

# ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТОВ

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО ВЯЖУЩИМ, КЕРАМИКЕ, СТЕКЛУ И ЭМАЛЯМ

Том 24, № 2

Апрель – Июнь, 2017

### Статья 1

**Бушуева Н. П., Кудеярова Н. П., Панова О. А.**

**Синтез белитового вяжущего на основе слоистых алюмосиликатов**

*Бушуева Н. П.* (px\_2011@list.ru), канд. техн. наук, доцент, *Кудеярова Н. П.*, канд. техн. наук, проф., *Панова О. А.*, аспирант, БГТУ им. В. Г. Шухова, г. Белгород

**Ключевые слова:** слоистые алюможелезистые силикаты, биотит, структура, двухкальциевый силикат, алюминаты кальция, синтез, активность

### Аннотация

Совпадение температурных интервалов процесса декарбонизации  $\text{CaCO}_3$  и дегидратации слоистых алюмосиликатов мусковита и биотита способствует протеканию твердофазовых реакций при относительно низких температурах 900–1250 °С, появлению алюминатов кальция и  $\beta$ -модификации  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ . Продукт обжига при температуре 1200 °С в смеси с кварцевым песком обладает высокой активностью в гидротермальных условиях, прочность при сжатии после шестичасового твердения составляет 45,3 МПа.

### Литература

1. Гуревич Б. И., Тюкавкина В. В. Вяжущие материалы из шлаков черной и цветной металлургии // Цветная металлургия. – 2007. – № 4. – С. 10–16.
2. Кудеярова Н. П. Вяжущие автоклавного твердения. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. – 131 с.
3. Кудеярова Н. П., Цыпченко Н. В. Вяжущее на основе сталеплавильных шлаков // Известия ВУЗов. Строительство. – 2004. – № 5. – С. 48–50.
4. А. с. 1655946 СССР. Вяжущее для изготовления изделий автоклавного твердения / Н. П. Бушуева, Х. С. Воробьев, В. А. Соколовский, Н. П. Кудеярова; заявл. 30.09.90; опубл. 10.11.91. Бюл. № 22.
5. Shapovalov N. A., Bushueva N. P., Panova O. A. Low roasting cementitious material of lime-belite components using flotation waste of residual dumps of wet magnetic separation at the mining and processing complex // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Т. 25, № 12. – С. 1758–1762.
6. Рязин В. П. Использование физико-химических методов анализа для идентификации фазового состава портландцементного клинкера // В кн.: Краткие тезисы докладов на VI Всесоюзном совещании по химии и технологии цемента. – М., 1982. – С. 114–119.
7. Горшков В. С., Тимашев В. В., Савельев В. Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
8. Бушуева Н. П., Панова О. А. Исследование структуры и морфологических превращений слоистых алюмосиликатов при термическом воздействии // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2016. – № 6. – С. 183–185.

### Статья 2

**Шахов С. А., Николаев Н. Ю.**

**Улучшение формуемости керамических масс на основе пылеватых суглинков введением композиционной высокодисперсной добавки**

*Шахов С. А.* (sashakhov@mail.ru), д-р техн. наук, проф., *Николаев Н. Ю.*, магистрант, Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск

**Ключевые слова:** суглинок, осадок водоочистки, гранулированный доменный шлак, коагуляционная структура, структурно-механические характеристики, формовочные свойства, пластическое формование

### Аннотация

С применением метода математического планирования проведены комплексные экспериментальные исследования структурно-механических характеристик формовочных масс на основе низкосортного глинистого сырья и модифицирующих добавок разного генезиса и морфологии. Установлено, что на

деформационное поведение формовочных масс можно оказывать эффективное воздействие за счет выбора соотношения, отличающихся генезисом и морфологией, частиц компонентов комплексной добавки. Совместное введение коллоидных (осадок) и более крупных частиц отощителя (шлак) в соотношении между этими компонентами на уровне 1:1,5–2 позволяет существенным образом снизить долю пластических деформаций, получить массу с оптимальным соотношением всех видов деформаций, улучшить ее формовочные свойства. По результатам экспериментальных исследований выбраны оптимальные составы шихты, включающие наряду с суглинком комплексную добавку на основе доменного гранулированного металлургического шлака и осадка водоочистки.

## Литература

1. Гусь В. А., Высоцкий Е. В., Жарко В. И. Шлаки и их использование в строительной отрасли // Цемент и его применение. – 2009, вып. 4. – С. 41–45.
2. Черняк Л. П., Трубачев В. И., Пышной В. С. Использование доменного шлака в керамических массах // Стекло и керамика. – 1981, № 10. – С. 17–19.
3. Ильин А. П., Прокофьев В. Ю. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов: Монография. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2004. – 316 с.
4. Danforth S. C., Talo I. K., Kwark S. Rheological Behavior of Injection Molding Ceramic-ceramic Composite Formulations // CIM Bull. – 1989. – D2, № 926. – P. 88.
5. Ozkan N., Oysu C., Briscoe B. J. [et al.] Rheological analysis of ceramic pastes // J. European Ceramic Society. – 1999. – Vol. 19, № 16. – P. 2883–2891.
6. Шахов С. А., Рудая Т. Л., Кожемяченко А. С. Изучение возможности применения осадка водоочистки в производстве строительной керамики // Известие Вузов. Строительство. – 2013. – № 1. – С. 54–61.
7. Briscoe B. J., Ozkan N. Characterization of Ceramic Pastes by an Indentation Hardness Test // J. European Ceramic Society. – 1997. – Vol. 17. – № 14. – P. 1675–1683.
8. Doraiswamy D., Tsao I. K., Danforth S. C. Analysis of the Rheological Behavior of Concentrated Ceramic Suspensions // Ceram. Mater. and Compon. Engines. – 1989. – P. 380–398.
9. Методология планирования эксперимента: методические указания к лабораторным работам / сост. Т. П. Абомелик. – Ульяновск: УлГТУ, 2011 – 38 с.
10. Зальманг Г. Физико-химические основы керамики. – М.: Госстройиздат, 1959. – 310 с.

## Статья 3

**Лукина Ю. С., Осипова П. А., Свентская Н. В., Зайцев А. Е.**

### **Синтез и исследование свойств цемента для костной пластики**

Лукина Ю. С. (lukina\_rctu@mail.ru), канд. техн. наук, Осипова П. А., магистрант, Свентская Н. В., канд. техн. наук, РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва, Зайцев А. Е., эксперт, ООО Фирма «ЦЕМИСКОН», Московская обл., г. Подольск

**Ключевые слова:** кальцийфосфатный цемент, брушит, костная пластика

## Аннотация

Получен кальцийфосфатный цемент для костной пластики. Исследованы различные способы получения трикальцийфосфата, являющегося одним из компонентов для получения цемента. Установлено влияние способа синтеза ТКФ на конечные свойства цементного камня. Разработаны составы для получения цемента с наиболее приемлемыми для медицинских целей характеристиками.

## Литература

1. Dahlin C., Sennerby L., Lekholm U. [et al]. Generation of new bone around titanium implants using a membrane technique: an experimental study in rabbits // International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. – 1989. – № 4. – P. 19–25.
2. Nyman S., Lang N. P., Buser D. [et al]. Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: a report of two cases // International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. – 1990. – № 5. – P. 9–14.
3. Becker B. E., Becker W. Regeneration procedures: grafting materials, guided tissue regeneration, and growth factors // Current Opinion in Dentistry. – 1991. – № 1. – P. 93–97.
4. Lang N. P., Hammerle C. H., Bragger U. [et al]. Guided tissue regeneration in jawbone defects prior to implant placement // Clinical Oral Implants Research. – 1994. – № 5. P. 92–97.
5. Jung R. E., Zwahlen R., Weber F. E. [et al]. Evaluation of an in situ formed synthetic hydrogel as a biodegradable membrane for guided bone regeneration // Clinical Oral Implants Research. – 2006. – № 17. – P. 426–433.

6. Schmidlin P. R., Nicholls F., Kruse A., [et al]. Evaluation of moldable, in situ hardening calcium phosphate bone graft substitutes // Clin. Oral Impl. Res. – 2011. – № 10. – P. 1–9. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02315.x.
7. Yuan H., DeBruijn J. D., Li Y. [et al]. Bone formation induced by calcium phosphate ceramics in soft tissue of dogs: a comparative study between porous-alpha-TCP and beta-TCP // J. Mater. Sci. Mater. Med. – 2001. – № 12. – P. 7–13.
8. Kuemmerle J. M., Oberle A., Oechsli C. [et al]. Assessment of the suitability of a new brushite calcium phosphate cement for cranioplasty – an experimental study in sheep // J. Craniomaxillofac. Surg. – 2005. – № 33. – P. 37–44.
9. Habibovic P., Sees T. M., van den Doel M. A. [et al]. Osteoinduction by biomaterials – physicochemical and structural influences // J. Biomed. Mater. Res. – 2006. – Vol. A 77. – P. 747–762.
10. Dorozhkin S. V. Bioceramics based on calcium orthophosphates (review) // Glass. Ceram. – 2007. – Vol. 64. – P. 442–447.
11. Dorozhkin S. V. Bioceramics of calcium orthophosphates // Biomaterials. – 2010. – Vol. 31. – P. 1465–1485.

#### Статья 4

**Беляков А. В., Зо Е Мо У, Попова Н. А., Йе Аунг Мин.**

**Влияние содержания выгорающих добавок на свойства пористой проницаемой керамики из электроплавленного корунда**

*Беляков А. В. (av\_bel@bk.ru), д-р техн. наук, проф., Зо Е Мо У, докторант, Попова Н. А., старший преподаватель, Йе Аунг Мин, аспирант, РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва*

**Ключевые слова:** пористая проницаемая керамика, электроплавленный корунд, открытая пористость, выгорающие добавки

#### Аннотация

Изучена пористая проницаемая керамика, полученная подбором зерновых составов с наполнителем из электроплавленного корунда марок F600 (100–120 мкм), F360 (40–60 мкм) и F120 (10–20 мкм). В качестве упрочняющих связок использовали высокодисперсные порошки корунда (около 2 мкм), легированного 0,25 мас. % MgO, смесь порошков SiC (размер частиц 3–4 мкм) и MgO (размер частиц 1–2 мкм) в соотношении 2:1. В качестве выгорающих добавок использовали карбонат аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . Образцы в виде балочек размером 60x15x5,5 мм получали одноосным полусухим прессованием при давлении 100 МПа, которые обжигали на воздухе при температурах от 1450 до 1550 °С. Предел прочности при изгибе спеченных образцов с выгорающими добавками показали от 9,5 до 45,3 МПа, открытая пористость от 35 до 55%. Образцы перспективны для изготовления фильтров и подложек керамических мембран.

#### Литература

1. Гузман И. Я. Высокоогнеупорная пористая керамика. – М.: Металлургия, 1971. – 283 с.
2. Беркман А. С. Пористая проницаемая керамика. – М.: Стройиздат, 1969. – 170 с.
3. Адушкин Л. Е. Исследование текстуры и ее влияния на свойства пористой керамики: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1970. – 150 с.
4. Химическая технология керамики: учеб. пособие для вузов / Н. Т. Андрианов, В. Л. Балкевич, А. В. Беляков [и др.]. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2011. – 496 с.
5. Hammel E., Ighodaro O. L.-R., Okoli O. I. Processing and properties of advanced porous ceramics: an application based review // Ceram. Int. – 2014. – Vol. 40, № 10. – P. 15351–15370.
6. Thermal and mechanical response of industrial porous ceramics / G. Bruno, I. Pozdnyakova, A. M. Efremov [et al.] // Mater. Sci. Forum. – 2010. – Vol. 652. – P. 191–196.
7. Упрочняющие связки для пористой проницаемой керамики с наполнителем из электроплавленного корунда / А. В. Беляков, Зо Е Мо У, Н. А. Попова, Йе Аунг Мин, В. А. Каримова // Новые огнеупоры. – 2017. – № 2. – С. 25–29.
8. Практикум по химической технологии керамики: учеб. пособие для вузов / Н. Т. Андрианов, В. Л. Балкевич, А. В. Беляков [и др.]; под ред. И. Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2005. – 336 с.
9. Osborn E. F. Phase equilibrium diagrams of oxide systems / ed. by E. F. Osborn, A. Muan // American Ceramic Society with the Edward Orton Jr. Ceramic Foundation, Columbus, OH, 1960. – 204 p.

#### Статья 5

**Кошелев Ю. И., Бубенков И. А., Швецов А. А., Бардин Н. Г., Сорокин О. Ю., Макаров Н. А.**  
**Силицированный графит: физико-химические основы получения и перспективы развития.**  
**Часть 1. Основные физико-химические процессы, протекающие при силицировании**

Кошелев Ю. И., д-р, техн. наук, Бубенков И. А. (i.bubnenkov@mail.ru), д-р техн. наук, Швецов А. А., инженер, Бардин Н. Г., инженер, АО «НИИГрафит», г. Москва; Сорокин О. Ю., канд. техн. наук, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», г. Москва; Макаров Н. А., д-р техн. наук, проф., РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва

**Ключевые слова:** силицированный графит, композит, конструкционный материал, графит, карбид кремния

#### **Аннотация**

Показано, что, вследствие одновременного протекания нестационарных физико-химических процессов, а также их быстротечностью, применение математических моделей не позволяет полностью и однозначно описать процесс силицирования пористых углеродных материалов. В связи с этим, целесообразным является установление эмпирических закономерностей процесса силицирования с одновременной проверкой уже существующих теоретических зависимостей на отдельных стадиях процесса.

#### **Литература**

1. Тарабанов А. С., Костиков В. И. Силицированный графит. – М.: Металлургия, 1977. – 208 с.
2. Eustathopoulos N., Nicholas M. G., Drevet B. Wettability at high temperatures / Ed. by R. W. Cahn. Pergamon, Amsterdam, New-York, 1999. – 429 p.
3. Eustathopoulos N. Fundamental issues of reactive wetting by liquid metals // J. Mater. Sci. – 2010. – Vol. 45, № 16. – P. 4256–4264.
4. Sobczak N., Singh M., Asthana R. High-temperature wettability measurements in metal/ceramic systems – Some methodological issues // Curr. Opin. Solid. St. – М. – 2005. – № 9. – P. 241–253.
5. Сумм Б. Д., Горюнов Ю. В. Физико-химические основы смачивания и растекания. – М.: Химия, 1976. – 232 с.
6. Елютин В. П., Костиков В. И., Маурах М. А. Кинетика растекания титана по графиту // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – М. – 1964. – № 11. – С. 5–10.
7. Селезнев А. Н. Углеродистое сырье для электродной промышленности. – М.: Профиздат, 2000. – 256 с.
8. Dezellus O. Contribution a L'étude Des Mecanismes De Mouillage Reactif: PhD dissertation, Institut National Polytechnique De Grenoble. – France. – 2000. – 273 p.
9. Margiotta J. C., Zhang D., Nagle D. C. [et al.]. Formation of dense silicon carbide by liquid silicon infiltration of carbon with engineered structure // J. Mater. Res. – 2008. – Vol. 23, № 5. – P. 1237–1248.
10. Дерягин Б. В. Определение удельной поверхности пористых тел по скорости капиллярной пропитки // Коллоидный журнал. – 1946. – Том VIII, № 1–2. – С. 27–30.
11. Einset E. Capillary infiltration rates into porous media with application to Silcomp processing // J. Am. Ceram. Soc. – 1996. – № 79. – P. 333–338.
12. Kumar S., Kumar A., Devi R. [et al.]. Capillary infiltration of liquids into 3D-stitched C-C preforms. Part B: kinetics of silicon infiltration // J Eur. Ceram. Soc. – 2009, № 29. – P. 2651–2657.
13. Gern F. H., Kochendörfer R. Liquid silicon infiltration: description of infiltration dynamics and silicon carbide formation // Composites Part A. – 1997. – № 28. – P. 355–364.
14. Gifja A., Tangstad M., Abel Engh T. Wettability of silicon with Refractory Materials // Report of Norw. Univ. of Sci. and Tech. – 2008. – 37 p.
15. Calderon N. R., Voytovych R., Narciso J. [et al.]. Pressureless infiltration versus wetting in AlSi/graphite system // J. Mater. Sci. – 2010. – № 45. – P. 4345–4350.