

энерговыработку и как следствие благоприятно скажется на экономическом аспекте использования ядерной энергетики.

Таким образом, в работе показано, что переход от керамического ядерного топлива к дисперсионному в реакторе типа ВВЭР сказывается положительно. Это улучшает не только физические особенности эксплуатации ядерного топлива, но и повышает безопасность работы ядерного реактора, и позволяет снизить экономические затраты.

Список литературы

1. Самойлов А. Г., Волков В. С. Дисперсионные твэлы: в 2т. – М.: Атомиздат, 1982 г. – 448 с.
2. ASME BPVC 2015 Section III Rules for construction of nuclear facility components - Division 5 - High Temperature Reactors, 2015 — 01.07.2015 — P. 500
3. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. Том 6. Часть 1. Конструкционные материалы ядерной техники / Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: МИФИ, 2008. – 672 с.
4. Чуйкина А. В. Выбор материала матрицы для дисперсионного топлива в высокотемпературном реакторе // Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей: материалы X (XLII) Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 21-24 Апреля 2015. - Кемерово: КемГУ, 2015 - С. 2769-2773

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ ИСХОДНОЙ ШИХТЫ ПРИ СВ-СИНТЕЗЕ

V.V. ZAKUSILOV

Томский политехнический университет

E-mail: vvz9@tpu.ru

INFLUENCE OF MECHANOACTIVATION ON THE PARAMETERS OF THE INITIAL BATCH DURING SH-SYNTHESIS

V.V. ZAKUSILOV

Tomsk Polytechnic University

E-mail: vvz9@tpu.ru

Annotation. In the research influence of mechanical activation on the self-propagating high-temperature synthesis of lanthanum oxide mixture with boron (La_2O_3+B) was studied. Dependence of particles square surface from activating speed mill as well as rotation time was found.

Введение. В настоящее время основными задачами в области физической и технической электроники является поиски новых эмиттеров и улучшение характеристик существующих типов катодов в электронных приборах принцип действия, которых основан на физическом явлении – электронная эмиссия.

Электронной эмиссией называется процесс, в котором поверхность твердого тела или жидкости испускает электроны, затрачивая энергию, называемой работой выхода. Электронную эмиссию подразделяют на несколько типов:

- термоэлектронная;
- автоэлектронная;
- фотоэлектронная;
- вторичная электронная;
- кинетическая ионно-электронная;
- экзоэлектронная;
- термоавтоэлектронная;
- фотоавтоэмиссия;
- потенциальная ионно-электронная.

В подавляющем числе электронных приборов используются термоэлектронные катоды, эмиссионные характеристики которых непрерывно улучшаются [1].

Как известно стабильность работы эмиссионного катода зависит от материала, из которого он изготовлен. Важны такие характеристики как низкая работа выхода, достаточно высокая температура плавления и кипения, высокая механическая прочность, электропроводностью и плотность тока эмиссии. К таким веществам относятся соединения металлов с углеродом (карбиды) и бором (бориды), обладающие малыми значениями работы выхода по сравнению с традиционными материалами.

Эмиттеры на основе боридов имеют, как правило, высокую рабочую температуру и сравнительно низкую экономичность, но всё-таки они представляют значительный интерес благодаря устойчивости к отравлению остаточными газами. Было обследовано большое количество систем боридов и наиболее активными из боридов по отношению к металлам являются гексабориды.

Наиболее перспективным среди гексаборидов редкоземельных металлов является гексаборид лантана. Экспериментальные значения работы выхода LaB_6 , полученные на поликристаллах находятся в интервале 2,66-4,00 эВ. Низкая работа выхода LaB_6 обусловлена особенностью кристаллической структуры и электронного строения вещества [2].

Производство катодов из гексаборида лантана, как правило, связывают с методами порошковой металлургией. Однако все известные методы имеют ряд существенных недостатков: сложное технологическое оборудование и отравление оксидами, гидридами или нитридами, что сказывается на чистоте конечного продукта [ссылка эмиттер]. Таким образом появляется необходимость поиска альтернативных методов синтеза.

Одним из наиболее перспективных методов порошковой металлургии является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) обеспечивающий чистоту продукта для стабильной работы катода.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез – экзотермическая реакция, инициирование которой происходит локально, в результате чего химические превращения перемещаются по смеси в режиме волны горения (самораспространение) с образованием твёрдых продуктов [3].

Процесс горения в самораспространяющемся высокотемпературном синтезе не является хаотичным, он носит управляемый характер, реализуемый на трёх стадиях: подготовка исходной шихты, проведения синтеза и охлаждение готовых продуктов.

Управление СВС на стадии проведения синтеза усложняется за счёт высоких скоростей и температур протекания реакций, поэтому наиболее распространённой и

технологичной стадией для управления синтеза считается изменение параметров исходной шихты, которая в достаточной мере реализуется с помощью механоактивации [4].

Механоактивация – процесс образования вещества с большей химической активностью, вследствие предварительной механической обработки (измельчение в ударном, ударно-стирающем или стирающем режимах). Механическая энергия, которую приобретает твёрдое тело во время активации, усваивается в виде линейных и точечных дефектов. Подобный процесс можно наблюдать в центробежных, планетарных, струйных мельницах и других устройствах, где сочетаются высокие значения частоты и силы механического воздействия [4].

Методика эксперимента. Для проведения эксперимента использовались тонкодисперсные порошки оксида лантана (99,9 мас. %) с бором (99,9 мас. %) ($\text{La}_2\text{O}_3+\text{B}$), смешанные в необходимой пропорции по стехиометрическому соотношению. Порошковые смеси предварительно были высушены в муфельной печи при температуре 100 °С в течение 5 часов при атмосферном давлении. Реагенты были тщательно перемешаны в кубическом смесителе ERWEKA AR 403S в течение 30 минут. Механоактивация была проведена в шаровой планетарной мельнице АГО-2С, частота вращения активирующей мельницы изменялась в пределах от 10 до 40 Гц, а время вращения от 5 до 25 минут. Мелющими телами мельницы выступили металлические шары диаметром 4 мм. Число шаров в каждом барабане было выбрано из соотношения 100 грамм массы шаров к 20 грамм массы порошка.

Анализ исходных реагентов проводился на БЭТ-анализаторе удельной поверхности МЕТА СОРБИ–М. Результаты БЭТ-анализа занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Измерение полной удельной площади поверхности частиц смеси оксида лантана с бором ($\text{La}_2\text{O}_3+\text{B}$) при постоянном времени вращения (10 минут)

Центростремительное ускорение, развиваемое шарами, м/с^2	Измеренное значение $A_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{г}$
0	1,19±0,02
27,03	2,00±0,01
54,05	3,16±0,04
81,08	5,14±0,05
108,11	5,03±0,05

Для проведения БЭТ-анализа в каждой серии испытаний использовалось по 2 образца, (так как не наблюдалось разброса по найденным значениям) после чего находилось среднее значение удельной площади поверхности обрабатываемой смеси $A_{\text{уд}}$.

На снимках, порошков до механоактивации, сделанных с растрового электронного микроскопа Philips SEM 515 отчётливо видно большие частицы – агломераты (рисунок 1).

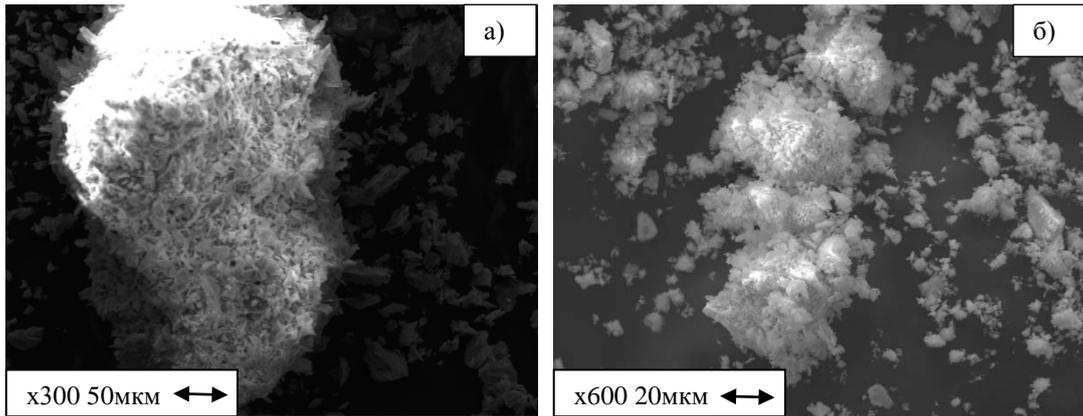


Рисунок 1 - Фотографии порошка смеси ($\text{La}_2\text{O}_3+\text{V}$) до механоактивации при увеличении а) в 300 раз; б) в 600 раз

После проведения механоактивации (рисунок 2) размер частицы заметно уменьшается в результате истирания и соударения частиц в планетарной мельнице.

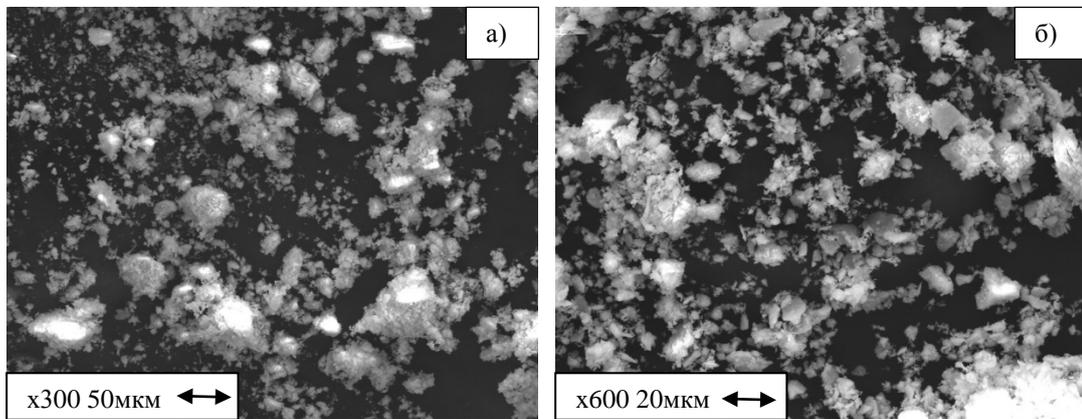


Рисунок 2 - Фотографии порошка смеси ($\text{La}_2\text{O}_3+\text{V}$) после механоактивации при увеличении а) в 300 раз; б) в 600 раз

Для оценки полученных данных необходимо построить зависимость удельной площади поверхности обрабатываемой шихты от частоты вращения активирующей мельницы. График представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 - Зависимость удельной площади поверхности обрабатываемой шихты от частоты вращения активирующей мельницы

Из графика видно, что для смеси ($\text{La}_2\text{O}_3+\text{V}$) оптимальное значение размера удельной поверхности частиц наблюдается при частоте от 30 до 32 Гц. Стоит отметить, что вращение при большей частоте приведёт к отрицательному воздействию. Размер частиц будет крайне мал, что приведёт к наклеиванию одних частиц на другие, т.е. будет происходить увеличение в размерах.

Исследование зависимости удельной площади поверхности от времени при постоянной частоте, показало, что частицы не становятся меньше, однако если производить активирование слишком долго, это так же приведёт к наклеиванию частиц друг на друга. Поэтому для получения продукта высокого качества с помощью механоактивации значение частоты и времени всегда необходимо просчитывать индивидуально для каждого состава реагентов.

В результате проведения механоактивации реагентов средний размер частиц уменьшается, следовательно, площадь соприкосновения частиц увеличивается, что благоприятно сказывается на распространении волны горения, так же наблюдается снижение температур спекания продуктов, улучшаются механические свойства материалов, повышается реакционная способность твёрдых реагентов.

Список литературы

1. Гомоюнова М.В., Добрецов Л.Н. Эмиссионная электроника. – М.: Наука, 1966. – С. 109 – 114.
2. Фоменко В.С. Эмиссионные свойства материалов – 4-е изд., перераб. и доп. – Киев: Наукова думка. – С. 167 – 187.
3. Мержанов А. Г., Мукасян А. С. Твердопламенное горение. – М.: Тороус пресс, 2007. – 336 с.
4. Современные методы получения матричных материалов для иммобилизации радиоактивных отходов / Демянюк Д. Г., Долматов О. Ю., Исаченко Д. С. , Кузнецов М. С. , Семенов А. О., Чурсин С. С. // Известия вузов. Физика. – 2013 – Т. 56 - №. 4/2. – С. 124 – 128.