

УДК 666.798

**ВЛИЯНИЕ КЕРАМОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА СВОЙСТВА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ****Ключникова Н.В.***Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, e-mail: 4494.55@mail.ru*

Рассмотрено получение огнеупорных керамических материалов с пониженной температурой спекания. Показано, что композиты на основе глин, обладают, кроме всего прочего, высокими огнеупорными свойствами. Качество огнеупорных материалов оценивалось их способностью противостоять действию нагрузок при высоких температурах в течение длительного времени. В ходе исследований было обнаружено, что введение металлического алюминия в глинистые массы позволяет интенсифицировать процесс спекания при более низких температурах. В полученном муллито-корундовом материале отсутствуют фазы кварца, алюминия и алюмосиликатной шпинели, которые обнаружены рентгенофазовым методом при исследовании керамометаллического связующего.

**Ключевые слова:** керамика, огнеупоры, обжиг, связующее, алюминий, спекание**INFLUENCE OF CERAMOMETALLIC COMPOSITES ON FIREPROOF MATERIAL PROPERTIES****Klyuchnikova N.V.***Belgorod State Technological University named after VG Shukhov, Belgorod, e-mail: 4494.55@mail.ru*

Consider getting refractory ceramic materials with low temperature sintering. It was shown that composites based on clays have, inter alia, high refractory properties. The refractory material was evaluated by their ability to withstand tensile stresses at high temperatures for a long time. Studies have found that the addition of metallic aluminum in the clay mass allows to intensify the process of sintering at lower temperatures. In the resulting mullite-corundum material absent phase of quartz, alumina and aluminum silicate spinel, which are found by X-ray method in the study of keramometallic binder.

**Keywords:** ceramics, refractories, baking, binder, aluminum, sintering

В настоящее время особенно остро стоит проблема получения строительных материалов нового поколения, обладающих совокупностью своих специфических свойств. Чем сложнее область применения какого-либо строительного материала, тем многочисленнее комплекс предъявляемых к ним требований.

**Цель исследования.** Пригодность материалов не может быть оценена каким-либо общим свойством. Например, строительный кирпич оценивается пористостью, прочностью, морозостойкостью, точностью формы и размеров [1 – 18]. Однако большой интерес представляют собой композиты на основе глин, обладающие, кроме всего прочего, высокими огнеупорными свойствами. Качество огнеупорных материалов оценивается их способностью противостоять действию нагрузок при высоких температурах в течение длительного времени. Так как корундовая керамика с пониженной температурой спекания и высоким уровнем свойств является одним из наиболее значимых материалов для применения в современной технике, представлялось интересным снизить температуру спекания корундовой керамики и при этом сохранить ее высокие эксплуатационные характеристики путем введения

разработанного композита на основе каолиновых глин и металлического алюминия [19-22] в качестве связующего.

**Материалы и методы исследования**

В качестве исходного сырья использовали электроплавленный корунд, глуховецкий каолин и металлический алюминий. Опытные образцы готовили следующим образом: алюминий плавил в жаростойких тиглях при температуре 660 – 700°C, далее добавляли по частям и при непрерывном перемешивании эквивалентное количество глуховецкого каолина дисперсностью менее 64 мкм; при этом происходило диспергирование алюминия в глинистом компоненте. В результате образуются частицы размером менее 0,3 мкм. Структура полученного порошка алюминия, капсулированного в глинистом компоненте, представлена алюминием, покрытым пленками оксида алюминия и дегидратированного глинистого компонента, который представлен метакаолинитом и дегидратированной глиной.

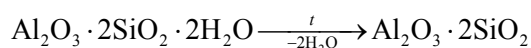
Как известно, корундовую керамику обжигают при температуре 1550–1750°C в зависимости от состава и количества вводимых добавок. В ходе наших исследований [23-27] было обнаружено, что введение металлического алюминия в глинистые массы позволяет интенсифицировать процесс спекания при более низких температурах.

Понижение температуры спекания керамики, как известно, может быть осуществлено посредством введения добавок, образующих жидкую фазу в ходе спекания, которая хорошо смачивает кристаллы корунда, имеет достаточно низкую температуру образования

и высокое поверхностное натяжение. При спекании корундовой керамики эффективными являются добавки эвтектического состава, позволяющие понизить температуру спекания до 1350-1450°C и получить плотные образцы при обжиге в воздушной среде.

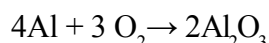
При введении металлического алюминия в каолин протекают следующие процессы.

В интервале температур 450–600°C идет дегидратация каолинита с образованием метакаолинита:

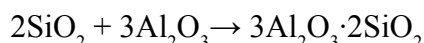
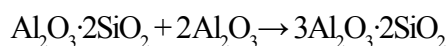


При термомеханическом диспергировании металлического алюминия в каолине образуются частицы алюминия, капсулированного в метакаолините.

Свыше 660°C идет процесс окисления алюминия с образованием оксида алюминия:



При температурах от 900°C и выше, как показали наши исследования [25-33], выкристаллизовывается муллит, в образовании которого принимает участие активный оксид алюминия, полученный на 3 стадии.



Теоретический расчет количественного состава керамометаллического связующего, исходя из приведенных реакций, показал, что для полного перехода метакаолинита и кварца в муллит необходимо введение 30% металлического алюминия в каолин.

Затем полученный порошок алюминия, капсулированного в глинистой составляющей, охлаждали. Далее исходный каолин смешивали с приготовленным ранее порошком из расчета, что вся шихта должна содержать 30% алюминия. Полученные таким образом сырьевые смеси модифицировали водным раствором хлорида алюминия.

### Результаты исследования и их обсуждение

Полученную композиционную смесь смешивали с электроплавленным корундом, размолотым до частиц дисперсностью менее 64 мкм (табл. 1).

Для придания изделиям необходимой плотности и формы, полученная сырьевая масса формовалась методом полусухого прессования при давлении 30 МПа.

После завершения процесса прессования, образцы подвергались сушке до постоянной массы при температуре 120 °C. Далее образцы обжигали в силитовой печи при температурах 1250 – 1400°C.

При исследовании муллито-корундового материала на основе электроплавленного корунда и керамометаллического связующего рентгенофазовым методом были зафиксированы рефлексы при 5.704, 4.505, 3.043, 2.440, 1.524, 1.403Å, характерные фазе α- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и рефлексы при 5.404, 3.430, 2.697, 2.344, 2.219, 2.129, 1.524Å, характерные фазе муллита.

В полученном муллито-корундовом материале отсутствуют фазы кварца, алюминия и алюмосиликатной шпинели, которые обнаружены рентгенофазовым методом при исследовании керамометаллического связующего. Это свидетельствует о том, что алюминий полностью окисляется и реагирует с метакаолинитом и кварцем до образования муллита.

Исследования спекаемости материалов, показали, что температура спекания материала уменьшается при введении керамометаллического связующего.

Можно сделать вывод, что введение керамометаллического связующего до 20% позволяет снизить температуру обжига до 1350 °C. Кроме того, водопоглощение муллито-корундового материала, обожженного при данной температуре, также снижается с увеличением содержания керамометаллического связующего.

Физико-механические и эксплуатационные свойства муллито-корундового материала с содержанием керамометаллического связующего представлены в табл. 2.

Таблица 1

Количественное содержание компонентов в материалах

Компонент	Содержание, % мас.			
	Состав шихты			
	1	2	3	4
Электроплавленный корунд	95	90	80	70
Композиционная смесь на основе глуховецкого каолина с 20%-ным содержанием алюминия	5	10	20	30

Таблица 2

Физико-механические и эксплуатационные свойства муллито-корундового материала

Наименование показателей	Показатели свойств муллито-корундового материала, обожженного при температуре, °С			
	1250	1300	1350	1400
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,1	3,4	3,63	3,66
Пористость, %	8,3	5,6	4,6	4,5
Водопоглощение, %	2,67	1,65	1,27	1,23
Предел прочности на сжатие, МПа	12	59	143	146
Предел прочности при изгибе, МПа	5	17	48	49
Термостойкость, циклы	15	40	80	80

### Заключение и выводы

Таким образом, анализируя полученные данные можно утверждать, что введение керамометаллического связующего в корундовую керамику позволяет уменьшить температуру спекания материала при этом сохранить его физико-механические и эксплуатационные свойства, а также снизить себестоимость композита. Следовательно, композиты на основе каолиновой глины и металлического алюминия можно использовать в качестве связующего при изготовлении муллито-корундовой керамики.

Выявлено, что присутствующий в керамометаллическом связующем алюминий полностью окисляется и реагирует с метаксаолинитом и кварцем до образования муллита.

Установлен оптимальный состав муллито-корундового материала, содержащего 80% электроплавленного корунда и 20% керамометаллического связующего.

### 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 автоклавные 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 минералов на свойства автоклавных силикатных 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.