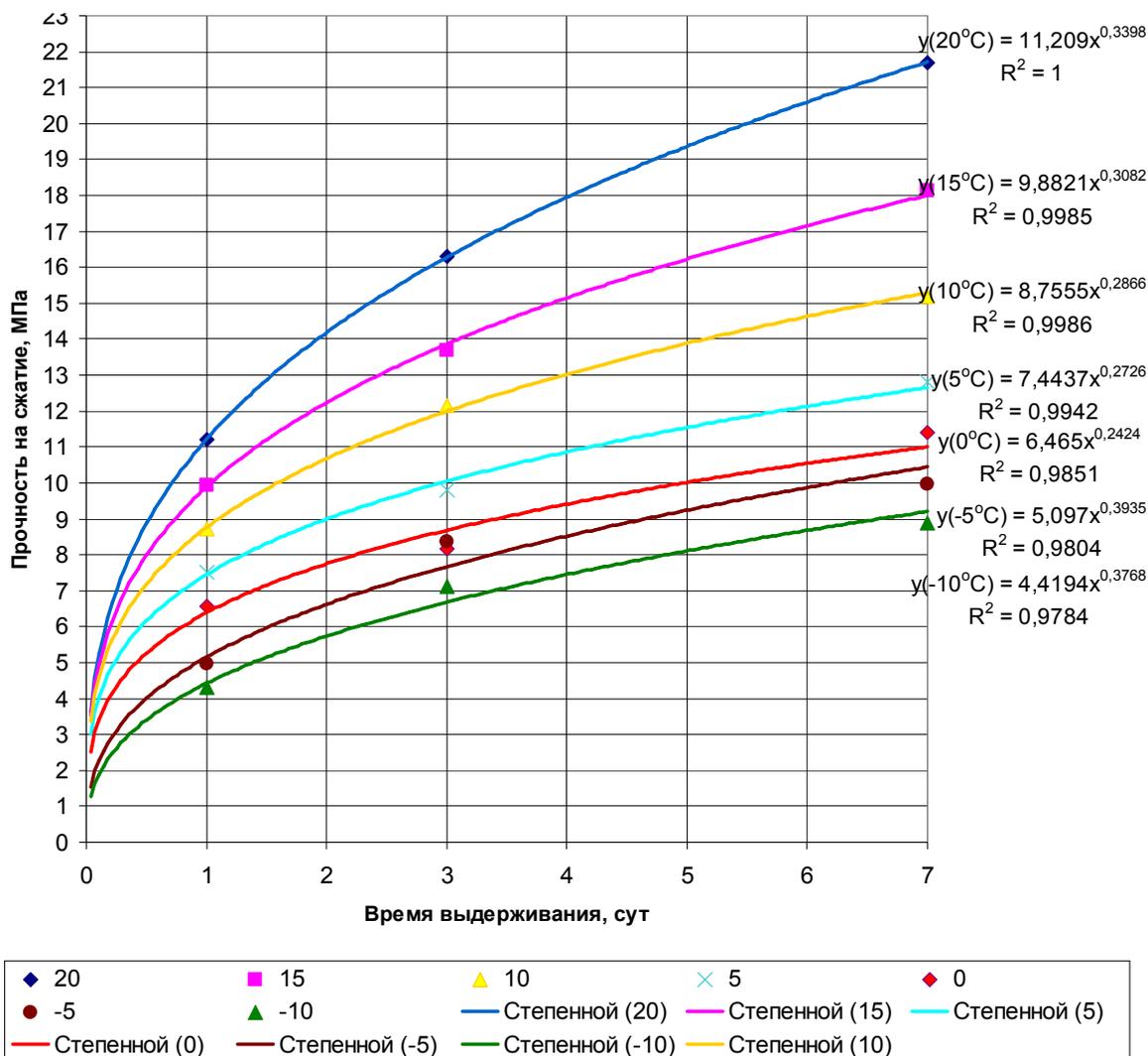


Рис. 1. Графики набора прочности магниальным раствором в зависимости от температуры выдерживания

Интересный результат получился при сравнении прочности образцов, первоначально до 7 суток выдерживавшихся при отрицательных температурах, а затем до 28 суток при 20 °C (рис. 2). Образцы, изначально твердевшие при температурах от -5 до 0 °C, через 28 суток имели большую прочность, чем образцы, твердевшие при положительных температурах.

Такой характер твердения магниального раствора при отрицательных и знакопеременных температурах выдерживания можно объяснить процессами структурообразования магниального камня. Магниальное вяжущее, как известно, отличается интенсивностью схватывания и высокой скоростью протекания реакции твердения, что обеспечивает быстрый прирост прочности, раннее твердение и высокую конечную прочность.

Способность каустического магnezита интенсивно впитывать влагу при затворении приводит к образованию на поверхности зерна вяжущего плотной прореагировавшей оболочки, которая

препятствует дальнейшему твердению и не допускает затворитель до активной части вяжущего. Через определенное время после того, как магниальное вяжущее схватилось, образовав прочный каменный материал, прореагировавшая пленка на поверхности зерен магnezита постепенно растворяется и в реакцию начинает вступать активное ядро. Неравномерность этого процесса, а также тот факт, что схватившееся вяжущее уже образует достаточно прочную матрицу, создают неблагоприятное напряженное состояние в материале, что приводит к появлению дефектов структуры, растрескиванию, короблению, повышению хрупкости и снижению прочности, что и отмечалось многими исследователями.

Начальное выдерживание твердеющего магниального раствора при отрицательных температурах способствует на уровне микроструктуры замедлению скорости протекания химических реакций, а также приводит к увеличению плотности затворителя за счет его уменьшения в объеме, что

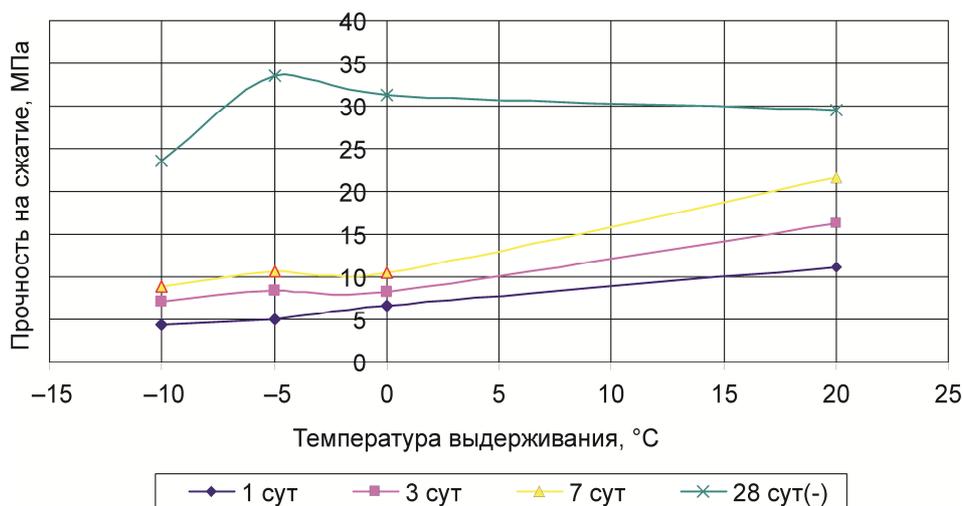


Рис. 2. Прочность магниезиального раствора в зависимости от сроков твердения и температуры начального выдерживания

влечет за собой повышенную способность к растворению MgO. Таким образом, при общем снижении темпов твердения создаются условия для создания упорядоченной микроструктуры и более благоприятного внутреннего напряженного состояния, что и отражается на повышении прочности материала.

**Заключение.** Подводя итог вышеизложенному, необходимо отметить, что отрицательные температуры выдерживания от 0 до  $-5$  °C обуславливают снижение скорости твердения магниезиального раствора и повышение растворимости каустического магнетита за счет увеличения плотности затворителя. Это способствует созданию более прочной и бездефектной структуры материала и повышению его прочности. Начальное выдерживание магниезиального раствора (до 7 суток) после приготовления при температурах от 0 до  $-5$  °C и дальнейшем хранении в условиях положительных температур способствует повышению прочности в среднем на 7–22 % от  $R_{28}$  (в зависимости от состава) относительно материала, выдерживаемого после изготовления при температуре  $+20$  °C.

#### Литература

1. *Современные строительные технологии: моногр.* / под ред. С.Г. Головнева. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
2. Головнев, С.Г. *Высокоэффективные строительные технологии и материалы на основе магниезиального вяжущего* / С.Г. Головнев, А.В. Киянец, К.В. Дьяков // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН.* – 2009. – № 3. – С. 86–87.

3. Головнев, С.Г. *Магниезиальные бетоны и растворы в современном строительстве* / С.Г. Головнев, А.В. Киянец, К.В. Дьяков // *Академический вестник УралНИИпроект РААСН.* – 2009. – № 1. – С. 72–73.

4. Головнев, С.Г. *Технология бетонных работ в зимнее время: текст лекций* / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 70 с.

5. СП 70.13330.2012. *Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.*

6. Красновский, Б.М. *Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования* / Б.М. Красновский. – М.: Изд-во ГАСИС, 2007. – 512 с.

7. СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011. *Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля.*

8. ГОСТ 10180-90. *Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.*

9. ГОСТ 17624-87. *Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.*

10. ГОСТ 22690-88. *Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.*

11. ГОСТ 18105-2010. *Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.*

Киянец Александр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология строительного производства», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), kiyans2007@mail.ru

Поступила в редакцию 28 ноября 2014 г.

## HARDENING OF COMPOSITE CONSTRUCTION MATERIALS BASED ON MAGNESIA BINDER AT VARIOUS TEMPERATURE CONDITIONS

*A.V. Kiyanets, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, kiyanets2007@mail.ru*

Modern construction production imposes stringent requirements to increase the speed of construction that pushes on the extensive analysis of the hardening of concrete and mortar mixes in terms of both positive and negative temperatures taking into account northern climatic conditions of the country. This article is devoted to the problem of application promising composite materials on the basis of magnesia binder and mineral aggregates in terms of real construction site. The results of research of influence of initial curing of magnesia concrete and mortars in terms of positive and negative temperatures of ambient air on the nature of the hardening and ultimate strength of the material are given. Physical explanation of the kinetics of curing of magnesia binder in concrete and mortars, initially sustained in conditions of negative temperatures, is considered.

*Keywords: magnesia binding (Sorel cement), composite construction materials, ambient temperature.*

### References

1. Golovnev S.G. *Sovremennyye stroitel'nyye tekhnologii: monografiya* [Modern construction technologies: a monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2010. 268 p.
2. Golovnev S.G., Kiyanets A.V., D'yakov K.V. [Highly efficient building technologies and materials based on magnesium binder]. *Akademicheskyy vestnik instituta «UralNIIproekt RAASN»* [Academic Institute Gazette «UralNIIproekt RAASN»]. 2009, no. 3, pp. 86–87. (in Russ.)
3. Golovnev S.G., Kiyanets A.V., D'yakov K.V. [Magnesia concrete and solutions in modern construction]. *Akademicheskyy vestnik instituta «UralNIIproekt RAASN»* [Academic Institute Gazette «UralNIIproekt RAASN»]. 2009, no. 1, pp. 72–73. (in Russ.)
4. Golovnev S.G. *Tekhnologiya betonnykh rabot v zimnee vremya: tekst lektsiy* [The technology of concrete work in the winter time]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2004. 70 p.
5. SP 70.13330.2012. *Nesushchie i ogradhdayushchie konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.03.01-87* [Carrying and protecting structures. The updated edition of SNiP 3.03.01-87]. Moscow, State Building Publ., 2012.
6. Krasnovskiy B.M. *Inzhenerno-fizicheskie osnovy metodov zimnego betonirovaniya* [Engineering and physical fundamentals of winter concreting]. Moscow, GASIS Publ., 2007. 512 p.
7. STO NOSTROY 2.6.54-2011. *Konstruksii monolitnye betonnye i zhelezobetonnye. Tekhnicheskie trebovaniya k proizvodstvu rabot, pravila i metody kontrolya* [SRT NOSTROY 2.6.54-2011. Design monolithic concrete and reinforced concrete. Technical performance requirements, rules and methods of control]. Moscow, 2011.
8. GOST 10180-90. *Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrol'nykh obraztsam* [GOST 10180-90. Concretes. Methods for determining the strength to control samples]. Moscow, 1990.
9. GOST 17624-87. *Betony. Ul'trazvukovoy metod opredeleniya prochnosti* [GOST 17624-87. Concretes. Ultrasonic method for determining the strength]. Moscow, 1987.
10. GOST 22690-88. *Betony. Opredelenie prochnosti mekhanicheskimi metodami nerazrushayushchego kontrolya* [GOST 22690-88. Concretes. Determination of mechanical methods of nondestructive testing]. Moscow, 1988.
11. GOST 18105-2010. *Betony. Pravila kontrolya i otsenki prochnosti* [GOST 18105-2010. Concretes. Rules for monitoring and evaluation of strength]. Moscow, 2010.

*Received 28 November 2014*