

УДК 666.798

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОМПОЗИТА

¹Лымарь Е.А., ²Калягин И.А.

¹ОАО «Российские космические системы», Москва, e-mail: k_ialex@mail.ru;

²ОАО «ВНПОГЕМ», Белгород, e-mail: k_ialex@mail.ru

Рассмотрена технология получения композиционного материала на основе глин и металлического алюминия. Показана возможность модифицирования поверхности глинистой составляющей ионами алюминия из водных растворов, с целью ее совмещения с алюминиевым наполнителем. Установлены механизмы взаимодействия молекул модификатора с поверхностью глинистого компонента. Исследованы физико-механические и эксплуатационные свойства керамометаллических композитов. Разработана технологическая схема получения керамометаллических композитов на основе глинистой составляющей и алюминия методом полусухого прессования с последующими сушкой и обжигом.

Ключевые слова: технология, глины, алюминий, свойства

DEVELOPMENT OF CERAMOMETALLIC COMPOSITE PRODUCTION TECHNOLOGY

¹Lymar E.A., ²Kalyagin I.A.

¹Russian space systems, Moscow, e-mail: k_ialex@mail.ru;

²VIOGEM, Belgorod, e-mail: k_ialex@mail.ru

The technology of producing a composite material based on clay and aluminum metal. The possibility of modifying the surface of the clay component of aluminum ions from aqueous solutions, in order to align it with the aluminum filler. The mechanisms of interaction of the molecules with the surface modifier of the clay component. The physico-mechanical and operational properties of ceramic-metallic composites. The technological scheme of obtaining ceramic-metallic composites based on a clay component and aluminum by dry pressing followed by drying and firing.

Keywords: technology, clay, aluminum properties

Особенностями современного строительного материаловедения являются простота и строгость конструктивных форм, при которых особое значение приобретают фактура и долговечность строительных материалов. В связи с этим вопросом, получение отделочных материалов, сочетающих высокие конструктивные, декоративные и эксплуатационные качества с относительно низкой стоимостью, весьма актуальны и требуют подробного изучения.

Цель исследования. В большой мере перечисленным требованиям отвечают материалы автоклавного твердения, у которых связующим веществом являются гидросиликаты кальция, образующиеся из известки и кремнеземистого компонента в период запарки при температуре 180-210⁰С [1 – 18]. Однако существуют определенные «узкие» места, где традиционные строительные материалы из-за недостаточной прочности, ударной вязкости, пластичности, термостойкости и т.п., не в состоянии обеспечить необходимый уровень эксплуатационных свойств, например: аэродромные покрытия для самолетов с вертикальным взлетом, хранилища радиоактивных отходов, отделки подземных сооружений и т.д.

Попытка создания такого материала привела к разработке композиционных строительных материалов, получаемых на основе неметаллической составляющей и металла.

Материалы и методы исследования

При разработке нового композиционного материала выбраны следующие объекты исследования:

- глинистая составляющая, представленная монтмориллонитовой глиной и каолином;
- алюминий.

Применение глинистой составляющей позволяет значительно повысить прочностные свойства композиционных материалов при их эксплуатации при высоких температурах. Кроме того, глинистая составляющая способна в процессе обжига изделия привести к протеканию физико-химических реакций между компонентами, что позволяет получить материал с заданными эксплуатационными характеристиками. Необходимо отметить широкое распространение в природе, доступность и дешевизну применяемых глин по сравнению с другими оксидными системами, которые используются для получения керамометаллических материалов.

Использование алюминиевого наполнителя позволило непосредственно придать композиционному материалу уникальные свойства этого металла [19 – 27], так как алюминий в высшей степени технологичен, хорошо воспринимает пластическую деформацию, позволяет изделию работать в условиях растягивающих и изгибающих напряжений, ударных нагрузок. Хотя алюминий малопрочен, но способен образовывать намного более прочные композиты, которые обладают не только более высокими физико-

химическими и механическими характеристиками, но и имеют небольшой вес.

Кроме того, наряду с хорошими эксплуатационными и техническими характеристиками данные материалы являются частью существующих экосистем, поэтому композиты на их основе в наибольшей степени будут соответствовать современным экологическим требованиям.

Именно такие материалы позволят осуществить их массовое использование в вопросах разработки и получения новых керамометаллических композитов.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований разработана технологическая схема получения керамометаллического композита с наиболее оптимальным соотношением алюминия 20% мас. и глинистой матрицы 80% мас. методом полусухого прессования (с последующими сушкой и обжигом), которая представлена на рис. 1.

В качестве глинистой составляющей использованы обогащенный глуховецкий

каолин и красноярская глина, которые предварительно измельчаются в шаровой мельнице до размера частиц менее 64 мкм.

Металлический алюминий, в зависимости от того, в каком виде он поступает в качестве исходного материала для получения керамометаллического композита (трубки, стержни, пластины и т.д.), предварительно процессу дозирования проходит стадию механической обработки (резки).

Часть глинистого компонента после процесса дозирования поступает в ванну расплава, где его предварительно термообработывают алюминием набором температуры до 660°C (при данной температуре алюминий находится в расплавленном состоянии). При температуре термообработки 660–700°C происходит диспергирование алюминия в глинистой составляющей с образованием порошка алюминия, капсулированного в глинистом компоненте (рис. 2).

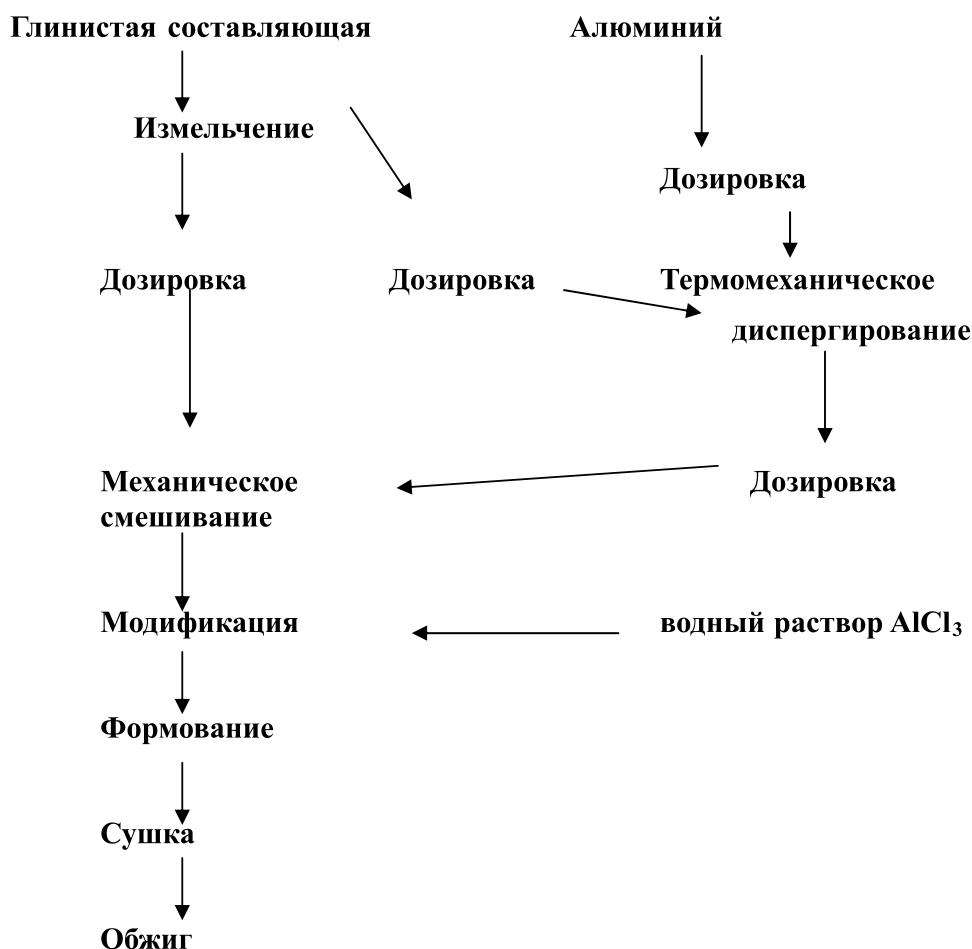


Рис. 1. Технологическая схема получения керамометаллического композиционного композита

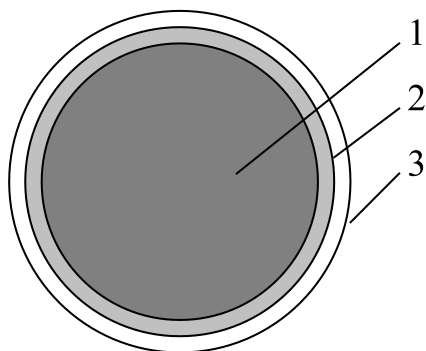


Рис. 2. Структура порошка алюминия, капсулированного в глинистом компоненте: 1 – алюминий; 2 – пленка оксида алюминия; 3 – пленка дегидратированного глинистого компонента

Полученный таким образом порошок подвергается механическому смешиванию с другой частью глинистого компонента до образования однородной смеси, которая затем проходит стадию модифицирования. Целью модифицирования глинистой составляющей было привитие на поверхности их частиц микрослоя алюминия, для обеспечения однородности совмещения глинистого компонента с расплавом алю-

миния при разработке керамометаллического композита.

Для модифицирования глинистой составляющей использован раствор хлорида алюминия. Так как ион хлора Cl^{-1} имеет сравнительно малые размеры, а значит, облегчает гидратацию глинистой составляющей, следовательно, и адсорбцию ионов из водных растворов. Модифицирование твердой поверхности ионами из водных растворов имеет специфические преимущества, связанные с эффектом ориентации ионов модификатора относительно поверхности сорбента за счет электростатического взаимодействия с заряженными активными центрами этого сорбента (или химического взаимодействия).

Для повышения эффективности процесса модифицирования, а также наиболее лучшего распределения раствора между частицами глинистого компонента используется механический способ перемешивания с применением лопастных мешалок. Одновременно с процессом модифицирования происходит увлажнение смеси до 9-10%.

Далее полученная однородная сырьевая масса формуется в разборных пресс-формах методом полусухого прессования при давлении 8,5–9 МПа.

Таблица 1

Основные физико-механические и эксплуатационные свойства керамометаллических композитов

№ п/п	Показатель	Керамометаллический композит, содержащий 20% алюминия, полученный на основе	
		глуховецкого каолина	краснояржужской глины
1	Воздушная усадка, %	0,5	0,6
2	Огневая усадка, %	2,8	4,6
5	Плотность, кг/м ³ истинная кажущаяся	1730	1970
		1650	1740
6	Пористость, % открытая закрытая	4,6	7,4
		1,5	2,1
		3,1	5,3
7	Водопоглощение, %	1,9	2,6
8	Прочность на сжатии, МПа	170	130
9	Прочность на изгиб, МПа	47	34
10	Модуль упругости, МПа	$8,8 \cdot 10^4$	$7,2 \cdot 10^4$
11	Ударная вязкость, кДж/м ²	4,3	3,9
12	Твердость по Бринеллю, НВ (10, 300, 10)	78	65
13	Морозостойкость, циклов	80	80
14	Термостойкость, циклов при 20 – 1000°С	22	22
15	Химическая стойкость: Кислотостойкость, % Щелочестойкость, %	97,8	97,0
		97,7	97,0

После завершения процесса прессования, композиты подвергаются сушке до постоянной массы при температуре 120 °С. Это нужно для удаления механически пришедшей воды, вследствие чего керамометаллический композит приобретает прочность, которая необходима, чтобы материал мог сохранить форму при транспортировке и выдержать нагрузку от вышележащих изделий при садке в печь и обжиге.

Затем керамометаллические композиты на основе глуховецкого каолина обжигают при температурах 1250 °С, на основе красноружской глины – 1100 °С.

В разработанных керамометаллических композитах при повышении температуры непрерывно увеличиваются количество жидкой фазы и ее вязкость вследствие растворения в ней Al_2O_3 и SiO_2 . Поэтому их деформация под нагрузкой при высоких температурах имеет плавный пластический характер, образец не разрушается при испытании, а лишь приобретает боченкообразную форму. Температурный интервал деформации равен 150 – 250 °С.

Полученный керамометаллический композиционный материал имеет однородную структуру и обладает высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями (табл. 1.), которые достигаются благодаря эффективности процесса совмещения модифицированной глинистой матрицы и алюминия.

Выводы

Таким образом, можно утверждать, что разработанные материалы, благодаря своим высоким физико-механическим и эксплуатационным характеристикам, могут быть использованы в качестве строительного материала для изготовления конструкций, работающих при температурах до 1000 °С и внешней нагрузкой до 170 МПа.

Список литературы

1. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2007. – № 10. – С. 4-10.
2. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 3. – С. 45-48.
3. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 13-16.
4. Володченко А.Н. Глинистые породы в производстве силикатного кирпича // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 26. – № 2. – С. 8-10.
5. Володченко А.Н. Взаимодействие мономинеральных глин с гидроксидом кальция в гидротермальных условиях //

Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 30. – № 3. – С. 35-37.

6. Володченко А.Н. Глинистые породы – сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 26. – № 2. – С. 11-14.

7. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Фоменко Ю.В., Алфимов С.И. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье // Бетон и железобетон. – 2006. – № 6. – С. 16-18.

8. Володченко А.Н. Вяжущее на основе магнезиальных глин для автоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 30. – № 3. – С. 38-41.

9. Володченко А.Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 47. – № 4. – С. 29-32.

10. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на оптимизацию микроструктуры автоклавных силикатных материалов // Сборник научных трудов Sworld. – 2012. – Т. 47. – № 4. – С. 32-36.

11. Володченко А.Н. Нетрадиционное сырье для автоклавных силикатных материалов // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 20. – С. 82-88.

12. Володченко А.Н. Влияние глинистых материалов // Инновации в науке. – 2013. – № 21. – С. 23-28.

13. Володченко А.Н. Магнезиальные глины – сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 3-7.

14. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на пластичность газобетонной массы // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 43. – № 1. – С. 7-10.

15. Володченко А.Н. Влияние состава сырья на пластическую прочность газобетонной смеси // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 45-49.

16. Володченко А.Н. Повышение морозостойкости силикатных материалов на основе нетрадиционного сырья // Инновации в науке. – 2013. – № 24. – С. 24-30.

17. Володченко А.А. Свойства безавтоклавных стеновых материалов на основе песчано-глинистых пород // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 17-2. – С. 7-12.

18. Володченко А.А., Лесовик В.С., Чхин С. Повышение эксплуатационных характеристик стеновых материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 3. – С. 29-34.

19. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Особенности создания композитов строительного назначения на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2003. – № 5. – С. 61.

20. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Строительные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Успехи современного естествознания. – 2003. – № 12. – С. 79.

21. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Перспективные композиционные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 2. – С. 69-69.

22. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А., Юрьев А.М. Перспективность использования металло-композитов на предприятиях энергетического профиля // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2004. – № 8. – С. 26.

23. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Конструкционная металлокерамика – один из перспективных материалов современной техники // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2005. – № 9. – С. 111.

24. Ключникова Н.В., Лымарь Е.А. Влияние металлического наполнителя на стадии структурообразования композиционных материалов на основе керамической матрицы // Стекло и керамика. – 2005. – № 10. – С. 19.

25. Ключникова Н.В. Влияние металлического компонента на свойства керамометаллических композитов // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 39. – № 2. – С. 54-60.

26. Ключникова Н.В. Исследование физико-механических свойств керамометаллического композита // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 7. – № 1. – С. 10-15.

27. Ключникова Н.В. Эксплуатационные характеристики строительных композиционных материалов // Сборник научных трудов Sworld. – 2013. – Т. 50. – № 3. – С. 3-8.