

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ  
ЭМИССИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЕКСАБОРИДА ЛАНТАНА**

Закусилов В.В., Чурсин С.С.

Научный руководитель: Кузнецов М.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634045

E-mail: [vvz9@tpu.ru](mailto:vvz9@tpu.ru)

**THE INFLUENCE OF PRESSURE TO DENSITY EMISSION MATERIALS BASED ON  
LANTHANUM HEXABORIDE**

Zakusilov V.V., Chursin S.S.

Scientific Supervisor: Kuznetsov M.S.

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [vvz9@tpu.ru](mailto:vvz9@tpu.ru)

In the research has found the dependence of density of lanthanum oxide mixture with boron ( $\text{La}_2\text{O}_3+\text{B}$ ) from applied axial pressure. Pressing process has conducted on a hydraulic press using a method of pressing deaf. The pressure has changed during the experiment.

В современном мире достаточно остро стоит проблема создания устройств генерирующих потоки электронов, применяемых в ускорителях заряженных частиц, электронных лампах, микроскопах и других приборах принцип работы, 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. Известны следующие виды электронной эмиссии: термоэлектронная, фотоэлектронная (фотоэффект), кинетическая ионно-электронная, вторичная электронная, экзоэлектронная, автоэлектронная, термоавтоэлектронная, фотоавтоэмиссия, потенциальная ионно-электронная (потенциальное вырывание) и эмиссия горячих электронов [1].

Стабильность работы эмиссионного катода зависит от материала, из которого он изготовлен. Важны такие характеристики как высокая температура плавления, низкая работа выхода, высокая теплопроводность, механическая прочность и плотность тока эмиссии. Гексаборид лантана  $\text{LaB}_6$  – один из тех материалов, которые удовлетворяют предъявленным требованиям [2].

*Таблица 1*

*Параметры гексаборида лантана*

Работа выхода, эВ	Плотность тока эмиссии, $\text{A}/\text{cm}^2$ , при температуре, К			Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , при температуре, К		
	1000	1500	2000	293	1000	2000
2,46 – 4,00	$\approx 0,12$	$\approx 60$	$\approx 2 \cdot 10^3$	25 – 27	28 – 32	41 – 52

Существуют разные способы получения порошков гексаборида лантана. 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;
- 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 [4].

Целью данной работы является изучение зависимости плотности шихты от приложенного давления прессования.

Метод глухого холодного прессования достаточно широко распространён в порошковой металлургии. При увеличении давления прессования, а следовательно и плотности, контакт между исходными реагентами увеличивается, что позволяет снизить энергетические затраты на инициирование реакции, а также позволяет увеличить скорость горения и теплопередачи от горячего продукта к холодному. Низкая температура инициирования синтеза уменьшает термодинамические разрушения, что, несомненно, является большим плюсом в процессе создания новых материалов. Однако если плотность смеси будет слишком большой – это отрицательно скажется на синтезе. Будет наблюдаться падение скорости горения, потому что произойдёт резкое увеличение теплоотвода из зоны реакции в исходную реакционную смесь. Как показывает практика образцы с большим значением плотности (90 % от теоретической и выше) как правило, не поддаются поджогу, либо горение в таких смесях затухает [4].

Процесс холодного прессования разделяется на четыре стадии. На первой стадии под действием осевого давления происходит структурное уплотнение состава.

На второй стадии, когда укладка частиц в основном закончилась, происходит уплотнение состава вследствие деформации гранул и частиц. Она начинается с отдельных контактных точек и распространяется затем по всему объёму прессуемого материала.

На третьей стадии происходит деформация прессуемого состава, а также разрушение входящих в состав хрупких материалов с образованием новых контактных поверхностей. Основное усилие на этой стадии расходуется на преодоление упругопластичной деформации частиц состава. Порошкообразный состав приобретает определённую форму и прочность, которая обусловлена механическим сцеплением и межмолекулярным воздействием материалов, входящих в состав, а также действием электростатических сил. Под влиянием давления происходит сближение частиц состава и увеличение поверхности контактов.

Четвёртая стадия характеризуется упругим сжатием прессуемого элемента. Под нагрузкой элемент уменьшается в осевом направлении, после снятия нагрузки происходит некоторое расширение размера (релаксация) [5].

Для проведения эксперимента была использована смесь тонкодисперсных порошков оксида лантана с бором ( $\text{La}_2\text{O}_3+\text{B}$ ). Реагенты были тщательно перемешаны в кубическом смесителе, после чего были запрессованы методом глухого прессования в специальную цилиндрическую форму диаметром

3 см в течение 10 минут. Процесс прессования проводился с помощью гидравлического пресса с варьированием давления от 5 МПа до 30 МПа.

В результате осуществления эксперимента была установлена зависимость плотности шихты от приложенного давления прессования. График зависимости приведен на рис. 1.

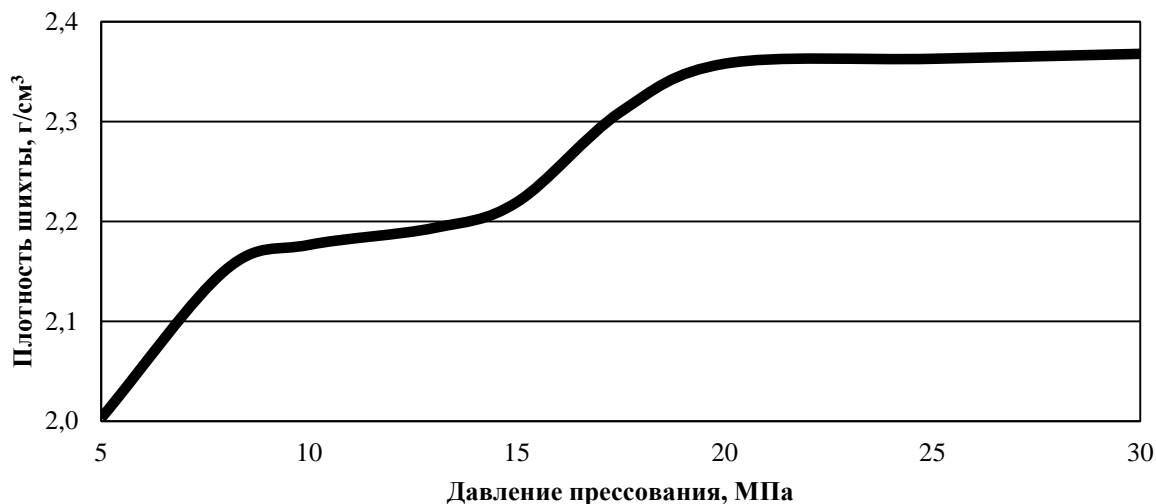


Рис. 1. Зависимость плотности шихты от приложенного давления прессования

На рисунке наблюдается четыре стадии прессования, что согласуется с теорией. По этому графику, исходя из необходимых требований, можно определить необходимое давление прессование для образца. Видно, что при увеличении давления прессования образца его плотность увеличивается, но до определенного предела. Как видно из графика, приложение давления прессования более 20 МПа не играет значительной роли.

В настоящей работе исследована зависимость плотности шихты от приложенного давления прессования на примере системы ( $\text{La}_2\text{O}_3+\text{B}$ ). Вид кривой согласуется с теорией, поэтому данные результаты можно использовать при технологии СВС для получения высокоэмиссионных материалов с заданными свойствами. При увеличении приложенного давления прессования на исходную шихту происходит разрушение структуры исходных реагентов, пластическая деформация и диффундирование одних частиц в другие. Установлены оптимальные границы прессования для данной системы: до 20 МПа, эти границы обеспечивают получение цельного образца с равномерной структурой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Добрецов Л.Н., Гомоюнова М.В. 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. Управление процессом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза двухкомпонентных борсодержащих материалов ядерно-энергетических установок / Демянюк Д.Г., Долматов О.Ю., Исаченко Д.С., Семенов А.О. // Известия ТПУ. – 2010. №4. – С. 23 – 29.
5. Инновационные энергосберегающие технологии переработки радиоактивных отходов / Г. А. Петров [и др.]; под ред. А. Г. Мержанова. – Москва: Книжный мир, 2012. – С. 122 – 123.