

К. Т. Н. А. Р. Мурзакова (✉), Е. А. Гончаренко, Э. А. Хайдаршин

ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, Россия

УДК 666.777.017:620.173.25

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИОННОЙ КЕРАМИКИ

Рассмотрено влияние состава и структуры на технологические свойства профилированных изделий, полученных из наноструктурированной многофункциональной композиционной керамики методом экструзии.

Ключевые слова: наноструктурированная многофункциональная композиционная керамика, профилированные изделия, экструзия.

Известны способы производства изделий из керамики, композиционной керамики, наноструктурированной композиционной керамики (НКК). Технологические свойства изделий зависят от способов производства и методов их формования.

Разработана технология производства изделий из наноструктурированной композиционной керамики методами сухого и полусухого прессования, пластического формования. Одна из особенностей наноструктурированных безобжиговых композиций — способность образовывать твердофазные структуры при относительно невысоких температурах с сохранением прочностных характеристик при нагревании до высоких температур в процессе эксплуатации [1]. Последующая термообработка заготовки при температурах значительно более низких, чем требуется для аналогичной керамики без применения наносвязок, приводит к приобретению изделием требуемых свойств. Изменение прочности керамической композиции показывает, что она приобретает после термообработки при 300°C и выше в результате химического взаимодействия заполнителя с наносвязующим компонентом.

Целью данной работы является разработка технологии изготовления профилированных изделий на основе наноструктурированной компо-

зиционной керамики методом экструзии, а также определение влияния основных параметров на свойства изделий.

Формование керамических труб и других профильных изделий проводили на вакуумном поршневом экструдере ECT-Piston Press (Германия) с максимальным давлением прессования до 300 МПа (рис. 1). В соответствии с технологией экструзии изделий на основе наноструктурированной композиционной керамики сначала смешивали жидкие связующие с порошковой частью (оксидами металлов) до получения однородной пластичной массы. В зависимости от тех-



Рис. 1. Вакуум-пресс ECT-Piston Press (Германия)



А. Р. Мурзакова
E-mail: mursalina@bk.ru

нических условий на профилированное изделие к полученной массе добавляли различные виды керамических наполнителей. Далее отформованные изделия сушили при комнатной температуре в течение 12–24 ч; в сушилках при 100–150 °С 12 ч; при 350–400 °С 5 ч, затем изделия обжигали при 700 °С.

Были изготовлены композиции на основе НКК из электрокорунда и химических связующих для формования изделий методом экструзии под давлением до 250 МПа. Состав масс следующий: электрокорунд от 10 до 0,1 мкм 70 мас. %, алюмосиликатный нанопорошок <200 мкм 15 мас. %, наносвязка (неорганическое связующее) в количестве до 10 % (табл. 1).

Таблица 1. Составы для изготовления изделий методом экструзии, %

Состав	Фракция				Неорганическое сухое связующее
	крупная	средняя	мелкая	тонкая	
1	30	40	10	10	12
2	30	35	15	15	10
3	30	35	17	15	8
4	30	35	18	15	4

Исследовано влияние влажности на формуемость профилированных изделий. На рис. 2 представлена влажность, при которой наблюдается наилучшая формуемость для составов 1–4 (см. табл. 1). Так, для масс состава 1 наилучшая формуемость наблюдается при влажности 25 %, состава 2 оптимальная влажность 23 %, для составов 3 и 4 — 20 и 17 % соответственно. Для дальнейших исследований пластичную массу составов 1–4 (см. табл. 1) готовили с оптимальной влажностью.

Существует возможность оптимизации технологии получения корундовых материалов на неорганических связующих с заданными свойствами по данным о деформации под нагрузкой при температурах до 1550 °С [2, 3]. В процес-

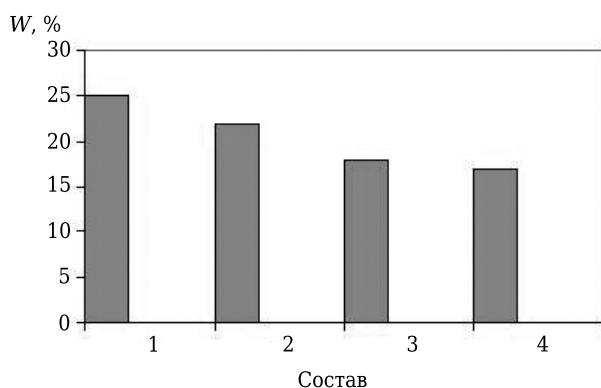


Рис. 2. Влияние влажности W на формуемость трубчатых изделий

се изготовления профилированных изделий из НКК методом экструзии изучали влияние дисперсности исходного порошка на деформацию композиции. Исходные порошки мололи в шаровой мельнице в течение различных интервалов времени, затем определяли удельную поверхность порошков. В результате с использованием оптического метода или лазерного анализатора, а также расчетным путем для каждого из них найдены значения размеров зерен. Выбраны данные о средних значениях размеров зерен порошков и изучена зависимость деформации композиции, в состав которой входят порошки дисперсностью 6–10, 2–4, менее 1 и 12 мкм. Деформация образцов под нагрузкой 0,2 МПа ($T : Ж = 2:1$, $t_{обр} = 800$ °С) в зависимости от размера зерен наполнителя меняется таким образом, что при уменьшении размера зерна от 10 до 1 мкм и менее она увеличивается, а температура начала деформации практически не меняется и составляет около 1100 °С; с увеличением размера зерна до 12 мкм температура начала деформации снижается до 950 °С, дальнейший нагрев до 1200 °С приводит к увеличению деформации образцов примерно в 1,8 раза по сравнению с образцами состава, в котором дисперсность порошков 6–10 мкм. Влияние дисперсности порошка на деформацию под нагрузкой исследовано при 1200 °С. С уменьшением размера частиц от 10 до 1 мкм деформация и скорость деформации (ползучесть) увеличиваются.

При плотнейшей упаковке зернистых наполнителей межкристаллитное скольжение со временем приводит благодаря заклиниванию зерен или их рекристаллизации к созданию деформационно-устойчивого каркаса. При этом проскальзывание будет затруднено, и дальнейшая ползучесть идет в режиме диффузионно-вязкого течения.

Вследствие этого с увеличением размера зерен от <1 до 10 мкм деформация и скорость ползучести уменьшаются, а далее при размерах зерен более 10 мкм возрастают из-за диффузионно-вязкого течения материала в первом случае и уменьшения межзеренного контакта и образования больших пор во втором. Были определены оптимальный зерновой и фракционный составы испытываемых масс.

Изучена зависимость высокотемпературной деформации образцов составов 1–4 для изготовления профилированных изделий. Наибольшее влияние на деформацию под стандартной нагрузкой 0,2 МПа при 1550 °С оказывает содержание неорганического связующего, заметно влияет также температура термообработки, меньше влияние давления прессования от 50 до 250 МПа; еще меньше влияние продолжительности выдержки при термообработке образцов в пределах 12–16 ч.

Исследована зависимость деформации под нагрузкой от содержания неорганического сухого связующего в интервале от 2 до 10 мас. % при температуре термообработки 1350 °С с выдержкой при этой температуре в течение 10 ч; скорость подъема температуры 0,2–0,5 град/мин до 70 °С, 1–1,5 град/мин от 70 до 300 °С, 3,5 град/мин свыше 300 °С. Величины деформации под нагрузкой 0,2 МПа при 1550 °С, определенные экспериментально для корундовых масс с содержанием сухого неорганического связующего от 4 до 12 мас. %, оказались одинаковыми в пределах погрешности экспериментов (± 10 %). Установлено, что с ростом содержания связующего от 4 до 12 % корундовые составы приобретают возрастающую сопротивляемость механическим напряжениям при высоких температурах. Полученные уравнения регрессии дают возможность производить расчеты составов из НКК с заданными свойствами с учетом данных по деформации под нагрузкой при 1550 °С.

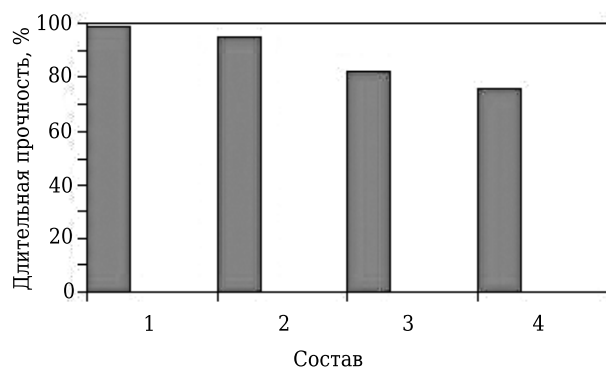


Рис. 3. Влияние состава на длительную прочность

Приведены результаты изучения прочности при сжатии в нагретом состоянии (при 1200 и 1400 °С) образцов полученных составов в зависимости от содержания сухого неорганического связующего. Для испытаний на сжатие в нагретом состоянии образцы предварительно нагревали в печи до 900 °С, затем их поочередно переносили в печь с температурой 1400 °С. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Библиографический список

1. Мурзакова, А. Р. Технология эффективных многофункциональных керамических композиционных материалов / А. Р. Мурзакова, У. Ш. Шаяхметов, И. М. Валеев // Огнеупоры и техническая керамика. — 2012. — № 1/2. — С. 37–39.
2. Мурзакова, А. Р. Исследование высокотемпературной деформации и ползучести композиционных материалов на основе корундового и пиррофиллитового сырья / А. Р. Мурзакова, У. Ш. Шаяхметов, В. С. Бакунов // Новые огнеупоры. — 2012. — № 8. — С. 20–24.

Murzakova, A. R. Study of high-temperature deformation and creep of composite materials based

Таблица 2. Зависимость прочности $\sigma_{сж}$ от содержания неорганического связующего и температуры

Содержание неорганического сухого связующего, мас. %	$\sigma_{сж}$ при 20 °С, МПа	$\sigma_{сж}$ при 1400 °С, МПа
4	13,1	2,8
8	17,3	7,6
10	21,2	11,4
12	28,8	13,8

Видно, что предел прочности при сжатии возрастает до максимальных значений при увеличении содержания в композиции сухого неорганического связующего, при этом деформация значительно снижается. Увеличение ее свыше 12 % не приводит к заметному изменению прочности. С повышением температуры испытаний от 1200 до 1400 °С предел прочности при сжатии снижается с 20 до 13 МПа. Наименьшая деформация при максимальном содержании сухого неорганического связующего в количестве 12 мас. % наблюдается у образцов всех составов.

Изучена длительная прочность образцов трубчатой формы при оптимальной влажности пластичной массы, применяемой для их формования (рис. 3). Для состава 1 она составила 99 %, 2 — 98 %, 3 — 95 % и 4 — 84 %.

Таким образом, по результатам проведенных исследований деформационно-механических свойств масс разработанных составов для получения профилированных изделий методом экструзии на вакуумном поршень-прессе наиболее оптимальными технологическими характеристиками обладают массы составов 1 и 2. Из масс этих составов получены трубчатые изделия со следующими характеристиками: предел прочности при сжатии не менее 30 МПа, дополнительная линейная усадка при 1200 °С не более 0,5 %, термостойкость (800 °С – вода) не менее 10 циклов, температура применения 1300–1600 °С.

on corundum and pyrophyllite raw material / A. R. Murzakova, U. Sh. Shayakhmetov, V. S. Bakunov // Refractories and Industrial Ceramics. — 2012. — Vol. 53, № 4. — P. 242–245.

3. Шаяхметов, У. Ш. Особенности высокотемпературной ползучести безобжиговых керамических материалов / У. Ш. Шаяхметов, А. Г. Мустафин. — М. : Химия, 2005. — 224 с. ■

Получено 10.10.13

© А. Р. Мурзакова, Е. А. Гончаренко, Э. А. Хайдаршин, 2014 г.