

9. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах (СанПиН 42-123-4089–86). – М., 1986, – 56 с.

УДК 621

Петюшик Е.Е., Афанасьева Н.А.

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНОЙ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

БНТУ, г. Минск

В настоящее время весьма интенсивно разрабатываются методы изготовления конструкционной и функциональной нанокерамики. Актуальность проблемы связана с уникальностью свойств керамических материалов, состоящих из зерен размерами порядка 10..100 нм, которые занимают промежуточный масштабный уровень между молекулами и массивным материалом. Это обуславливает их высокие физические, механические, химические, термодинамические свойства, реализация которых приведет к созданию нового поколения современных материалов во всех отраслях машиностроения, медицине и т.д. [1].

Технология получения нанокерамики включает получение порошков с нанометровым размером частиц, их компактирование и спекание, исключаяющее эффекты рекристаллизации [2-5].

Для производства тонкой керамики применяются ультрадисперсные порошки (УДП) соответствующих составов [6, 7]. Нанокерамика при ее получении требует использования порошков с характерным размером частиц ~50..150 нм. Методы получения керамических нанопорошков можно разделить по природе используемых в них процессов на три основные группы: механические, физические и химические [2, 3, 6].

Механические методы производства керамических порошков используют традиционные технологические приемы. Тонкий размол и смешивание осуществляют в шаровых, вибрационных, планетарных, струйных мельницах [3, 6]. Важную роль при этом играют скорость вращения, количество и форма размольных тел, масса загрузки и среда размла. После размла порошки содержат агломераты, состоящие из частиц размером 0,08..0,15 мкм

[4, 6]. Методы механического получения керамических порошков энергоемки и длительны во времени, кроме этого, возможно загрязнение порошков примесями футеровки и добавками ПАВ, что влечет за собой необходимость дополнительной операции отмычки нанопорошка [6].

Физические методы получения нанопорошков основаны на процессах испарения – конденсации в вакууме, в среде разреженного газа либо в плазменной струе [6, 8]. Размер частиц порошка в этом случае составляет 0,05..0,1 мкм. При распылении растворов солей металлов в плазме с температурой 5000К получены порошки в системе $Al_2O_3-ZrO_2$ с размером частиц порядка 0,01..0,03 мкм [3, 6-8]. К физико-химическим методам можно отнести также формирование частиц порошка в результате химических реакций между газообразными компонентами с последующей конденсацией. Физические и физико-химические методы производства нанопорошков являются высокопроизводительными, однако требуют сложного оборудования, порошки имеют относительно широкое распределение частиц по размерам и содержат большое количество газообразных веществ, что осложняет управление микроструктурой порошков [3].

Химические методы синтеза дают возможность контролировать процессы образования порошка, упаковки его частиц и придания им формы, а следовательно, и последующее поведение при спекании, развитие микроструктуры и фазового состава керамики. К химическим методам относятся: осаждение; гидролиз; гидротермальный синтез; золь-гель технология; разложение растворов выпариванием и др. [9-12].

Основные проблемы технологии нанокерамики связаны с обеспечением равномерной плотности прессовок требуемой формы из наночастиц, склонных к агломерированию, и сохранением наноструктуры при спекании. Формование изделий из нанопорошков чаще всего ведут различными видами прессования и шликерным литьем. Способы прессования заготовок из порошка различают в зависимости от температуры прессования (холодное или горячее) и по виду приложения давления (одностороннее, двухстороннее и трехстороннее, включая изостатическое), а также с приложением вибрации и с использованием энергии взрыва. При холодном прессовании высокая дисперсность нанопорошка не позволяет получать высокоплотную керамику [13, 14]. В связи с этим усадка при спекании

достигает 25 %, а при использовании высоких давлений прессования в образцах могут образовываться трещины.

Перспективным методом изготовления крупногабаритных изделий является изостатическое прессование, основное преимущество которого заключается в возможности получить заготовки с равномерно распределенной по объему плотностью [15].

Для обеспечения равномерной плотности и минимальных внутренних напряжений в прессовках авторами [16] разработан метод сухого (без применения пластификаторов) компактирования керамических нанопорошков различных составов, основанный на ультразвуковом воздействии различной мощности на порошок в процессе его одноосного прессования.

Одним из самых распространенных методов формования керамических материалов является шликерное литье. В последнее время, наряду с традиционными способами (наливным и сливным), применяются центробежное и ленточное литье, коллоидообразующие методы, горячее литье под давлением термопластичных шликеров в металлические формы, формование изделий замораживанием в тонкостенных формах из материала с высокой теплопроводностью [13]. В отличие от методов прессования при шликерном литье частицы нанопорошка не испытывают нагрузки и не деформируются. В процессе впитывания жидкой части шликера формой, частицы укладываются довольно плотно друг к другу, образуя ненапряженную регулярную микроструктуру с плотной упаковкой частиц.

Основной технологической операцией в процессе получения керамических материалов с оптимальной зернистой и гетерофазной структурой является спекание. Установлено, что порошки размером порядка 10 нм спекаются в 10^6 - 10^8 раз быстрее, чем порошки микронного размера [17]. Обычно температура спекания керамики из нанопорошков находится в диапазоне температур 500..1200 °С [18].

В настоящее время рядом предприятий и научных организаций разработаны и освоены технологии изготовления различных конструкционных и функциональных нанокерамических материалов. Так, в Российском федеральном ядерном центре РФЯЦ-ВНИИЭФ разработаны технологии получения консолидированных наноматериалов – металлов, керамик, полимеров, покрытий [19], нанопористых фильтрующих материалов, катализаторов. В Институте физики прочности и материаловедения СО РАН разработана технология

получения новых высокопрочных и высоковязких металлических и керамических материалов с нанокристаллической структурой на основе нанопорошков на основе ZrO_2 , обладающих высокой активностью при спекании, разработаны способы синтеза керамики из нанопорошков с объёмом порового пространства от 10 до 60 % и размером пор от 1 до 1000 мкм. Получена термостойкая керамика с плотностью до 98 % от теоретической при высокой равномерности распределения упрочняющей фазы. Конструкционная керамика применяется для изготовления следующих изделий: ножи и фильеры для переработки пластмасс и протяжки проволоки, резки химических волокон, лезвия бытовых ножниц и медицинских скальпелей, форсунки распылительных камер, уплотнения, штуцеры, крыльчатки и др. Пористые керамические материалы могут применяться для изготовления каркасов для топливных ячеек, активных элементов для микродвигателей управления космическими аппаратами, пористых емкостей для утилизации химических отходов, фильтров, носителей катализаторов и др. [20].

В БНТУ, г. Минск разработана технология получения пористой наноструктурной керамики, позволяющая исключить стадии синтеза нанопорошка, компактирования и спекания. В основе технологии лежит процесс гидратационного твердения пигментной алюминиевой пудры марки ПАП-2. Эта технология получения пористой наноструктурной керамики представляет значительный интерес, поскольку процесс позволяет сформировать пористое керамическое тело на стадии твердения при температуре не выше $100^\circ C$ [21, 22].

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриевский, Р.А. Свойства нанокристаллических тугоплавких соединений. (Обзор) / Р.А. Андриевский // Порошковая металлургия. – 1993. – № 11–12. – С. 85–87.
2. Зубов, В.И. Некоторые размерные эффекты и свойства ультрадисперсных систем / В.И. Зубов // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д.И. Менделеева, Т. XXXVI. Тонкодисперсные порошки и материалы на их основе. – 1991. – № 2. – С. 135–141.
3. Дудник, Е.В. Методы получения дисперсных порошков на основе диоксида циркония / Е.В. Дудник [и др.] // Порошковая металлургия. – 1993. – № 7. – С. 24–26.

4. Анциферов, В.Н. Влияние тонкого измельчения на структуру и свойства диоксида циркония / В.Н. Анциферов, И.Г. Севастьянов // Огнеупоры. – 1994. – № 2. – С. 2–8.
5. Лукин, Е.С. Современная высокоплотная оксидная керамика с регулируемой микроструктурой. Влияние агрегации порошков оксидов на спекание и микроструктуру керамики / Е.С. Лукин // Огнеупоры и техническая керамика. – 1996. – № 1. – С. 5–14.
6. Денисенко, Э.Т. Дисперсные кристаллические порошки / Э.Т. Денисенко, О.П. Кулик, Т.В. Еремина // Порошковая металлургия. – 1983. – № 4. – С. 4–5.
7. Рыкалин, Н.Н. Возможность получения ультрадисперсных порошков / Н.Н. Рыкалин [и др.] // Порошковая металлургия. – 1984. – № 5. – С. 34–38.
8. Троицкий, В.Н. Фазовый состав ультрадисперсного диоксида циркония / В.Н. Троицкий [и др.] // Неорганические материалы. – 1994. – Т. 30. – № 11. – С. 1436–1440.
9. Дзисько, В.А. Основы методов приготовления катализаторов / В.А. Дзисько. – Новосибирск: Наука, 1983. – 260 с.
10. Дзисько, В.А. Физико-химические основы синтеза окисных катализаторов / В.А. Дзисько, А.П. Карнаухов, Д.В. Тарасова. – Новосибирск: Наука, 1978. – 384 с.
11. Комаров, В.С. Физико-химические основы регулирования пористой структуры адсорбентов и катализаторов / В.С. Комаров, И.Б. Дубницкая. – Минск: Наука и техника, 1981. – 336 с.
12. Неймарк, И.Е. Синтетические минеральные адсорбенты и носители катализаторов / И.Е. Неймарк. – Киев: Наукова думка, 1982. – 216 с.
13. Дудник, Е.В. Методы формования дисперсных порошков на основе диоксида циркония / Е.В. Дудник [и др.] // Порошковая металлургия. – 1993. – № 8. – С. 16–21.
14. Лукин, Е.С. Особенности получения прочной керамики, содержащей диоксид циркония / Е.С. Лукин [и др.] // Огнеупоры. – 1991. – № 9. – С. 5–9.
15. Реут, О.П. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов / О.П. Реут, Л.С. Богинский, Е.Е. Петюшик. – Минск: Дебор, 1998. – 258 с.
16. Хасанов, О.Л. Ультразвуковая технология изготовления конструкционной и функциональной нанокерамики / О.Л. Хасанов [и др.] // Перспективные материалы. – 2002. – №1 – С. 76–83.

17. Пат. 4742030 США, МКИ С 04 В 35/48, С 01 G 25/02.

18. Siegel, R.W. Nanostructured materials mind over matter / R.W. Siegel // NanoStructred Materials. – 1994. – Vol. 4, № 1. – P. 121–138.

19. Савкин, Г. Нанотехнологии и создание материалов по замыслу / Г.Савкин, В.Пискунов, К.Жогова, В.Незнамов // Наноиндустрия. – 2007. – № 4. – С. 30–33.

20. Керамические композиционные материалы с нанокристаллической структурой и регулируемой пористостью / Институт физики прочности и материаловедения СО РАН [электронный ресурс]. – 2009.– Режим доступа: <http://www.ispms.ru>. – Дата доступа: 19.08.2009.

21. Романенков, В.Е. Механизм и кинетика формирования наноструктурной керамики при гидратационном твердении алюминиевой пудры / В.Е. Романенков, Н.А. Афанасьева // Порошковая металлургия: сб. науч. статей / НАН Б; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск, 2008. – Вып. 31. – С. 64–69.

22. Петюшик, Е.Е. Структурные свойства пористой керамики, полученной методом гидратационного твердения дисперсного алюминия / Е.Е. Петюшик, Н.А. Афанасьева, В.Е. Романенков // Порошковая металлургия: сб. науч. статей / НАН Б; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск, 2009. – Вып. 32. – С. 169–173.

УДК 621.763

Прохоров О.А.¹, Ильющенко А.Ф.¹, Петюшик Е.Е.¹, Дробыш А.А.²

О ВЛИЯНИИ СОДЕРЖАНИЯ ШТАПЕЛИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА НА ХАРАКТЕРИСТКИ ЗАГОТОВОК УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹ ГНПО Порошковой металлургии; ² БНТУ, г. Минск

Благодаря уникальным свойствам, чрезвычайно высокой химической стойкости, термочности, термостойкости и удельной прочности углеродные композиционные материалы (УКМ) нашли