

**УДК 54.07**

Е.В. БИЯТТО, студент гр.5АМ62 (НИ ТПУ)

Научный руководитель: А.Я. ПАК, к.т.н., доцент (НИ ТПУ)

г.Томск

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОШКООБРАЗНОГО КАРБИДА БОРА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ**

На сегодняшний день, с развитием науки, промышленность предъявляет новые требования к материалам и технологиям для изготовления продукции более высокого качества и создания значительного преимущества над конкурентами своего сектора.

Одними из приоритетных направлений развития современной науки являются наноматериалы и нанотехнологии.

Благодаря комбинации различных элементов, с каждым днем на свет появляется множество передовых материалов.

Материалами, представляющими значительный интерес в науке и технике, являются карбиды, в частности, карбид бора ( $B_{12}C_2$ ).

Данный материал имеет значительную ценность, это один из наиболее химически стойких веществ. По показателям твердости карбид бора близок к показателям алмаза, поэтому нашел применение в качестве абразивного и шлифующего материала, также он не подвержен растворению в воде и минеральных кислотах [1].

Карбид бора нашел применение в различных областях промышленности. Он распространен в качестве полупроводникового и диэлектрического материала. Поэтому он представляет значительный интерес как материал для электродов термопар и термоэлектрических генераторов.

Соединение углерода и бора применяется при производстве бронированных жилетов и бронепластин.

В настоящее время в число популярных процессов входит пескоструйная обработка. И именно такой элемент, как карбид бора, создает основу пескоструйных сопел. Также карбид бора является одним из ингредиентов состава, которым борируют тугоплавкие металлы. Благодаря ему процессы производства выходят на качественно новый, более высокий уровень [2,3].

Материалы и покрытия на основе углерода широко используются в течение десятилетий в качестве контактирующих с плазмой компонентов термоядерных установок. Применение этих материалов позволило существенно поднять параметры плазмы (токамак DIII-D). Многочисленные эксперименты показали, что покрытия из карбида бора на графитах (или CFC) с высокой теплопроводностью, могут обеспечить

низкую скорость эрозии, малый поток примесей в плазму, целостность поверхностного слоя при высоких энергетических нагрузках [4].

Разносторонняя область применения карбида бора обусловлена химической инертностью соединения, его высокой твердостью и тугоплавкостью [1].

При всем многообразии применения карбида бора, существует и ряд существенных затруднений. Массовое производство карбида бора осложняется тем, что на сегодняшний день, нет промышленной высокоэффективной, недорогой и простой технологии синтеза.

Современные способы получения  $B_{12}C_2$  характеризуются высокой длительностью, многостадийностью физико-химических процессов, протекающих при сверхвысоких температурах и давлении. Конечный продукт требует очистки от различных примесей и отличается поликристаллическим строением частиц произвольных неправильных форм с очень широким распределением по размерам [5]. Все это сопряжено с высокими материальными, энергетическими и финансовыми затратами.

Для получения карбида бора используются несколько методов, отличающихся использованием различного исходного сырья, температурными интервалами протекающих реакций, производительностью, их целевым назначением и чистотой получаемых продуктов [5], а именно: восстановление борного ангидрида ( $B_2O_3$ ) или борной кислоты ( $H_3BO_3$ ) углеродом, восстановление борного ангидрида магнием в присутствие углерода (магнийтермический метод), осаждение из газовой фазы, золь-гель метод, самораспространяющийся температурный синтез (СВС).

Для получения карбида бора в настоящей работе был опробован электродуговой метод, в котором используется установка постоянного тока для генерации плазмы и графитовые электроды с отверстиями, в которые закладывается порошок аморфного оксида бора. В процессе горения дуги выполняется перенос массы с одного электрода на другой. В результате чего при воздействии высоких температур и взаимодействии бора с углеродом, образуется соединение карбида бора.

Кристаллическая решетка карбида бора представлена на рис.1.

Рентгеноструктурный анализ является широко распространенным методом исследования кристаллических объектов. Метод порошковой рентгеновской дифрактометрии позволяет на основе съемки дифракционных спектров определить фазовый состав и кристаллическую структуру вещества.

Целью рентгеноструктурного анализа является установление атомно-кристаллических характеристик исследуемого вещества с помощью рентгеновской дифракции. При облучении материала монохроматическим излучением кристаллическая решетка образца действует как трехмерная

дифракционная решетка, отклоняя рентгеновское излучение под разными углами в зависимости от межплоскостных расстояний. Исследование взаимодействия рентгеновского излучения с веществом дает возможность оценить не только структурные характеристики образца, но и некоторые субструктурные параметры [6,7].

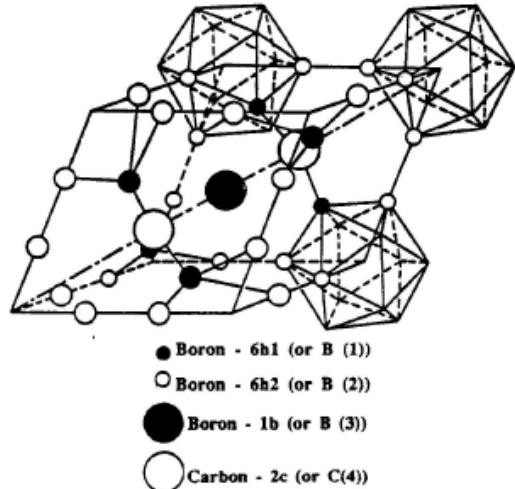


Рисунок 1 – Кристаллическая структура карбида бора [6]

Рентгенограмма порошкового продукта синтеза, полученного электродуговым способом, представлена на рис.2.

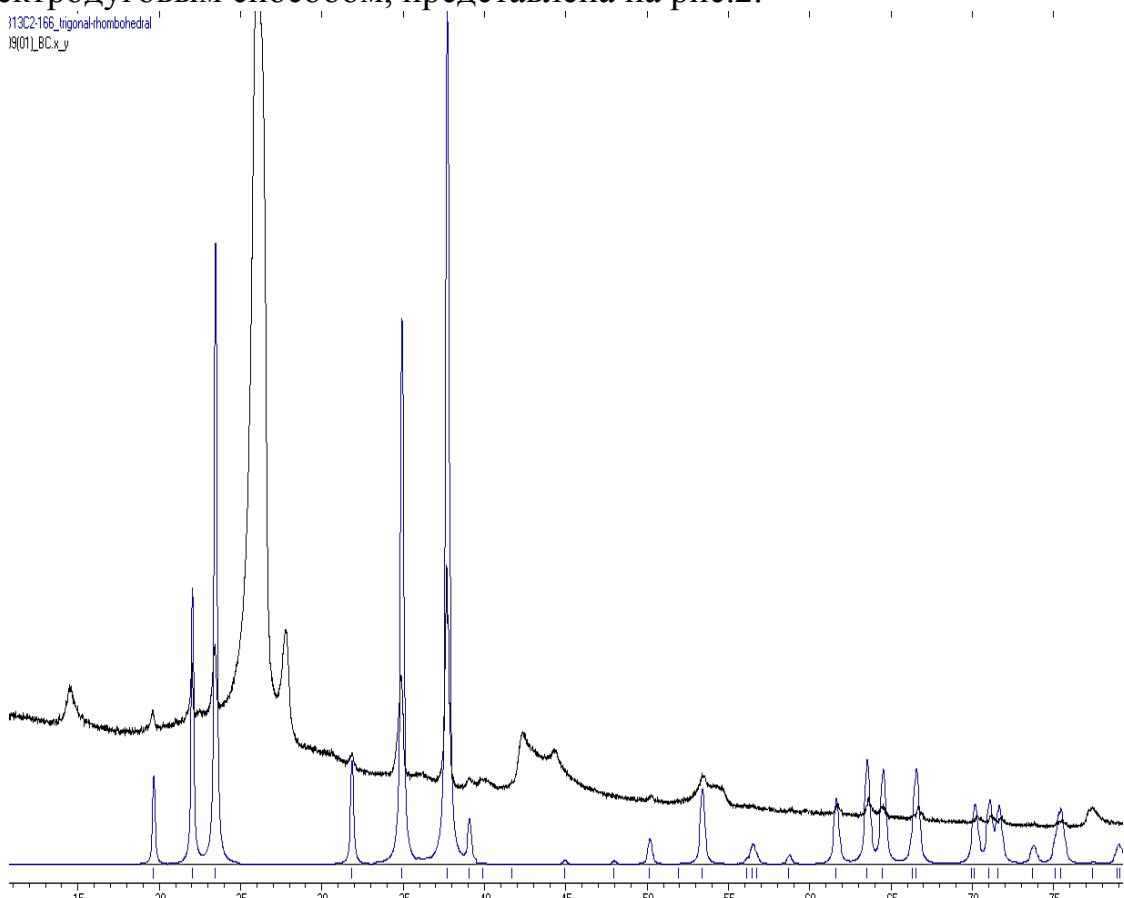


Рисунок 2 – Рентгеновская дифрактограмма порошкового продукта

Рентгеновская дифрактограмма снята с порошкового экспериментального образца на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 7000. Полученная картина сравнивалась с эталонами по международной базе PDF4+.

Соответствие дифракционных максимумов на экспериментальной картине эталону карбида бора  $B_{12}C_2$  говорит о его присутствии в образце. Также на дифрактограмме запечатлена серия максимумов, соответствующих графиту и оксиду бора, что представляется естественным ввиду электрической эрозии электродов и наличия непрореагированного исходного борсодержащего компонента.

В работе проведен обзор работ по получению и исследованию свойств карбида бора, а также предпринята попытка его синтеза электродуговым методом. По данным рентгеновской дифрактометрии можно судить об успешном синтезе карбида бора. В дальнейшем работа будет развиваться в направлении снижения доли примесей и повышения выхода искомой фазы карбида бора.

Благодарности: Автор и его научный руководитель благодарят ассистента каф. общей физики ТПУ Сыртанова М.С. съемку образца на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 7000.

#### Список литературы:

1. M. Antadze et al. Metal-ceramics based on nanostructured boron carbide / Solid State Sciences 14 (2012) 1725-1728
2. Карбид бора и сфера его применения [Электронный ресурс]: <http://chemstat.com.ru/publication/karbid-bora-i-sfera-ego-primeneniya>
3. Карбид бора [Электронный ресурс]: <http://uralhiminvest.ru/index.php?id=25>
4. Беграмбеков, Л.Б., Бужинский, О.И. Свойства карбида бора и его использование в качестве защитных покрытий на первой стенке токамака [Текст]: Л.Б. Беграмбеков, О.И. Бужинский // Вопросы атомной науки и техники, 2006. – с.14-20.
5. Рахматуллин, И.А. Получение ультрадисперсного карбида бора в сверхзвуковой струе электроразрядной плазмы [Текст]: Диссертация / И.А. Рахматуллин. – Томск, 2015. – 156с.
6. Ковалев, И.Д. Рентгенография процессов формирования фаз переменного состава в условиях СВС [Текст]: Диссертация / И.Д. Ковалев. – Черноголовка, 2014. – 127с.
7. Helmut Werheit at al. Boron carbide: Consistency of components, lattice parameters, fine structure and chemical composition makes the complex structure reasonable / Solid State Sciences 60 (2016) 45-54
8. Карбид бора [Электронный ресурс]: <http://uralhiminvest.ru/index.php?id=25>