

9. Использование полимерных материалов для повышения качества тампонажных цемента / С. А. Катаев, Ю. Р. Кривобородов, Д. В. Назаров [и др.] // Цемент и его применение. – 2012. – № 3. – С. 76–100.
10. Кривобородов Ю. Р., Катаев С. А. Влияние полимерных добавок на свойства тампонажных цемента // Техника и технология силикатов. – 2014. – Т. 21, № 4. – С. 26–28.
11. Ильин А. Н. Полимерцемент как электроизоляционный материал для электротехнических систем // Электротехнические системы и комплексы. – 2015, № 1(26). – С. 25–27.
12. Технологические аспекты получения высокоэффективных модифицированных бетонов заданных свойств / Е. В. Ткач, Д. В. Орешкин, В. С. Семенов [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 4. – С. 65–67.
13. Вавренюк С. В. Структурообразование цементных систем в присутствии добавок поливинилового спирта // Строительные материалы. – 2013. – № 12. – С. 81–83.
14. Капустин Ф. Л., Спиридонова А. М., Помазкин Е. П. Изменение структуры цементного камня при обработке гидроизоляционной проникающей капиллярной массой // Цемент и его применение. – 2013. – № 6. – С. 52–56.

REFERENCES

1. Kruglitskiy N. N., Boiko G. P. Physico-chemical mechanics of cement-polymer compositions. *Kiev: Naukova dumka*, 1981, 240 p (in Russian).
2. Cherkinskiy Yu. S. *Polimertsementnyy beton* [Polymer cement concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1984, 212 p (in Russian).
3. Popov K. N. *Polimernye i polimertsementnye betony, rastvory i mastiki* [Polymeric and polymer cement concretes, mortar and mastics]. Moscow: Visshaya shkola, 1987, 72 p (in Russian).
4. Patent RF 2157796. *Polimertsementnyy rastvor* [Polymer cement mortar]. Hrulev V. M., Plastunov A. G., Otto-chko O. D., et al. Declared 27.07.99. Published 20.10.00. Bulletin no.15 (in Russian).
5. Patent RF 2164899. *Polimertsementnyy sostav* [Polymer compositions]. Korneev V. I.; Halin V. A., Morozova E. V., et al. Declared 12.07.99. Published 10.04.01, Bulletin no. 10 (in Russian).
6. Popova M. N., Musafirova G. Ya., Musafirov A. V., et al. Modification of cement binders with polyvinyl acetate dispersion. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2014, no. 5, pp. 59–61 (in Russian).
7. Musafirova G. Ya., Musafirov A. V. Estimation of operational parameters of the developed fine-grained concrete modified with waterproofing composition «GIDROPEN PLAG». *Perspektivnye napravleniya innovatsionnogo razvitiya stroitel'stva i podgotovki inzhenernykh kadrov: materialy XIX Mezhdunar. nauch.-metod. seminar. Grodno, 17–19 Fevralya 2016. Grodno: GrGu im. Ya. Kupaly, 2016, pp. 279–281 (in Russian).*
8. Musafirova G. Ya., Grushevskaya E. N., Musafirov A. V., et al. Modification of cement binder with a dispersed additive of secondary polyamide. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*, 2015, vol. 22, no. 3, pp. 2–5 (in Russian).
9. Kataev S. A., Krivoborodov Yu. R., Nazarov D. V., et al. Use of polymeric materials to improve the quality of oil well cement. *Tsement i ego primeneniye*, 2012, no. 3, pp. 76–100 (in Russian).
10. Krivoborodov Yu. R., Kataev S. A. Effect of polymer additives on the properties of oil well cement. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*, 2014, vol. 21, no. 4. pp. 26–28 (in Russian).
11. П'ин А. Н. Polymer cement as electrical insulating material for electrical systems. *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы*, 2015, no. 1(26), pp. 25–27 (in Russian).
12. Tkach E. V., Oreshkin D. V., Semenov V. S., et al. Technological aspects of obtaining highly effective modified concrete of specified properties. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2012, no. 4, pp. 65–67 (in Russian).
13. Vavrenyuk S. V. Structural formation of cement systems in the presence of additives of polyvinyl alcohol. *Stroitel'nye materialy*, 2013, no. 12, pp. 81–83 (in Russian).
14. Kapustin F. L., Spiridonova A. M., Pomazkin E. R. Change in the structure of cement stone during the treatment with a waterproof penetrating capillary mixture. *Tsement i ego primeneniye*, 2013, no. 6, pp. 52–56 (in Russian).

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРА НА ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПРИ ТВЕРДЕНИИ АЛЮМИНАТА КАЛЬЦИЯ

**С. В. Самченко, Московский государственный строительный университет;
С. Ю. Кривобородова, РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва**

Ключевые слова: алюминат кальция, формирование и морфология кристаллогидратов, гексагональные и кубические гидроалюминаты кальция, перекристаллизация, пластификатор

Keywords: calcium aluminate, crystal hydrate morphology and formation, hexagonal and cubic of calcium aluminate hydrate, recrystallization, plasticizer

Введение

Прочность цементного камня является наиболее важным свойством глиноземистого цемента и зависит от минералогического и гранулометрического состава [1–5]. Его способность быстро затвердевать при затворении водой является отличительной чертой этого цемента. Трехдневная прочность, как правило, соответствует 28-дневной прочности общестроительного портландцемента [6–8].

Наиболее важное значение при твердении глиноземистого цемента имеют условия гидратации алюминатов кальция и морфология образующихся кристаллогидратов. Быстрое твердение алюминатных цементов обусловлено массовой кристаллизацией гексагональных кристаллогидратов гидроалюминатов кальция и формированием кристаллического каркаса, в отличие от портландцемента, где основными продуктами гидратации помимо кристаллических являются и коллоидные, и гелеобразные массы гидросиликатов кальция. В реакциях гидратации алюминатных цементов требуется сравнительно высокое количество воды [9].

Как известно, гидратация алюминатных цементов всегда сопровождается процессами перекристаллизации неустойчивых гексагональных гидроалюминатов кальция в термодинамически устойчивые кубические гидроалюминаты кальция. Для предотвращения этого явления предлагается использовать различные добавки [10–14].

В настоящее время алюминатные цементы широко используются в составе различных сухих строительных смесей в совокупности с различными функциональными добавками. Алюминатные цементы вводятся в состав сухих строительных смесей для повышения начальной прочности или для придания им безусадочности.

Определенный интерес в плане повышения начальной прочности могут иметь алюминатные цементы, содержащие двенадцатикальциевый семиалюминат $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ($\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$), поскольку гидратация его протекает весьма быстро с образованием хорошо закристаллизованной кристаллической фазы. Однако остаются не выясненными вопросы влияния пластификаторов на процессы гидратации алюминатных цементов и в том числе на процессы перекристаллизации гидроалюминатов кальция.

Целью данной работы является установление влияния пластификатора на поликарбоксилатной основе на гидратацию двенадцатикальциевого семиалюмината $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ($\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$), а также на формирование и морфологию образующихся гидратных фаз.

Материалы и методы исследования

При выполнении исследований в качестве исходных материалов использовали минерал двенадцатикальциевый семиалюминат $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ($\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$) Опытного завода НИИЦемент.

Минерал двенадцатикальциевый семиалюминат $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ представлен стабильной α -формой, имеющей кубическую сингонию. По данным оптической микроскопии представлен в виде изометрических округлых зерен с неясной спайностью, средний показатель светопреломления $N_{\text{ср}} = 1,618$, что свидетельствует о наличии воды в составе структуры в виде гидроксильных групп [15].

Использованный в работе пластификатор на поликарбоксилатной основе имеет в составе молекулы полярные и неполярные части. Полярные группы поликарбоксилата $\text{R}-\text{CH}(\text{R}')-\text{COONa}$ образованы анионами COO^- . Неполярная часть представлена длинноцепочечным углеводородом. Пластификатор вводили в количестве 0,1 г/л (или 1%) с водой затворения.

Определение продуктов гидратации и изучение структурообразования затвердевшего камня алюминатного цемента проводилось рентгенофазовым анализом (РФА) и сканирующей электронной микроскопией (СЭМ). Рентгенофазовый анализ проводили с использованием дифрактометра с медным антикатодом (Cu anode $\lambda\text{K}\alpha_1 = 1,54056 \text{ \AA}$; 40 mA and 40 kV). Съёмка рентгеновских спектров проводилась от 6 до $70^\circ 2\theta$ с шагом $0,02^\circ 2\theta$. Идентификацию минералов осуществляли по данным картотеки JCPDS (Всемирный банк данных порошковой дифрактометрии).

В работе использовался сканирующий электронный микроскоп JEOL 1610LV (JEOL, Япония) с разрешающей способностью 15–3 нм при ускоряющем напряжении 1–30 кВ. Образцы исследовались при увеличении от $\times 100$ до $\times 10000$.

Гидратацию минерала осуществляли в цементной суспензии состава Т:Ж = 1:50 вначале в течение 12 и 24 ч, в последующем в течение 2, 7, 14 и 28 сут. По истечении времени гидратации образцы обезвоживались и высушивались без доступа углекислого газа.

Результаты исследований

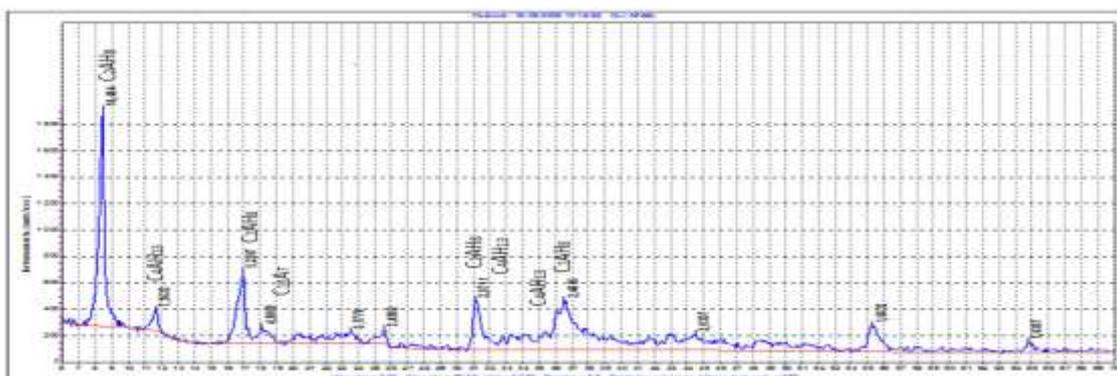
Рентгенофазовым анализом установлено, что двенадцатикальциевый семиалюминат $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ гидратируется на 85% уже через 12 ч. На рентгенограмме практически отсутствуют основные дифракционные максимумы минерала C_{12}A_7 с $d = 0,489, 0,268, 0,219$ нм. Основные максимумы на рентгенограмме принадлежат гидроалюминату кальция состава C_2AH_8 ($d = 1,046, 0,287, 0,255$ нм). В пробе также присутствует в небольших количествах гексагональный гидроалюминат состава C_4AH_{13} ($d = 0,756, 0,288, 0,247$ нм) (рис. 1, а).

При дальнейшей гидратации до 24 ч происходит частичная перекристаллизация гексагональных гидроалюминатов в кубический гидроалюминат кальция состава C_3AH_6 . Об этом свидетельствует смещение и расщепление основной аналитической линии C_2AH_8 ($d = 1,046$ нм), а также появление основных аналитических линий кубического гидроалюмината кальция C_3AH_6 ($d = 0,514, 0,230, 0,223, 0,204$ нм) (рис. 1, б).

По данным электронно-микроскопических исследований структура гидратированного минерала через 12 ч представлена крупными глобулами размером 200–300 мкм (рис. 2, а) из сферолитов гекса-

гональных пластинок C_2AH_8 , толщиной 0,5–0,6 мкм и тонкими в виде чешуек гексагональных пластинок гидроалюмината C_4AH_{13} (рис. 2, б).

а)



б)

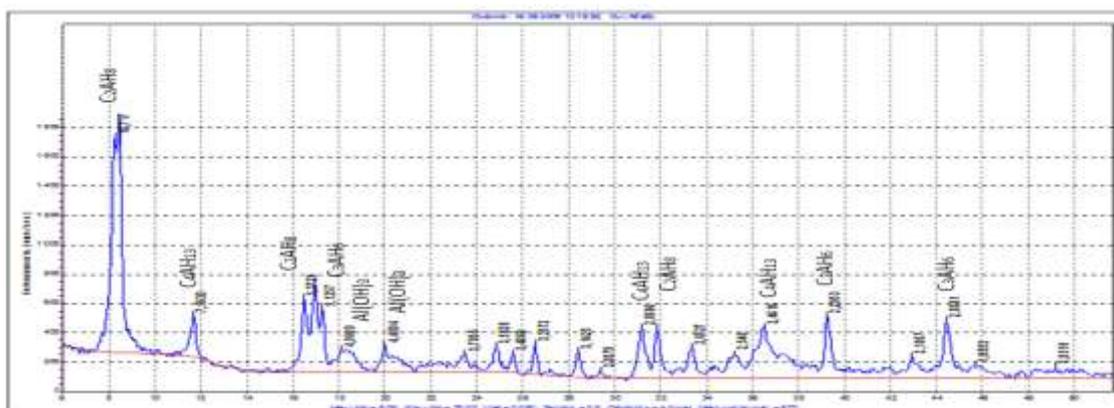
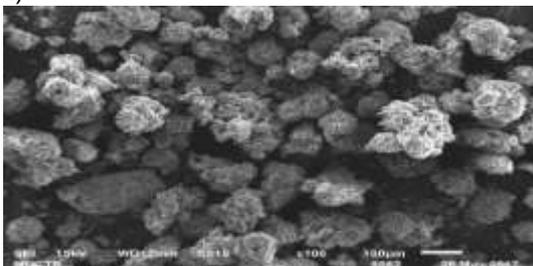


Рис. 1. Рентгенограммы гидратированного минерала $C_{12}A_7$ в течение 12 ч (а) и 24 ч (б)

а)



б)

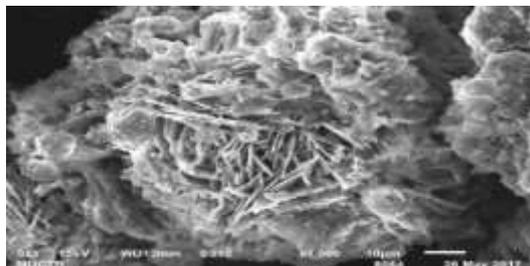


Рис. 2. Микроструктура гидратированного минерала двенадцатикальциевого семиалюмината $2CaO \cdot 7Al_2O_3$ СЭМ: а – $\times 100$; б – $\times 1000$

Исследования влияния пластификатора на процессы перекристаллизации при твердении двенадцатикальциевого семиалюмината $12CaO \cdot 7Al_2O_3$ показали, что процесс гидратации его несколько тормозится. Через 12 ч минерал прогидратирован на 52%. На рентгеновском спектре отмечается присутствие как исходного минерала, так и среди продуктов гидратации как гексагональных гидроалюминатов кальция составов C_2AH_8 , C_4AH_{13} , так и кубического кристаллогидрата C_3AH_6 и гиббсита $Al(OH)_3$ (рис. 3). Сравнивая интенсивность основной линии гидроалюмината кальция состава C_2AH_8 с $d = 1,046$ нм, отмечается пониженная его интенсивность и повышенная диффузность других аналитических линий (рис. 4).

Пониженная интенсивность линий гексагонального гидроалюмината кальция C_2AH_8 в присутствии пластификатора обусловлена тем, что он создает структурно-механический барьер за счет образования пленки на поверхности гидратирующихся частиц, что вызывает иммобилизацию адсорбционно-связанной воды и затрудняет её доступ к минералу. За счет этого в системе гидратирующегося минерала снижается скорость химического взаимодействия, в результате чего снижается тепловыделение в системе на 22–25%, что способствует снижению скорости перекристаллизации гексагональных гидроалюминатов кальция в кубические.

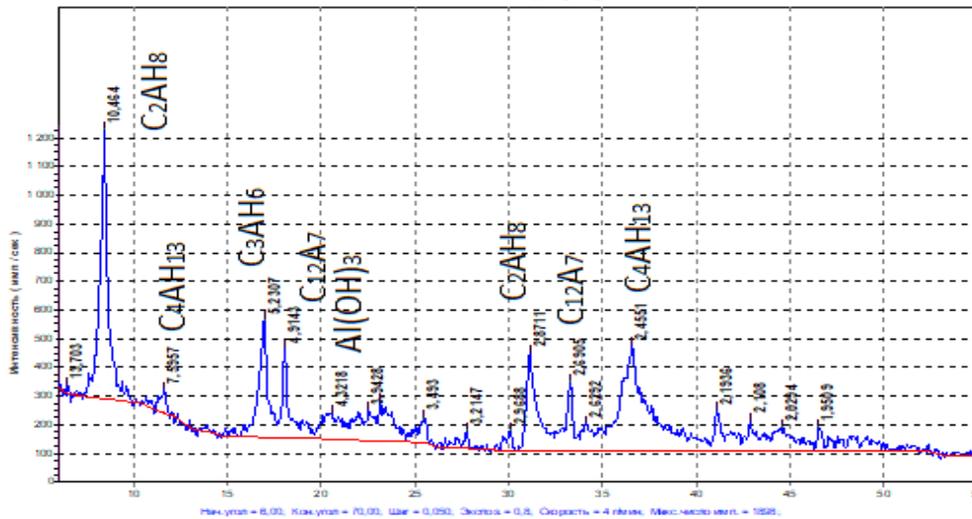


Рис. 3. Рентгенограмма гидратированного минерала $C_{12}A_7$ в присутствии пластификатора в течение 12 ч

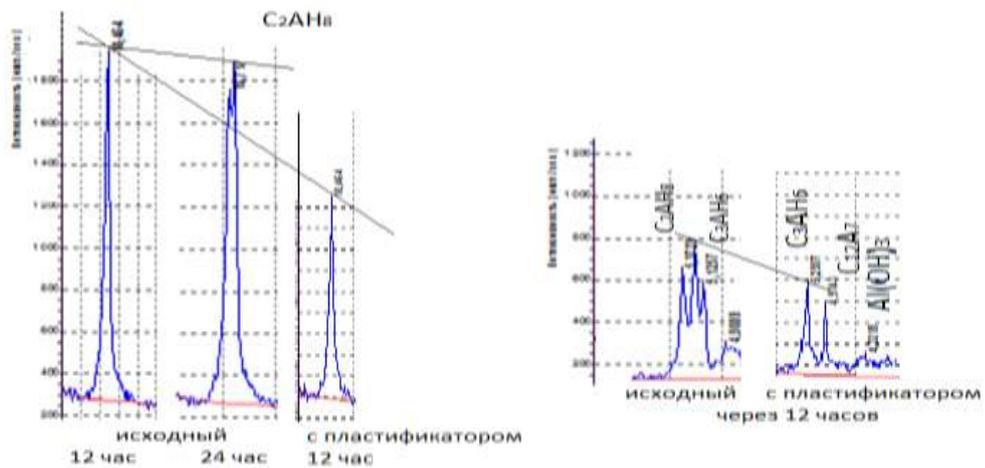


Рис. 4. Сравнение интенсивности аналитических линий кристаллогидратов гексагонального C_2AH_8 и кубического C_3AH_6 при гидратации минерала $C_{12}A_7$ в присутствии пластификатора и без него

Влияние пластификатора на кристаллизацию гидроалюминатов кальция более наглядно прослеживается при электронно-микроскопических исследованиях. Структура гидратированного минерала через 12 ч представлена большим количеством мелких глобул размером 2–5 мкм (рис. 5, а), образованных плохо закристаллизованными мелкими чешуйчатыми гексагональными пластинками (рис. 5, б).

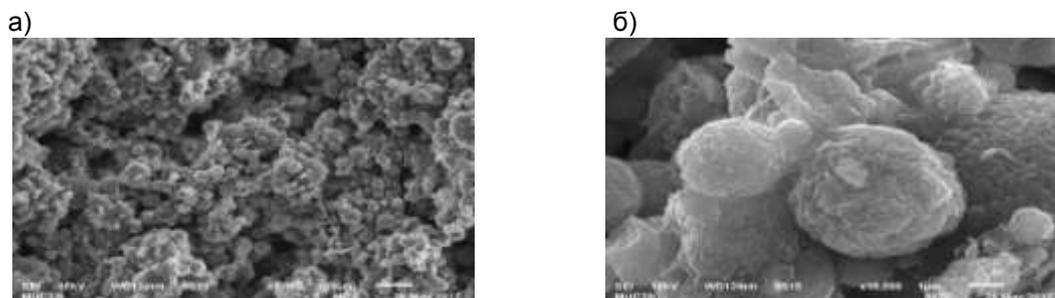


Рис. 5. Микроструктура гидратированного минерала двенадцатикальцевого семиалюмината $12CaO \cdot 7Al_2O_3$ в присутствии пластификатора. СЭМ, увеличение: а – $\times 1000$; б – $\times 10000$

По своей морфологии такие глобулы подобны кубическим кристаллогидратам состава C_3AH_6 поэтому их перекристаллизация не вызовет сильных структурных изменений.

Заключение

Уточнен механизм структурообразования при гидратации двенадцатикальциевого семиалюмината $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ в присутствии пластификатора, заключающийся в образовании мелкодисперсных плохо закристаллизованных гексагональных кристаллов гидроалюмината кальция. Присутствие сульфоалюмината в составе гидратирующегося алюмината кальция замедляет зарождение и рост кристаллогидратов из-за образующейся на поверхности раздела жидкой и твердой фаз пленки, создающей структурно-механический барьер, что вызывает иммобилизацию адсорбционно-связанной воды и затрудняет её доступ к поверхности минерала. Это приводит к замедлению насыщения жидкой фазы, но способствует формированию большего количества центров кристаллизации и росту мелких кристаллов.

Пониженное тепловыделение при гидратации двенадцатикальциевого семиалюмината $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ в присутствии пластификатора снижает скорость перекристаллизации гексагональных гидроалюминатов кальция в кубические. Образовавшиеся в присутствии пластификатора мелкие нестабильные гидроалюминаты кальция гексагональной сингонии, перекристаллизуются в мелкокристаллические гидроалюминаты кальция кубической сингонии, что не приводит к образованию и последующему развитию микротрещин, и, следовательно, не влечет за собой снижение прочности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова Т. В. Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. – М.: Стройиздат, 1986. – 208 с.
2. Ukrainczyk N., Matusinović T. Thermal properties of hydrating calcium aluminate cement pastes. Original Research Article // *Cement and Concrete Research*. – 2010. – Vol. 40, no. 1. – P. 128–136.
3. The influence of filler type and surface area on the hydration rates of calcium aluminate cement / G. Puerta-Falla, A. Kumar, L Gomez-Zamorano [et al.] // *Construction and Building Materials*. – 2015. – Vol. 96, October – P. 657–665.
4. Klaus S. R., Neubauer J., Goetz-Neunhoeffler F. Hydration kinetics of CA_2 and CA – Investigations performed on a synthetic calcium aluminate cement. // *Cement and Concrete Research*, 2013. – Vol. 43, January. – P. 62–69
5. Самченко С. В., Зорин Д. А., Борисенкова И. В. Влияние дисперсности глиноземистого шлака и сульфоалюминатного клинкера на формирование структуры цементного камня // *Техника и технология силикатов*. – 2011. – Т. 18, № 2. – С. 12–14.
6. Кузнецова Т. В., Кривобородов Ю. Р., Самченко С. В. Химия, состав и свойства специальных цементов // *Материалы научно-практической конференции «Химия, химическая технология на рубеже тысячелетия»*. – Томск. – 2000. – № 1. – С. 96–98.
7. Совершенствование свойств глиноземистого цемента и его применение / С. В. Самченко, Т. А. Лютикова, Т. В. Кузнецова [и др.] // *Цемент и его применение*. – 2006. – № 3. – С. 46–48.
8. Гусев Б. В., Кривобородов Ю. Р., Самченко С. В. *Технология порландцемента и его разновидностей: учеб. пособие*. – М.: НИУ МГСУ, 2016. – 112 с.
9. Taylor X. *Cement Chemistry*. – London, 1990. – 607 p.
10. Falzone G, Balonis M., Sant G. X-AFm stabilization as a mechanism of bypassing conversion phenomena in calcium aluminate cements Original Research Article // *Cement and Concrete Research*. – 2015. – Vol. 72, June. – P. 54–68.
11. The Influence of Sodium Hexametaphosphate ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) on Hydration of Calcium Aluminate Cement Under Hydrothermal Condition / M. Palou, E. Kuzielová, M. Žemlička [et al.]. Original Research Article // *Procedia Engineering*. – 2016. – Vol. 151. – P. 119–126.
12. Önder Kırca, İ. Özgür Yaman, Mustafa Tokyay. Compressive strength development of calcium aluminate cement–GGBFS blends. Original Research Article // *Cement and Concrete Composites*. – 2013. – Vol. 35, is. 1, January. – P. 163–170.
13. Nasser Y., Mostafa, Z. I. Zaki, Omar H. Abd Elkader. Chemical activation of calcium aluminate cement composites cured at elevated temperature. Original Research Article // *Cement and Concrete Composites*. – 2012. – Vol. 34, is. 10, November. – P. 1187–1193.
14. Małgorzata Niziurska, Jan Małolepszy, Grzegorz Malata. The Influence of Lithium Carbonate on Phase Composition of Calcium Aluminate Cement Paste. Original Research Article // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 108. – P. 363–370.
15. Кузнецова Т. В., Самченко С. В. *Микроскопия материалов цементного производства*. – М.: МИКХиС, 2007. – 304 с.

REFERENCES

1. Kouznetsova T. V. *Aljuminatnye i sul'foaljuminatnye cementy* [Aluminate and sulfoaluminate cements]. Moscow: Strojizdat, 1986, 208 p (in Russian).
2. Ukrainczyk N., Matusinović T. Thermal properties of hydrating calcium aluminate cement pastes. Original Research Article. *Cement and Concrete Research*, 2010, vol. 40, is. 1, pp. 128–136.

3. Puerta-Falla G, Kumar A., Gomez-Zamorano L., et al. The influence of filler type and surface area on the hydration rates of calcium aluminate cement. Original Research Article. *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 96, October, pp. 657–665.
4. Klaus S. R., Neubauer J., Goetz-Neunhoeffler F. Hydration kinetics of CA2 and CA – Investigations performed on a synthetic calcium aluminate cement. Original Research Article. *Cement and Concrete Research*, 2013, vol. 43, January, pp. 62–69
5. Samchenko S. V., Zorin D. A., Borisenkova I. V. Vliyanie dispersnosti glinozemistogo shlaka i sulfoaluminatnogo klinkera na formirovanie struktury cementnogo kamnja [Influence of dispersion of the alumina slag and sulfoaluminate clinker on structure formation of cement stone]. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*, 2011, vol. 18, no. 2, pp.12–14 (in Russian).
6. Kouznetsova T.V., Krivoborodov Yu. R., Szmchenko S. V. Himija, sostav i svojstva special'nyh cementov [Chemistry, composition and properties of special cements]. *Materialy nauch.-prakt. konf. «Khimiya, k himicheskaja tekhnologiya na rubezhe tysyacheletiya*, Tomsk, 2000, no. 1, pp. 96–98 (in Russian).
7. Samchenko S. V., Lyutikova T. A., Kuznetsova T. V., et al. Sovershenstvovanie svojstv glinozemistogo cementa i ego primenenie [Improvement of properties of aluminous cement and its application]. *Tsement i ego primenenie*, 2006, no. 3, pp. 46–48 (in Russian).
8. Gusev B. V., Krivoborodov Yu. R., Samchenko S. V. *Tekhnologiya portlandtsementa i ego raznovidnostey: uch. posobie* [Technology of Portland cement and its varieties]. M.: NIU MSBU, 2016, 112 p (in Russian).
9. Taylor X. *Cement Chemistry*. London, 1990. 607 p.
10. Gabriel Falzone, Magdalena Balonis, Gaurav Sant. X-AFm stabilization as a mechanism of bypassing conversion phenomena in calcium aluminate cements Original Research Article. *Cement and Concrete Research*, 2015, vol. 72, June, pp. 54–68.
11. Martin Palou, Eva Kuzielová, Matúš Žemlička, Vladimír Živica. The Influence of Sodium Hexametaphosphate (Na₆P₆O₁₈) on Hydration of Calcium Aluminate Cement Under Hydrothermal Condition. Original Research Article. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 151, pp. 119–126.
12. Önder Kirca, İ. Özgür Yaman, Mustafa Tokyay. Compressive strength development of calcium aluminate cement–GGBFS blends. Original Research Article. *Cement and Concrete Composites*, 2013, vol. 35, is. 1, pp. 163–170.
13. Nasser Y. Mostafa, Z. I., Zaki, Omar H. Abd Elkader. Chemical activation of calcium aluminate cement composites cured at elevated temperature. Original Research Article. *Cement and Concrete Composites*, vol. 34, is. 10, November 2012, pp. 1187–1193.
14. Niziurska M, Małolepszy J., Malata G. The Influence of Lithium Carbonate on Phase Composition of Calcium Aluminate Cement Paste. Original Research Article. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 108, pp. 363–370.
15. Kouznetsova T. V., Samchenko S. V. *Mikroskopija materialov cementnogo proizvodstva* [Microscopy of materials of cement production]. Moscow: MIKKHS, 2007, 304 p (in Russian).

НОВЕЙШАЯ ИНФОРМАЦИЯ О НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Московский государственный строительный университет — Козлова И. В. «Структурные модели и механизм влияния стабилизированных суспензий нано- и ультрадисперсных добавок на свойства цементных композиций» (канд. техн. наук).

Предложен механизм стабилизации водных суспензий углеродных нанотрубок и дисперсных шлаков суперпластификаторами. Установлено, что механизм структурообразования цементного камня при введении стабилизированных суспензий основывается на образовании частицами суспензий совместно с первичными кристаллогидратами вяжущего объемного прочного каркаса с последующим уплотнением его гелеобразными продуктами за счет ускорения процессов гидратации клинкерных минералов, что приводит к снижению пористости и формированию плотной структуры цементного камня

Макаров Е. М. «Механизм структурообразования цементного камня в полимерсодержащих вяжущих композициях на основе алюминатных и сульфоалюминатных цементов» (канд. техн. наук).

Показана возможность создания эффективных полимерсодержащих вяжущих композиций на основе портландцемента, сульфоалюминатного или алюминатного цементов с повышенными эксплуатационными свойствами за счет применения поверхностно-активных веществ, таких как редиспергируемый полимер и суперпластификатор, обеспечивающих за счет адсорбционно-модифицированного процесса кристаллизации направленное формирование кристаллогидратов цементного камня различной морфологии, обуславливающих уплотнение и упрочнение цементного камня, что обеспечивает формирование плотной, водонепроницаемой и долговечной структуры ремонтного состава с повышенными эксплуатационными свойствами.

НА НАУЧНЫХ ФОРУМАХ

В сентябре 2019 г. в Праге, Чешская Республика, планируется проведение 15 Международного Конгресса по химии цемента (МКХЦ). Предусматривается следующая тематика:

1. Технология и химия клинкера
2. Гидратация, структура и термодинамика портландцементов
3. Дополнительные вяжущие материалы