

покрытий, осажденных из фильтрованной вакуумно-дуговой плазмы / В. Васильев [и др.] // Вопросы атомной науки и техники. – 2009. – № 2. – С. 173-180.

7. Береснев, В.М. Многокомпонентные и многослойные вакуумно-дуговые покрытия для режущего инструмента / В.М. Береснев, М.Ю. Копейкина, С.А. Клименко // Вопросы атомной науки и техники. – 2008. – № 1. – С. 152-158.

8. Андреев, А.А. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия / А.А. Андреев, В.П. Саблев, В.М. Шулаев. – Харьков: «ННЦ «ХФТИ»», 2005. – 235 с.

9. Коротаев, А.Д. Наноструктурные и нанокompозитные сверхтвердые покрытия / А.Д. Коротаев [и др.] // Физическая мезомеханика. – 2005. – № 5. – С.103-116.

10. Волосова, М.А. Технологические принципы осаждения износостойких нанопокpытий для применения в инструментальном производстве / М.А. Волосова, С.Н. Григорьев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2010. – № 6. – С. 37-42.

УДК 666.3-022.532-026.564.3+661.862'022

Петюшик Е.Е., Афанасьева Н.А., Дробыш А.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОСТРУКТУРНОЙ КЕРАМИКИ

БНТУ, Минск

Для изучения комплекса структурных и каркасных характеристик наноструктурной керамики (НСК), полученной методом гидратационного твердения дисперсного алюминия марки ПАП-2, с бипористой структурой были использованы стандартные методики, используемые в каталитическом материаловедении и порошковой металлургии.

В результате исследования процесса твердения ПАП-2 установлено, что сформированная наноструктурная керамика (НСК) имеет бипористую структуру и состоит из соединенных

контактами наночастиц бемита округлой формы с преобладающим размером около 100 нм. Агломерат наночастиц формирует систему сообщающихся нанопор. Наночастицы формируют также систему пористых пластин толщиной около 1 мкм. В свою очередь, пористые пластины формируют систему сообщающихся щелевидных макропор.

В результате растворения пластинчатых частиц алюминия на их поверхности формируется пористый слой бемита, который затрудняет доступ жидкого реагента – воды к реакционной поверхности. Вследствие этого процесс твердения контролирует диффузия растворенного вещества – ионов алюмината через растущий пористый слой бемита. Поэтому даже через 1,5–2 ч твердения в центре отдельных пористых пластин можно наблюдать фрагменты исходного еще не растворенного алюминия.

Наноструктура НСК зависит от температуры термообработки. Наночастицы бемита, сформированные в процессе гидратационного твердения дисперсного алюминия, состоят из первичных частиц сферической формы размером до 10 нм кристаллического строения. Термообработка бемита при 550–600 °С приводит к полному превращению в γ -Al₂O₃, структура которого представляет систему параллельно расположенных и плотно упакованных игольчатых кристаллитов с поперечным размером приблизительно 5 нм и длиной около 100...150 нм, которые формируют систему параллельных нанопор. Полное удаление кристаллизационной воды при 600 °С сопровождается увеличением удельной поверхности в ~1,5 раза и объема нанопор в ~2,5 раза при неизменном эффективном размере нанопор, что характерно и для бемита, полученного методами коллоидной химии.

При температурах термообработки выше 600 °С происходит увеличение механической прочности от 20,5 до 30,5 МПа при неизменной суммарной пористости НСК. Одновременно происходит непрерывное и плавное уменьшение удельной

поверхности, которая наиболее чувствительна к воздействию высоких температур и при 1050 °С уменьшается в 5 раз.

Изотермы адсорбции-десорбции азота на НСК имеют характерные для нанопористых материалов петли гистерезиса. С увеличением температуры термообработки до 1050 °С происходит уменьшение ширины петли гистерезиса, которое свидетельствует об увеличении среднего размера нанопор. Увеличение преобладающего диаметра и снижение объема нанопор при 850...1050 °С, а также кривые распределения нанопор по размерам при постоянной суммарной пористости НСК свидетельствуют о наличии процесса «внутреннего спекания», который характерен для ультрадисперсных порошков, сопровождается коалесценцией наночастиц и теоретически и экспериментально изучен в монографии Гегузина Я.Е. Рост предела прочности НСК обусловлен ростом контактов между игольчатыми наночастицами оксида алюминия при спекании.

Значения удельной поверхности и размера нанопор НСК соответственно обратно пропорциональны и прямо пропорциональны размеру наночастиц бемита, из которых состоит материал. Преодолеть известное противоречие между указанными структурными параметрами пористого тела можно за счет существенного изменения морфологии составляющих его наночастиц.

Процесс формирования НСК с точки зрения целенаправленного выращивания наночастиц рационально организовать с использованием ингибирования (торможения) роста кристаллов в определенных направлениях, т.е. путем направленной кристаллизации. Метод ингибирования роста наночастиц при твердении дисперсного алюминия позволяет получать наночастицы пластинчатой формы. Количество наночастиц в 1 мкм² составляет около 50.

Суммарная пористость НСК практически не изменяется и сохраняется в пределах 40–42 %, а механическая прочность составляет 20–24 МПа, что в 2–2,5 раза выше, чем, например, у гранулированных носителей катализаторов на основе γ -Al₂O₃.

Механизм ингибирования состоит в адсорбции молекул ингибитора на определенных поверхностях растущей наночастицы, в результате чего присоединение молекул $AlOOH$ из раствора возможно только на свободные от ингибитора поверхности, что приводит к росту наночастицы анизотропной формы. В качестве ингибитора использовали органические вещества из группы кетонов с общей формулой R_1-CO-R_2 . Преобладающий размер нанопор в НСК, синтезированной с ингибитором, увеличился не менее чем в 5 раз, и находится в диапазоне 20–80 нм. Кроме того, наблюдается существенный, почти в 1,5 раза, рост удельной поверхности и двукратный рост объема пор НСК.

Агрегат наночастиц анизотропной формы удален от состояния термодинамического равновесия и стремится к рекристаллизации за счет растворения мелких частиц и присоединения к крупным, то есть реализуется процесс коалесценции или остwaldова созревания. Через 8 ч твердения исчезает не только система пластинчатых агрегатов наночастиц, но и система транспортных пор НСК, сформированная этими пластинчатыми агрегатами. Формируется система кристаллов с гексагональной огранкой, соединенных друг с другом, а также «кружевная» пористая наноструктура.

УДК 621.785.532

Пищов М.Н., Бельский С.Е., Царук Ф.Ф., Сурус А.И.
**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА НАСЫЩАЮЩЕЙ СМЕСИ
ПРИ КОМПЛЕКСНОМ БОРИРОВАНИИ
НА УСТАЛОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАЗЦОВ
ИЗ СТАЛЕЙ 40Х И 25ХГТ**

БГТУ, Минск

Установлено, что для колесных трелевочных тракторов ТТР – 401 производства МТЗ наиболее нагруженными являются шестерни третьей и четвертой передачи, а также редуктор переднего моста. Трелевочный трактор ТТР – 401 работает