

Для расчета динамики заполнения десублимированным UF₆ вертикальной погружной емкости без оребрения объемом 1 м³ использовалась математическая модель [1].

Для получения аппроксимирующих зависимостей скорости десублимации газообразного UF₆ от времени, толщины стенки емкости и ее коэффициента температуропроводности использовался метод наименьших квадратов, широко применяемый как в статистике, так и для установления коэффициентов аппроксимирующих функций [2].

Скорость десублимации – это количество десублимата, образующегося за единицу времени:

$$v = \frac{dM}{dt}$$

В результате была получена аппроксимирующая зависимость скорости десублимации от времени, толщины стенки емкости, ее коэффициента температуропроводности:

$$v(h, a, t) = (138 \cdot t^{-0,60717} + 5,66 \cdot a^{-0,0046} - 1,28473 \cdot h + 1,84) \cdot 10^{-6}$$

где v – скорость десублимации [кг/с], h – толщина стенки емкости [м], a – коэффициент температуропроводности [м²/с], t – время [с].

В результате проведенных исследований установлено, что влияние толщины стенки емкости и ее теплофизических свойств сказывается только на начальном этапе заполнения емкости, после чего основным фактором, влияющим на скорость десублимации UF₆, является толщина слоя десублимата и его термическое сопротивление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Orlov A.A., Tsimbalyuk A.F., Malyugin R.V., Glazunov A.A., Dynamics of UF₆ desublimation with the influence of tank geometry for various coolant temperatures // MATEC Web of Conferences. – 2016. – vol. 72.– Article number 01079.
2. Крицкий О.Л., Михальчук А.А., Трифонов А.Ю., Шинкеев М.Л. Теория вероятности и математическая статистика – Томск: ТПУ, 2010. – 212с.

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НИТРИДОВ ХРОМА

О. В. Семченко, Л. О. Роот

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: lgsemchenkoo@gmail.com

PRODUCTION AND PROPERTIES OF CHROMIUM NITRIDES

O. V. Semchenko, L. O. Root

National Research Tomsk Polytechnic University

Annotation. *The preparation of refractory nitrides in the air under the conditions of thermal explosions of aluminium nanopowder mixtures with metal oxides presents practical interest both for materials science and for the theory of the reactivity of air at high temperatures. This synthesis is the least energy-intensive, and it does not require complicated equipment. Only the heating of the initial charge is necessary for synthesis, then the process proceeds spontaneously. The main aim of the research is to determine experimentally compositions of combustion products of aluminum nanopowder mixtures with chromium (III) oxide from 5:1 to 5:5 in the air, to substantiate theoretically the stabilization of chromium nitrides in the air. Method: x-ray analysis (diffractometer Difrey-401).*

Среди всех нитридов металлов нитриды хрома являются наиболее стойкими к окислению, обладают полупроводниковыми свойствами, покрытия из них обладают повышенной износостойкостью, и эти свойства нашли применение в производстве износостойких режущих инструментов и изготовлении электродов солионов – электрохимических приборов, предназначенных для измерений весьма малых

акустических давлений, преобразовывая энергии последних в электрическую [5]. Данные свойства позволяют производить контроллеры, интегральные микросхемы [1]. Покрытия на основе нитрида хрома также широко используются в качестве защитных и декоративных в таких областях, как автомобилестроение, аэрокосмическая индустрия, водородной энергетике [1, 2, 4]. Также для нитридов хрома характерен один из самых низких коэффициентов отражения в видимой области длин волн, что обуславливает их применение в оптическом приборостроении [1]. Нитриды хрома – перспективные катализаторы [5]. В системе хром-азот известны два нитрида хрома. Cr_2N , светло-серого цвета, характеризуется распределением атомов азота в гексагональной плотнейшей упаковке решётки из атомов хрома. Характер связи ковалентно-металлический. CrN чёрного цвета, имеет простую кубическую решётку типа NaCl . Характер связи ионно-ковалентный [2, 5]. Нитриды хрома – парамагнетики с большей восприимчивостью, чем у чистого хрома. При этом парамагнетизм Cr_2N меньше, чем CrN . Это обусловлено склонностью атомов хрома первого соединения к образованию стабильного $4s^23d^{10}$ -состояния и снижению количества неспаренных d -электронов (антиферромагнетизм); атомы хрома в CrN стабилизируются в $4s^23d^5$ состоянии, где все d -электроны неспарены. Нитрид хрома CrN является перспективным полупроводником с шириной запрещённой зоны 0,24 эВ, с высоким электросопротивлением и термо-э.д.с. - 92 ± 6 мкВ/град, что имеет значение, в частности, для использования его в термоэлектрических генераторах. Нитриды VI группы, с точки зрения термодинамики, довольно неустойчивы. Мононитрид CrN более устойчив, чем Cr_2N . В процессе разложения мононитрида выделяется газообразный азот и образуется твёрдый раствор азота в металле, Cr_2N - газообразный азот и пары металла. Чёрные кубические кристаллы CrN разлагаются на элементы при нагревании до 1500°C без доступа воздуха, превращаются в Cr_2O_3 с выделением азота при нагревании в воздухе. При нагревании в хлоре образуются CrCl_3 и азот. Подвергаются действию сухого HCl [2,5]. На сегодняшний день существует несколько способов получения нитридов хрома. Нитрид CrN получают азотированием порошка хрома аммиаком или азотом при температуре $600-900^\circ\text{C}$, возгонкой амальгамы хрома в атмосфере азота, нагреванием бромида хрома с аммиаком, действием нитрида лития, магния или аммиака в присутствии NH_4Cl на CrCl_3 [3, 5]. При азотировании порошка хрома температура $900-950^\circ\text{C}$ оптимальна для получения CrN , для получения однофазного Cr_2N необходимо 2-4 часа выдержки при $1200-1300^\circ\text{C}$ с последующим резким охлаждением полученного продукта вместе с реактором, т. к. при медленном охлаждении усиливается поглощение азота, что приводит к образованию смеси нитридов. Для получения плёнок нитридов хрома пропускают аммиак над хромом, обезгаженным в вакууме. Плёнка CrN образуется при $950-1000^\circ\text{C}$, а плёнка Cr_2N – только при самых высоких температурах $1300-1400^\circ\text{C}$ и выше, в промежутке – смесь нитридов. Также основным методом получения плёночных покрытий многие годы было электроосаждение, но постоянно усиливающиеся требования экологов вынуждают исследователей и производителей искать альтернативные способы хромирования, например, осаждение из пара путём распыления плазмы, генерируемой в среде аргон+азот или чистого азота [2]. Широкое распространение получил метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) – азотирование в атмосфере азота порошка хрома насыпной плотности в газонепроницаемой металлической оболочке при температуре от 800°C и выше [1]. Все эти способы энергозатратны, требуют герметичное оборудование и очень чистых исходных веществ. Данная работа направлена на разработку способа получения нитридов хрома методом теплового взрыва. Особенностью способа является реализация процесса в атмосфере воздуха при нормальных условиях и простейшее аппаратное оформление. Микронный порошок оксида хрома Cr_2O_3 и нанопорошок Al (НП Al) смешивались в четырёх вариантах массовых соотношений 1:5, 2:5, 3:5, 5:5 и поджигались при помощи лазерной указки. Температура начала воспламенения НП Al $400-415^\circ\text{C}$ [4]. С увеличением доли

Cr_2O_3 в смеси время воздействия излучения лазерной указки увеличивалось. Процесс горения смесей протекал в две стадии: выгорание сорбированного водорода и высокотемпературное горение непосредственно алюминия [4]. Образованные в результате горения спёки были измельчены, гомогенизированы и отправлены на рентгенофазовый анализ (РФА) (дифрактометр Дифрей-401). В продуктах реакции отсутствуют нитриды хрома, присутствует субоксид хрома CrO .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Браверман Б. Ш. Технология получения нитридов хрома методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: специальность 05.17.11: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. тех. наук. — Томск, 2008. — 21 с.
2. Гугля А. Г., Неклюдов И. М. Покрyтия на базе нитрида хрома. Опыт создания и исследования // Успехи физ. мет. – 2005. – Т.6 – С. 197 – 232.
3. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия / Под ред. В. И. Спицына и др. – М.: Мир, 1972. – Т.2 – С. 277.
4. Рот Л. О., Сморгина К. С., Звягинцева Е. С., Ильин А. П. Каталитическое действие добавок оксида хрома (III) на процесс горения нанопорошка алюминия в воздухе // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320.–№3 – С. 5 – 9.
5. Самсонов Г. В. Нитриды. – Киев: Наукова думка, 1969. – 380 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ N-АЦЕТИЛ-L-ЦИСТЕИНА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ МЕТОДОМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

Е.И. Короткова, В.А. Попова, А.А. Кривошеина, Е.В. Дорожко, Е.В. Михеева
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: eikor@tpu.ru

DETERMINATION OF N-ACETYL-L-CYSTEINE IN WATER SOLUTION BY VOLTAMMETRIC METHOD

E.I. Korotkova, V.A. Popova, A.A. Krivosheina, E.V. Dorozhko, E.V. Mikheeva
National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The method of voltammetry for the determination of N-acetyl-L-cysteine in model water media was proposed. The use of mercury film electrode as an indicator allows to increase the detection sensitivity. This method will be used for the quantitative analysis of pharmaceuticals for the content of N-acetyl-L-cysteine*

Введение.

Аминокислоты, как строительные блоки белков, являются биологически важными соединениями и используются в различных областях, включая клинические и биологические исследования. N-ацетил-L-цистеин участвует в различных процессах организма, стимулирует биосинтез глутатиона, способствует детоксикации и поглощает свободные радикалы [1].

N-ацетил-L-цистеин (НАС) уменьшает количество гомоцистеина в крови, тем самым сокращает вероятность повреждения эндотелиальных клеток, повреждение которых может привести к атеросклерозу. Исследования показали эффективность этого вещества при лечении язвенного колита, рака печени, ВИЧ, болезни Альцгеймера и Паркинсона, а также улучшает работу мышц, в результате чего увеличивается выносливость [2].

Кроме того, НАС является мощным муколитическим средством для лечения хронического бронхита и других заболеваний легких, осложненных образованием вязкой слизи. Содержание N-ацетил-L-цистеина в фармацевтических препаратах необходимо строго контролировать, так как в больших дозах данная аминокислота может вызвать нарушение нормального метаболизма организма [3, 4].