

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 546.763

СВОЙСТВА ОКСИДА ХРОМА (III), СИНТЕЗИРОВАННОГО ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

© 2020 Л. В. Лыгина¹, Е. В. Семенова²

¹Воронежский государственный университет инженерных технологий (г. Воронеж, Россия)

²Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)

В статье рассмотрены основные технологические свойства нанопорошка оксида хрома (III), которые определяют способность материалов подвергаться в дальнейшем различным видам обработки.

Ключевые слова: оксида хрома (III), нанопорошки, аморфное и кристаллическое состояние, размер частиц, термический анализ, водопоглощение, основные технологические свойства.

Оксид хрома (III) является составной частью огнеупорных материалов с высокой температурой плавления и стойкостью к окислению, широко используется для получения керамики, служит носителем для катализаторов или входит в их состав, что дает возможность применять такие катализаторы при температуре до 1000°C, без заметного изменения состава. Использование в качестве исходного наноразмерного порошка Cr₂O₃, позволяет получать материалы со значительно большей площадью поверхности, улучшенными механическими, структурно-прочностными и каталитическими свойствами. Материалы на основе оксида хрома являются перспективными при получении чехлов для термопар при температурных измерениях в агрессивных средах.

Представляет интерес нанопорошки оксида хрома (III) в аморфной и кристаллической формах, синтезированные золь-гель методом.

Начальным этапом работы было получение трёхвалентного оксида хрома в аморфной и кристаллической форме. Путем процесса дегидратации гидроксида хрома в термальных условиях при температуре 400°C и продолжительностью выдержки в 6 часов происходило получение аморфного Cr₂O₃. Гидроксид хрома был получен путем добавления гидроксида аммония в раствор

хлорида хрома по каплям из делительной воронки при постоянной перемешивании с помощью магнитной мешалки.

Полученный таким образом гидроксид хрома является мелкодисперсным, следовательно, при дальнейшем разложении его размер сохраняется и приводит к образованию также мелкодисперсного оксида хрома (III). Разложением кристаллов бихромата аммония при температуре 1000 °C получали крупнокристаллический оксид хрома, следовательно, требовалось дополнительное измельчение полученного образца до нанопорошка. Для этого был использован лабораторный гомогенизатор.

Далее проводили определение размеров частиц методом динамического рассеяния света. Размер образцов кристаллического и аморфного оксида хрома составил соответственно 76,1 и 73,8 нм, что свидетельствует о том, что полученные оксиды хрома являются нанопорошками.

Опираясь на полученные значения размеров частиц, можно сделать вывод, что золь-гель метод позволяет получить нанопорошок аморфного оксида хрома (III) с наиболее приемлемым размером частиц.

Исследование влияния температурной обработки на фазовый состав и структуру наночастиц аморфного и кристаллического Cr₂O₃ проводили методом комплексного термического анализа, включающего дифференциально-сканирующую калориметрию, термогравиметрию, масс-спектрометрию.

Лыгина Лариса Валерьевна – ВГУИТ, канд. техн. наук, доцент.

Семенова Елена Владимировна – ВИВТ, канд. техн. наук, доцент, semenovaelena1@mail.ru.

После проведения анализа на термограмме как аморфного, так и кристаллического оксида хрома (III) наблюдается экзотермический эффект.

Кривые потери массы от температуры имеют вид плато, горизонтальные участки на обеих термограммах говорят об устойчивости химического соединения в температурном интервале и отсутствии химических превращений.

На термограмме аморфного Cr_2O_3 (рис. 1) наблюдается интенсивный экзотермический эффект, который смещен в область более высоких температур примерно на 72°C (312°C). Он обладает выраженной ступенью потери массы $\Delta m = 16,38\%$. На кривой масс-спектрометрии, данный эффект сопровождают пики, соответствующие выделению воды и кислорода.

При исследовании кристаллического Cr_2O_3 (рис. 2) повышение температуры от 240°C сопровождается незначительной потерей массы ($\Delta m = 0,69\%$). Это свидетельствует о полиморфных превращениях. Процесс термолита завершается при температурах выше 420°C формированием структуры ромбодрической модификации $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ (структурный тип корунда).

В работе были изучены основные технологические свойства оксида хрома (III), которые определяют способность материалов подвергаться в дальнейшем различным видом обработки. Эти представления о продукте необходимы для дальнейшей работы с ним. Например, чтобы хорошо заполнить полость формы для хранения или для перевозок продукта, важно точно воспроизводить требуемый объем для транспортировки, знать величину уменьшения объема при утряске (насыпная плотность, плотность утряски).

Знание насыпной плотности необходимо прежде всего для расчета высоты матрицы пресс-формы при ее конструировании.

Еще одна не менее важная характеристика материала – пористость, которая показывает степень заполнения объема материала порами. Пористость строительных материалов колеблется в пределах от 0 (сталь, стекло) до 90-98 % (пенопласт). В исследуемом образце пористость составила $\Pi = 0,98\%$, эта величина влияет на прочность изделий из этого материала.

Например, строительный материал тем слабее сопротивляется механическим нагрузкам, тепловым, усадочным и другим усилиям, чем больше пор в его объеме.

Опытные данные показывают, что прочность снижается почти линейно при увеличении пористости от 0 до 20 %.

В процессе эксплуатации различные материалы и конструкции очень часто подвергаются воздействию воды, что приводит к изменению свойств материалов. Количественно оценить свойства материала, в данном случае оксида хрома (III), помогает анализ водопоглощения.

Водопоглощение зависит от характера пористости изучаемого материала, может изменяться в широких пределах. На рисунках 3 и 4 представлены результаты исследования водопоглощения кристаллического и аморфного оксида хрома (III).

В эксперименте водопоглощение образцов по массе составило у аморфного оксида 2 % и у кристаллического 2,5 %. Полученные результаты водопоглощения по объему соответственно 0,13 и 0,48 %, эти показатели не превышают определенной ранее пористости, которая составила 0,98 %, поскольку объем впитанной материалом воды не может быть больше объема пор.

Правильный выбор материала для конкретного изделия является исключительно важной задачей, который производится с учетом целого ряда критериев. При этом технические критерии выбора материала определяются условиями эксплуатации изделия. Они определяют комплекс механических свойств, а также требования к специальным свойствам.

Оксид хрома является прочным материалом, что дает возможность уменьшить размеры изделия, т. е. позволяет снизить расход материала на единицу готовой продукции. Уменьшение размеров производимой продукции ведет к снижению затрат на транспортировку. Изготовление из более прочных материалов повышает мощность и производительность оборудования.

Экономичные методы изготовления и обработка изделий материалов на основе Cr_2O_3 приводит к снижению себестоимости изготовления, так и к снижению расхода материала благодаря уменьшению отходов и брака.

Поскольку изделия с добавками оксида хрома являются износостойкими, увеличивается их срок службы, что приводит к повышению долговечности готового изделия.

Твердость, устойчивость к высоким температурам Cr_2O_3 способствует при работе в тяжелых условиях. Применение таких материалов при изготовлении различных машин

и оборудования позволяет повысить их рабочие параметры, это приводит к повышению производительности, и снижению себестоимости единицы работы или продукции.

Учитывая сказанное ранее, можно сделать вывод, что использование материалов на основе Cr_2O_3 является перспективным и экономически выгодным направлением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриевский Р. А. Наноструктурные материалы / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия»,

2005. – 192 с.

2. Сергеев Г. Б. Нанохимия / Г. Б. Сергеев. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 288 с.

3. Гусев А. И. Нанометриалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М: ФИЗМТЛИТ, 2005. – 416 с.

4. Стайлз Э.Б. Носители и нанесенные катализаторы. Теория и практика / Э. Б. Стайлз. – М.: Химия, 1991. – 232 с.

5. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс. – М.: Техносфера, 2005 – 336 с.

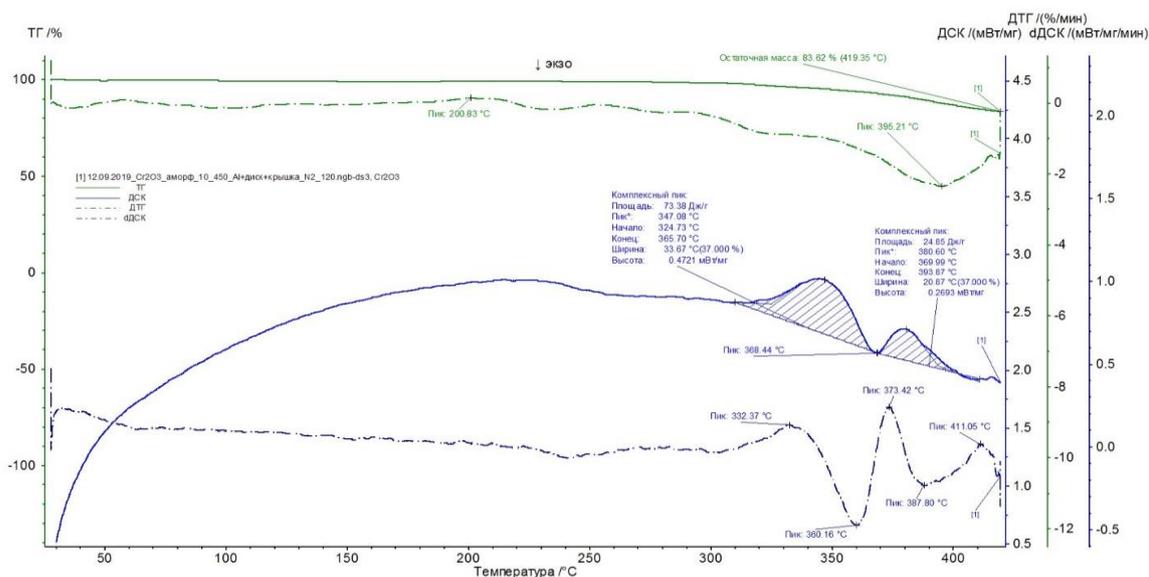


Рисунок 1. Термограмма аморфного Cr_2O_3

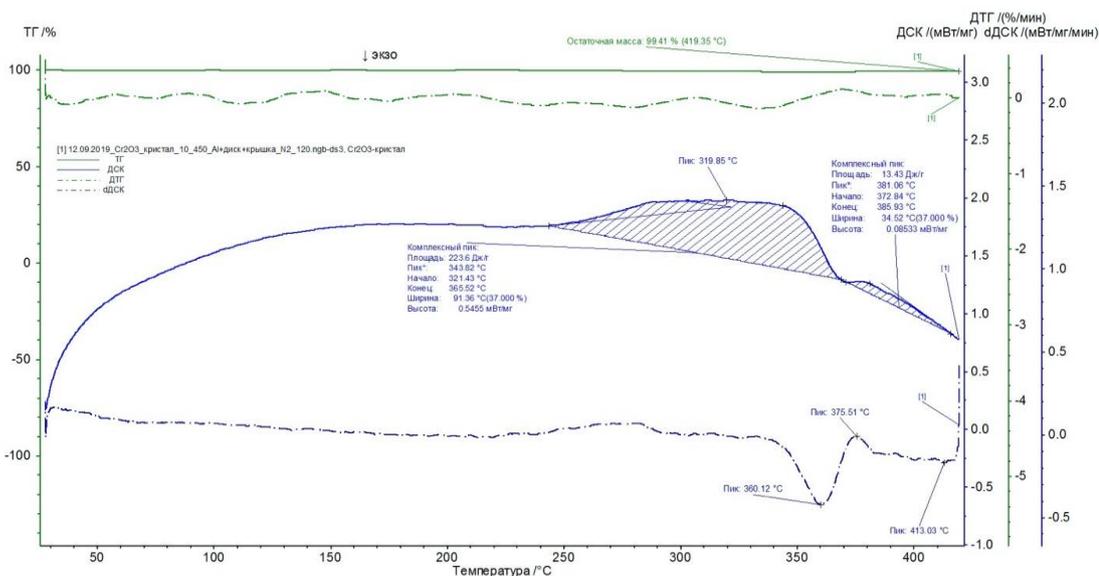


Рисунок 2. Термограмма кристаллического Cr_2O_3

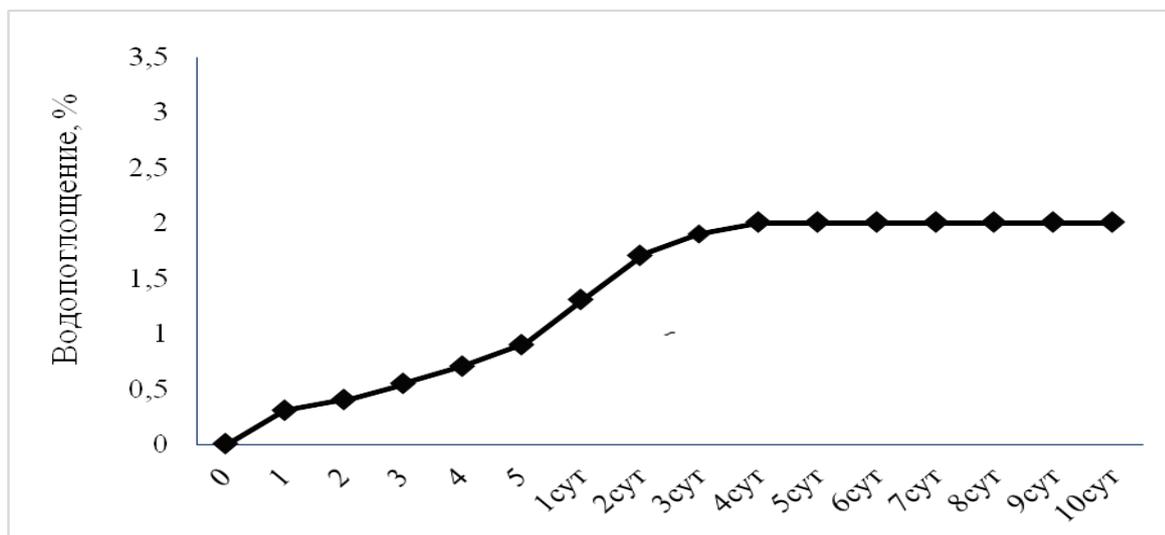


Рисунок 3. График водопоглощения аморфного Cr_2O_3

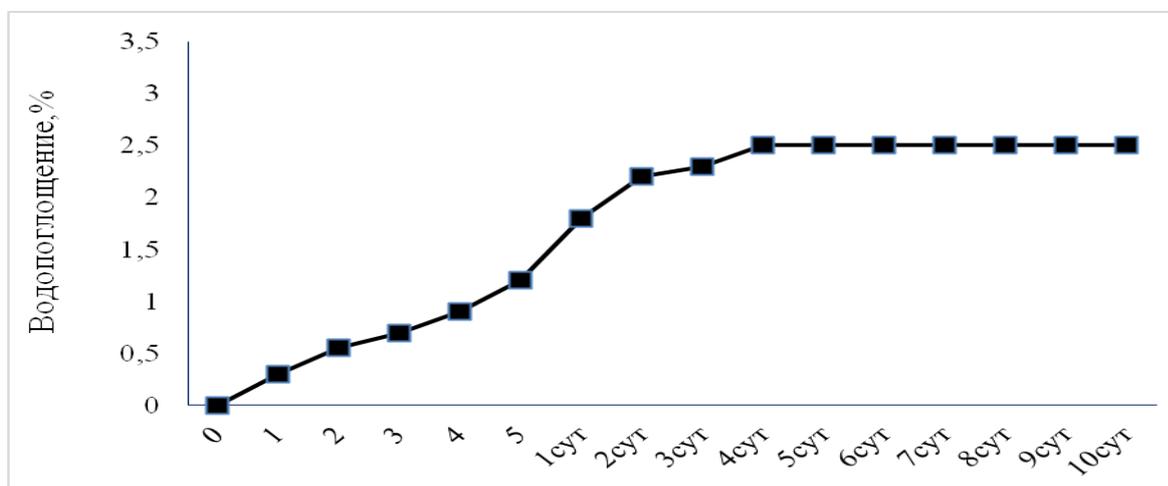


Рисунок 4. График водопоглощения кристаллического Cr_2O_3

MAIN TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CHROMIUM (III) OXIDE IN AMORPHOUS AND CRYSTALLINE FORM, SYNTHESIZED BY SOL-GEL METHOD

© 2020 L. V. Lygina¹, E. V. Semenova²

¹Voronezh state University of engineering technologies (Voronezh, Russia)

²Voronezh Institute of high technologies (Voronezh, Russia)

The article discusses the main technological properties of chromium (III) oxide nanopowder, which determine the ability of materials to be subjected to various types of processing in the future.

Keyword: chromium (III) oxide, nanopowders, amorphous and crystalline state, particle size, thermal analysis, water absorption, main technological properties.