

например на 7 мПа, при этом номинальное давление в гидросистеме прессового оборудования будем считать равным 10 мПа. В таком случае, в процессе работы прессового оборудования, когда давление в гидросистеме находится в диапазоне от нуля до 7 мПа, из-за того, что гидроуправляемый мембранный дроссель 1 открыт, а гидроуправляемый мембранный дроссель 3 закрыт, гидроцилиндр прессования 2 будет подключен к гидрораспределителю 4 по дифференциальной схеме (рис.1). В результате этого в процессе выдвижения штока в поршневую полость гидроцилиндра 2 будет поступать дополнительный объем жидкости, вытесняемый из штоковой полости гидроцилиндра 2. Это в свою очередь приводит пропорциональному повышению скорости перемещение штока гидроцилиндра 2. По мере перемещения штока гидроцилиндра 2 будет увеличиваться и сопротивление формуемой смеси, а это в свою очередь приводит к пропорциональному повышению давления в гидросистеме управления прессовым оборудованием. Далее, при достижении давления в гидросистеме управления прессовым оборудованием, давления настройки двухпозиционного гидрораспределителя 8, последнее переключается и в результате этого давление жидкости в управляющей полости мембранныго гидроуправляемого дросселя падает, что приводит к его открытию. С открытием мембранныго гидроуправляемого дросселя 3, управление гидроцилиндром 2 из дифференциального подключения переводится в обычное. В результате этого, с момента переключения гидроцилиндра 2 из дифференциальной схемы подключения в обычный, гидроцилиндр 2 до конца хода штока работает в этом режиме. При переключении гидравлического распределителя 4 и изменении направления перемещения штока гидроцилиндра 2 мембранный гидроуправляемый дрос-

сель 3 остается открытым, а мембранный гидроуправляемый дроссель 1 находится в закрытом положении.

Рассмотренному преобразователю с плоскими мембранными запорно-регулирующими элементами, как и всем, гидравлическим аппаратам свойственны как недостатки, так и достоинства. К недостаткам плоских мембранных запорно-регулирующих элементов следует отнести ограниченность пропускной способности по расходу жидкости, а достоинствами являются их простота конструкции и изготовления.

Таким образом, в зависимости от значения номинального расхода жидкости в гидросистеме машин и оборудования можно будет подобрать преобразователь скорости перемещение штока гидроцилиндов с плоскими запорно-регулирующими элементами.

Список литературы

1. Джылкичев А.И., Понамарева О.М. Экспериментальные исследования прочностных характеристик плоского мембранныго запорно-регулирующего элемента. «Повышение эффективности транспортных, строительно-дорожных машин и оборудования в условиях высокогорья» // Сб. науч. тр. КГУСТА, Бишкек, 1999. -С.18–20.

2. Кириков Р.П. Исследование и разработка гидрораспределителей с упругими оболочками для гидроприводов дорожных и строительных машин: Дисс. ... канд. техн. наук. – Омск., 1977 – 197 с.

3. Бекбоев А.Р., Жылкычев М.К. Математическое моделирование преобразователя скорости перемещение штока гидроцилиндра с цилиндрическими мембранным запорно-регулирующим элементом.// Universum: Технические науки: электрон. науч. журн. 2016. №5 (26). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2403>

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОГЛАЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА НА ОСНОВЕ B₄C ПРИ ВВЕДЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

*Еремеева Ж.В.,
Лопатин В.Ю.,
Панов В.С.,
Мякишева Л.В.,
Лизунов А.И.*

НИТУ МИСиС, ПАО МСЗ

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.61.12

STUDYING OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE ABSORBING ELEMENTS OF THE NUCLEAR REACTOR ON THE BASIS OF B₄C AT INTRODUCTION OF VARIOUS NANOMODIFYING ADDITIVES

*Eremeeva Zh.V.,
Lopatin V.Yu.,
Panov V.S.,
Myakisheva L.V.,
Lizunov A.I.*

NITU MISIS, PJSC MTSZ

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрено влияния наномодификаторов на структуру и свойства ПЭЛов из карбида бора полученного различными методами при прессовании, спекании и горячем прессовании. В ходе работы

были проведены исследования влияния наномодификаторов ZrO_2 и Sm_2O_3 на формуемость порошков карбида бора полученных различными методами, также изучено их влияние на структуру и свойства ПЭлов из карбида бора. Проведены металлографические и рентгеноспектральные исследования, определены механические и эксплуатационные свойства изделий из порошков карбида бора. Установлено, что наибольшая относительная плотность и наименьший размер зерна был зафиксирован при введении при введении нано- ZrO_2 .

Работа выполнена в рамках РФФИ 17-08-00204

ABSTRACT

In work it is considered influences of nanomodifiers on structure and properties absorbing elements of a nuclear reactor from carbide of the pine forest received by various methods during the pressing, agglomeration and hot pressing. During work researches of influence of ZrO_2 and Sm_2O_3 nanomodifiers on molding capacity of the powders of carbide of a pine forest received by various methods have been conducted their influence on structure and properties absorbing elements of a nuclear reactor from pine forest carbide is also studied. Metalgraphic and X-ray spectral researches are conducted, mechanical and operational properties of products from pine forest carbide powders are defined. It is established that the greatest relative density and the smallest size of grain has been recorded at introduction at introduction nano- ZrO_2 . Experiments on hot pressing absorbing elements of a nuclear reactor from powder of carbide of the pine forest received by various methods at introduction to initial furnace charge of nanomodifiers are made.

Work is performed within the Russian Federal Property Fund 17-08-00204

Ключевые слова: карбид бора, наномодификаторы, смешивание, прессование, спекание, спекание, структура, свойства

Keywords: pine forest carbide, nanomodifiers, mixing, pressing, agglomeration, hot pressing, structure, properties

ВВЕДЕНИЕ

Разработка конструкционных материалов и особенно поглощающий элементов (ПЭЛ) ядерного реактора базируется на анализе его условий работы, а также обобщении современных достижений науки в этой области материаловедения. В стержнях СУЗ ядерных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах наиболее широко используется карбид бора. Это обусловлено его высокой эффективностью поглощения нейтронов в широком спектре энергий, низкой скоростью выгорания поглощающих изотопов в процессе эксплуатации в реакторе, высокой стойкостью к радиационным повреждениям, стабильностью объема, как при рабочих температурах эксплуатации, так и при перегревах, коррозионной стойкостью, высокой температурой плавления ($2240^\circ C$) [1-2].

В настоящее время к данному классу материалов предъявляются повышенные требования по плотности и большему поперечному сечению захвата тепловых нейтронов.

Научный и практический интерес представляет применение наноматериалов для модификации структуры металлов и их сплавов с целью получения более высоких физико-механических свойств изделий, в том числе материалов, применяемых в ядерной технике.

Нанодисперсные добавки даже в небольших количествах эффективно активируют процессы консолидации, способствуют формированию более совершенной микроструктуры, и в конечном итоге повышают свойства керамики. Различное воздействие на характеристики спечённых композитов оказывают наночастицы в зависимости от своего расположения (на границах зёрен или внутри зёрен). Наибольший эффект упрочнения связан с обеспечением низкой агрегации наночастиц, т.е. с образованием небольших кластеров, равномерно распределенных по объёму матрицы [3 - 5].

Анализ литературы указывает на использование нанодобавок как ресурс формирования структур с повышенными механическими свойствами, что является также актуальным при эксплуатации ПЭлов [6,7].

Целью данной работы является изучение влияния модифицирующих добавок в виде нанооксидов циркония и самария на структуру и свойства поглощающих элементов ядерного реактора.

Материалы и методики исследований

В качестве исходных материалов были использованы порошки:

- карбида бора производства Донецкого завода химических реагентов, полученный восстановлением углеродом с последующим дроблением и измельчением со средним размером частиц 150-250 мкм (рисунок 1);

- В качестве легирующих добавок использовали нанопорошки оксидов циркония (ZrO_2) и самария (Sm_2O_3).

На операции смешивания и формования использовался пластификатор – декстрин ГОСТ 6034-74.

Электронно-микроскопические изображения (СЭМ - анализ) получали с помощью аналитического электронного микроскопа JEM-2100.

Определение гранулометрического состава проводили с помощью анализатора частиц Camsizer XT.

Определение насыпной плотности проводили по ГОСТ 19440-94.

Определение текучести порошковой смеси проводили по ГОСТ 20899-75.

Удельную поверхность порошков Суд измеряли на установке NOVA 1200 (Quantachrome instruments, США). Измерение проводили методом БЭТ по низкотемпературной адсорбции азота. Диапазон измеряемых площадей составляет: 0,01 – свыше $2000 \text{ m}^2/\text{г}$.

Микроструктурный анализ и последующее фотографирование проводилось на оптических металлографических микроскопах UNIVAR фирмы "REICHERT" (Австрия) и NEOPHOT-21 фирмы "CARL CEIS YENA" (ГДР) при увеличениях в диапазоне 25-1000.

Микроструктурные исследования проводили на РЭМ фирмы "Hitachi" модель: S-3400N.

Количественный рентгеноструктурный фазовый анализ (РФА) проводили на установке ДРОН-7 (Россия), с использованием СuK α излучения с длиной волны 1.54178 Å при углах 2Θ = 10–110° с шагом 0,10.

Предел прочности (σ_в, МПа) на сжатие определяли согласно ГОСТ 25.503-97 на образцах со следующими геометрическими параметрами: диаметр (D) 20 мм, высота (H) 110 мм на универсальной испытательной машине марки Roell Z2020 фирмы Zwick на предприятии ПАО «МСЗ» в автоматическом режиме с помощью персонального компьютера IBM RX. Максимальная нагрузка машины – 5 т (152МПа), точность – 0,5 % от нагрузки.

Твердость образцов определяли по Роквеллу в соответствии с ГОСТ 9013-59. В качестве индентора использовалась алмазная пирамидка с углом 120°.

Общую пористость спеченных заготовок определяли по ГОСТ 18898-89 путем измерения массы спеченной заготовки на воздухе и после закрытия поверхностных пор тонким слоем медицинского вазелина (ГОСТ 3582-84) с последующим определением их объема и плотности.

Плотность готовых образцов после спекания определяли методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 25281-82 на аналитических весах фирмы AND (Япония) модель AD - 1653.

Измельчение карбида бора, полученного восстановлением углеродом,

проводили до получения основной фракции 8 – 10 мкм в мельнице MB-01 с соотношением материала и мелящих тел 1:10 в течение 3 часов.

Смешивание наномодификаторов с карбида бора проводили на ультразвуковой установке в течение 30 минут в этиловом спирте в соотношении 3:1, а также в смесителе Турбула в режиме сухого смешивания в течение 60 минут.

Смешение подготовленного пластификатора с измельченным карбида бора производили в смесителе Dr. Fritsch в течение 60 минут.

Для придания полученному материалу текучести проводили его грануляцию на грануляторе Dr. Fritsch GA 180 с сеткой со стороной ячейки 1,7мм. Сушку гранулированного материала проводили до величины влажности 1,8 – 3%, при которой порошок имеет хорошую текучесть. После достижения выше указанного параметра, гранулированный материал направляли на операцию прессования.

Прессование образцов ПЭЛОв из карбида бора производили на гидравлическом прессе Dr. Fritsch KPV 25 в стальных прессформах с твердосплавными вставками. Масса навески с учетом диаметра пресс-формы, аддитивной плотности смеси и отношения H:D=0,5, составляла 1,4 грамма. Схема прессования двухсторонняя. Приложение нагрузки при осевом давлении варьировалось от 100-900 МПа с шагом 100 МПа.

Уплотняемость порошковых смесей определял в соответствии с ГОСТ 25280-90. Плотность спрессованных порошковых брикетов («таблеток») определяли, исходя из их геометрических размеров, массы и аддитивной плотности используемых смесей.

Спекание заготовок ПЭЛОв из карбида бора проводили в вакуумной электропечи Gero 80 производства фирмы Nabertherm (Германия) с графитовыми нагревателями при температуре изотермической выдержки 2050 °C в течение 60 минут. Печь снабжена системами водяного охлаждения и подачи аргона для спекания в инертной атмосфере для предотвращения окисления изделий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

СЭМ – изображения порошков карбида бора, полученных восстановлением углеродом с последующим размолом и измельчением 1.

Порошок карбида бора производства Донецкого завода химических реактивов, полученный восстановлением углеродом с последующим дроблением и измельчением (рис.1,а), состоит из неравноосных частиц неправильной формы, средний размер которых варьируется в пределах 150-250 мкм.

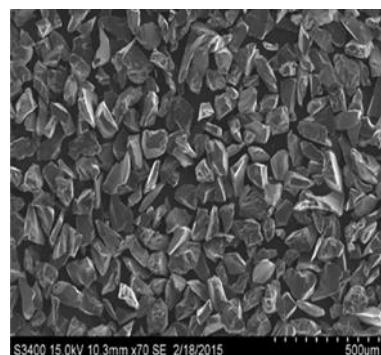


Рисунок 1. СЭМ-изображение частиц порошка B₄C, полученного восстановлением углеродом с последующим дроблением и измельчением

Таблица 2. Свойства порошков карбида бора, полученных восстановлением углеродом и механосинтезом.

Материал	Текучесть, с	Насыпная плотность, г/см ³	Уд. Поверхность м ² /г	Ср. размер агломератов, мкм	Размер частиц, мкм
B ₄ C, восстановл. углеродом	102	1,64	0,6 – 0,8	-	100 - 150

На рисунке 7 (а,б) и в таблице 3 представлены СЭМ – изображения и основные характеристики легирующих добавок в виде нанопорошков оксидов циркония и самария.

Как видно (рис.7,а), нанопорошки оксида циркония имеют правильную округлую форму, а оксида самария представляют собой индивидуальные частицы овализованной формы (рис. 7,б).

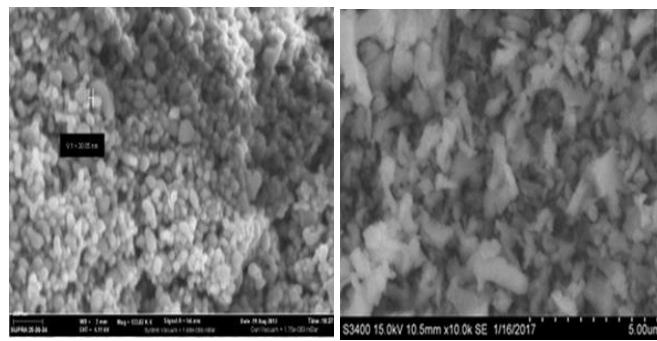


Рисунок 7 (а, б). СЭМ изображение частиц порошков оксидов циркония (а) и самария(б)

Таблица 3. Характеристики нанопорошков ZrO₂ и Sm₂O₃

Характеристика порошков	Порошки оксидов	
	ZrO ₂	Sm ₂ O ₃
Размер частиц, нм	40 - 65	60 - 70
Удельная поверхность, м ² /г	16 - 25	18 - 22
Содержание основного компонента	99,5	99,9
Цвет	белый	белый
Морфология	специальная	равноосная

Операция смешивания порошка B₄C с вышеуказанными легирующими добавками производилась поэтапно, поскольку содержание нанодисперсных добавок мало, а при введении их в основной объем материала добиться равномерного усреднения было бы невозможно. Для достижения гомогенного состава, смешивание нанопорошков производилось в спирте с некоторым количеством

B₄C два раза по 15 минут. Затем полученную смесь добавляли в основную массу материала и проводили окончательное смешивание в спирте в смесителе Турбула в течение 2 часов.

В таблице 4 представлены свойства порошков B₄C, полученного восстановлением углеродом, с наноразмерными добавками.

Таблица 4. Свойства порошковых смесей B₄C с наномодификаторами

Метод получения карбида бора	Текучесть, сек	Насыпная плотность, г/см ³	Размер частиц, мкм
Восстановленный углеродом	102	1,65	100,0 -150,0
Восстановленный углеродом с нано-ZrO ₂	110	1,67	100,0
Восстановленный углеродом с нано-Sm ₂ O ₃	115	1,68	100,0

Из представленных в таблице 4 данных видно, что при введении наномодификаторов несколько возросли текучесть порошковой смеси B₄C и насыпная плотность.

Зависимость плотности вкладышей от давления прессования при введении в шихту наноразмерных добавок оксида самария и оксида циркония представлена на рисунке 8.

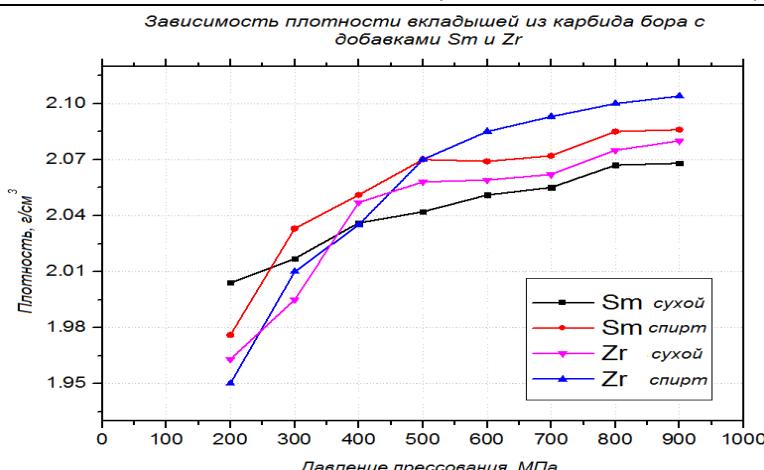


Рисунок 8. Зависимость плотности спрессованных вкладышей из карбида бора с наномодифицирующими добавками от давления прессования

Из результатов, представленных на рисунке 8, следует, что наибольшей плотностью обладают заготовки из порошковой шихты с нанооксидом циркония и при проведении мокрого смешивания.

Спекание проводили в вакуумной печи Gero 80 в инертной атмосфере с созданием небольшого разряжения. Это предусмотрено установкой для удаления пластификатора. Нагрев проводился ступенча-

тый с десятиминутными выдержками на температурах 400, 800 и 1800°C, затем достижение температуры спекания 2050°C время выдержки составляло 1 час с последующим охлаждением.

На рисунке 9, представлены результаты зависимости плотности спеченных заготовок из карбида бора с наноразмерными добавками оксидов самария и циркония от давления прессования.

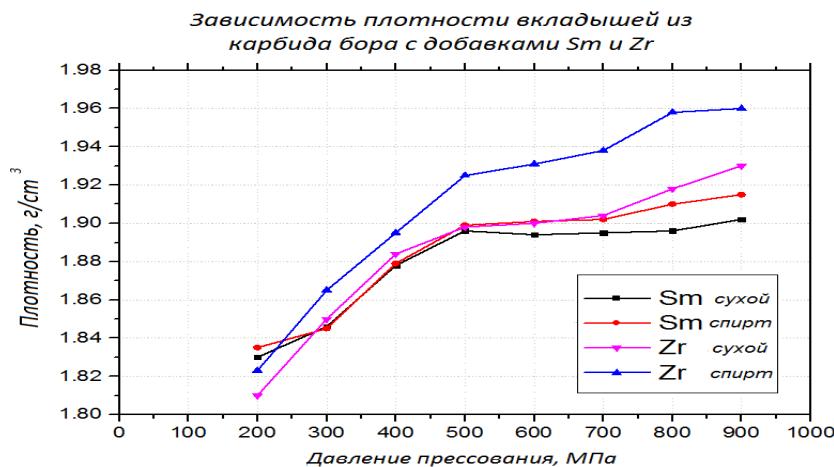


Рисунок 9 Зависимость плотности спеченных вкладышей из карбида бора с наномодифицирующими добавками от давления прессования

Из представленных результатов видно, что наибольшей относительной плотностью обладают образцы спеченных вкладышей B₄C с нанодобавкой ZrO₂, а наименьшей - образцы с нанодобавкой Sm₂O₃.

В таблице 5 представлены результаты измерения плотности после прессования и спекания порошковой смеси B₄C с исследуемыми наномодификаторами.

Таблица 5. Плотность образцов карбида бора с введенными наномодификаторами оксидом циркония и оксидом самария

Тип образца	Плотность после прессования P=800 МПа, г/см ³	Плотность после спекания, г/см ³	Относительное изменение плотности, %
B ₄ C+ ZrO ₂ «сухой»	2,08	1,93	7,2
B ₄ C+ ZrO ₂ «спирт»	2,11	1,96	7,1
B ₄ C+ Sm ₂ O ₃ «сухой»	2,06	1,90	7,8
B ₄ C+ Sm ₂ O ₃ «спирт»	2,08	1,91	8,2

Более высокие значения относительной плотности для композитов, содержащих частицы оксида циркония, по сравнению с частицами оксида самария, по-видимому, обусловлены не только меньшим размером первых, но и более равномерным распределением их по объему образца (рис. 10,11).

С помощью электронной микроскопии была изучена структура спеченных образцов из карбида бора, полученного восстановлением углеродом, с наномодифицирующими добавками. Результаты исследований представлены на рисунках 10 и 11.

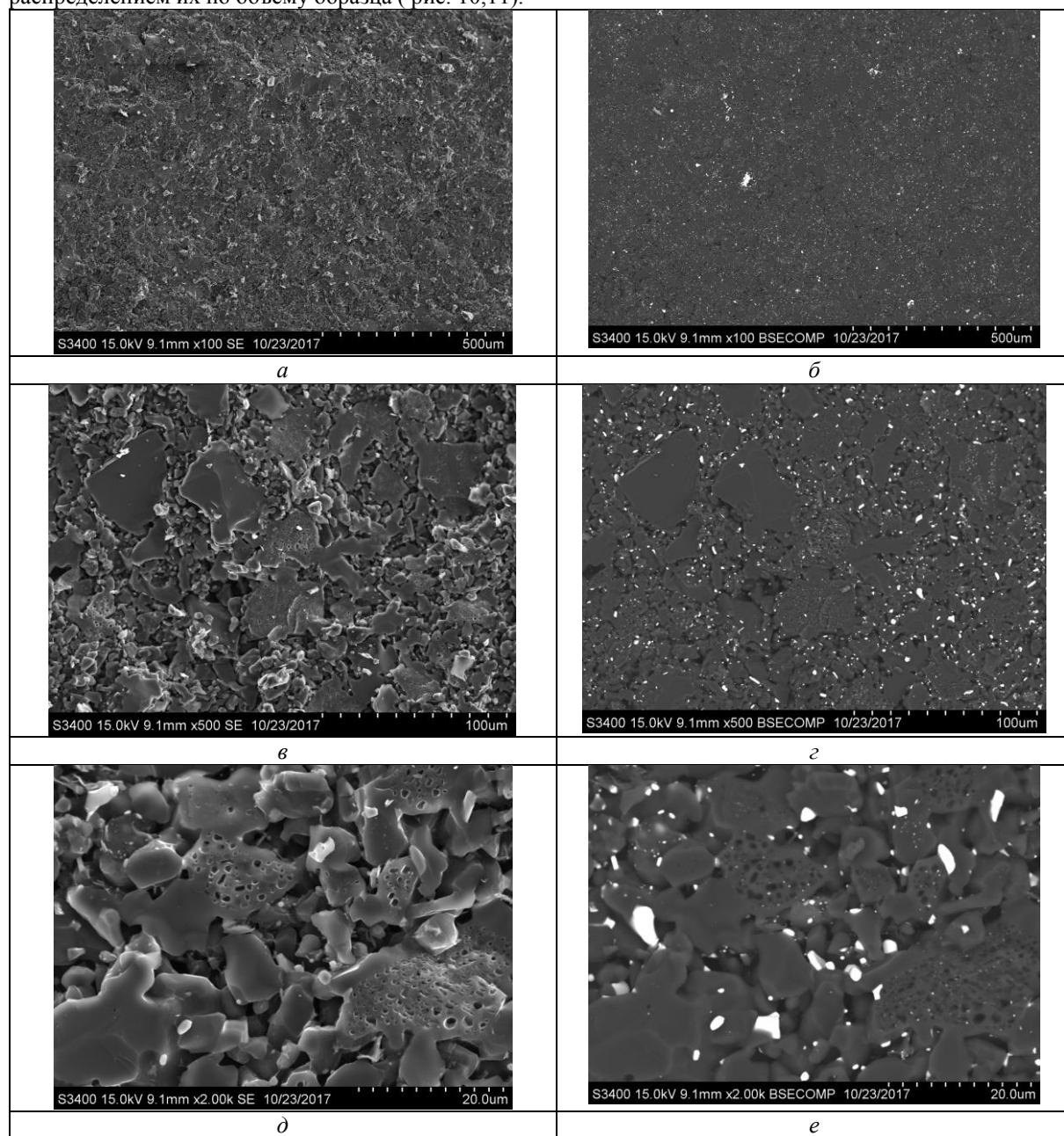


Рисунок 10. СЭМ-изображение образца карбида бора с нанопорошком оксида циркония
после спекания

На снимках СЭМ карбида бора с наночастицами ZrO₂ видно, что встречаются как отдельные наночастицы ZrO₂, так и их агрегаты, равномерно расположенные по границам зёрен. Это препятствует росту зерен карбида бора во время спекания за счет торможения процесса массопереноса между нанодисперсной частицей и частицами низкой дисперсности, что, по-видимому, и ограничивает максимальный размер зерен.

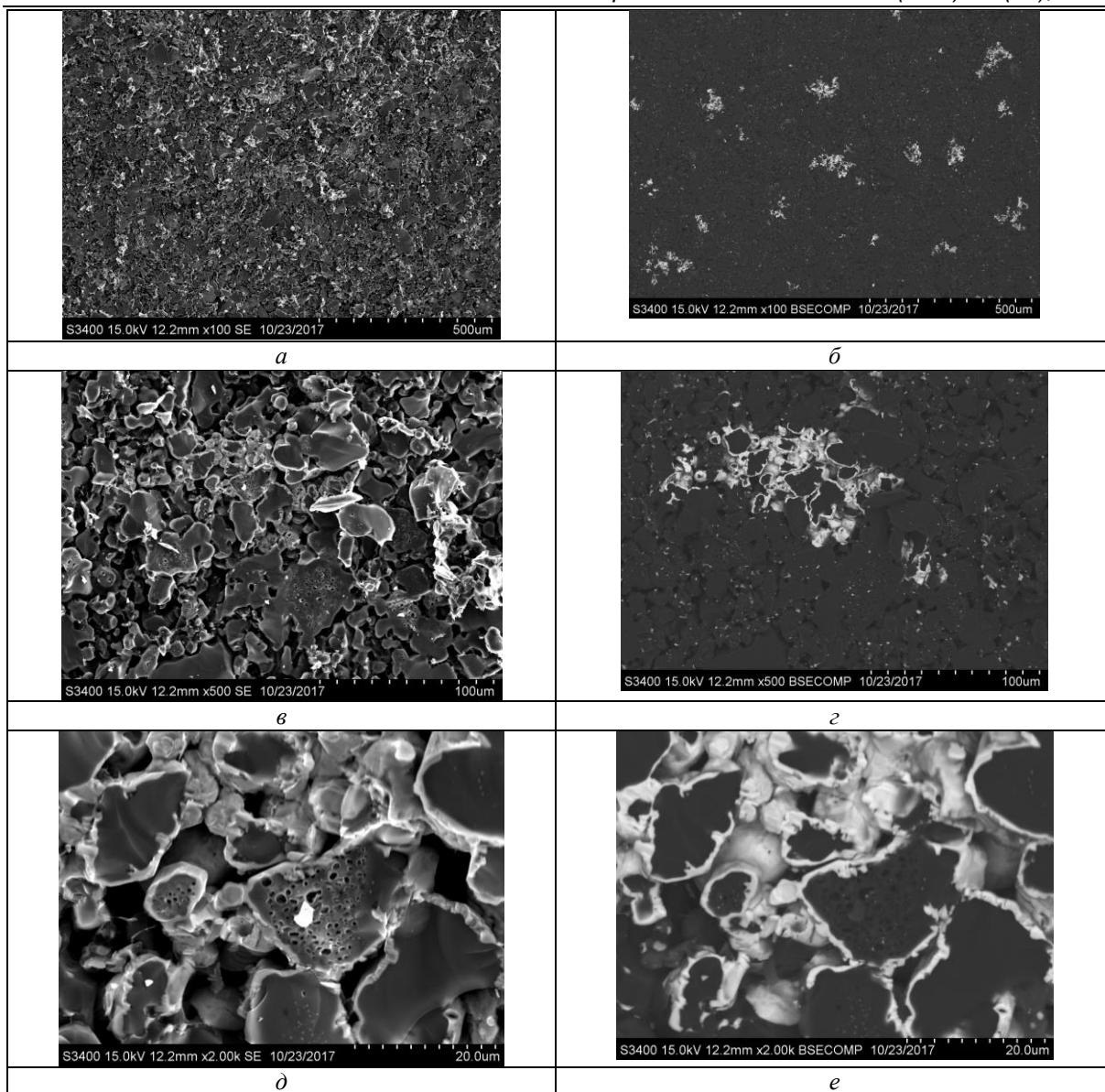


Рисунок 11. СЭМ-изображение образца карбида бора после спекания с нанопорошком оксида самария

На представленных СЭМ - снимках(рис.11) образца ПЭЛ из карбида бора сnanoоксидом самария видно, что наномодификатор полностью обволакивает частицы карбида бора, но он менее равномерно распределен по объему образца по сравнению с оксидом циркония, создавая отдельные кластерные образования наночастиц, расположенные по границам зерен карбида бора.

Приведенные данные по влиянию наномодификаторов на структуру карбида бора хорошо согласуются с выводами работ [4,5].

В работе исследовали основные механические свойства образцов из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксида циркония и оксида самария. Определялась твердость образцов и предел прочности на сжатие.

На рисунке 12 представлены результаты испытаний на сжатие для образцов вкладышей после спекания из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария.

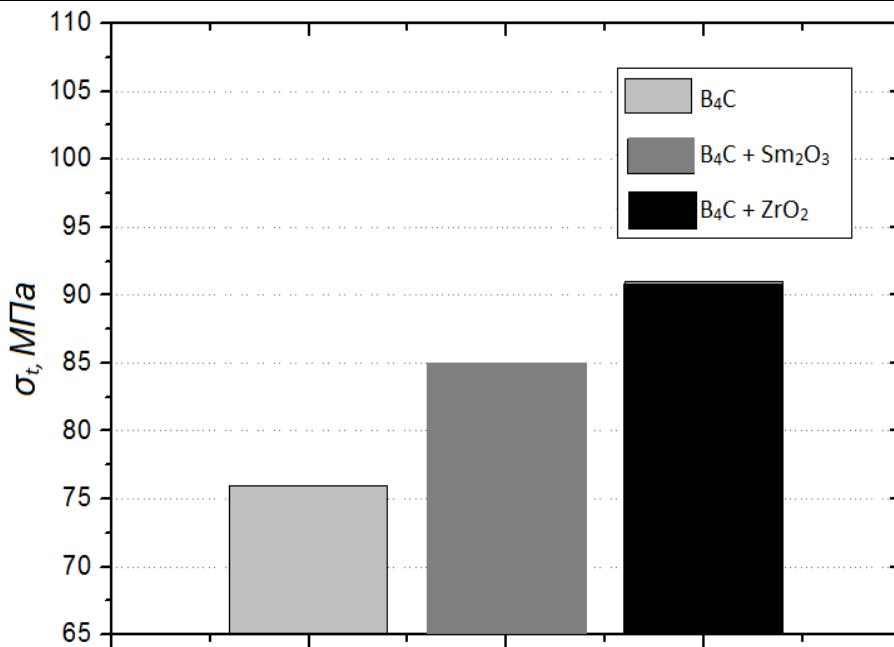


Рисунок 12. Предел прочности на сжатие после спекания образцов из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария

На рисунке 13 представлены результаты по измерению твердости образцов после спекания из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария.

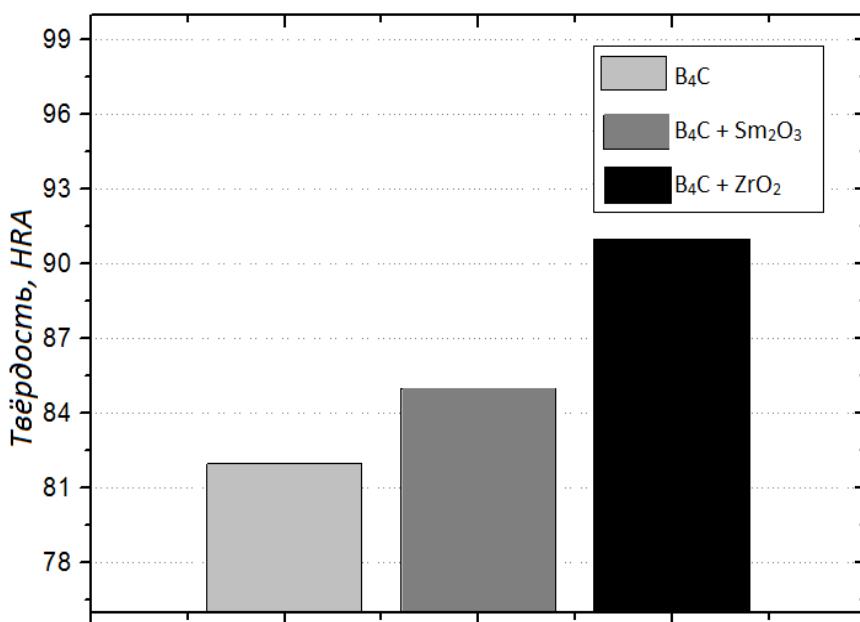


Рисунок 13. Твердость после спекания образцов из карбида бора, модифицированного нанопорошками оксидов циркония и самария

Из представленных результатов видно, что наибольшим пределом прочности на сжатие и твердостью, как и следовало ожидать, обладают образцы из карбида бора, модифицированные нанооксидом циркония, равномерно распределенного в объеме B₄C и способствующего затруднению движения дислокаций за счет дисперсного упрочнения и получения мелкозернистой структуры.

Выводы

1 Проведено исследование влияния наномодификаторов оксидов самария и циркония на процесс формования порошка карбида бора. Наибольшая

плотность получена при введении нанопорошка оксида циркония и составляет 1,96 г/см³.

2 Изучена структура спеченных образцов из карбида бора, полученного восстановлением углеродом, с наномодифицирующими добавками ZrO₂ и Sm₂O₃. Показано измельчающее влияние нанооксида циркония на структуру карбида бора.

3 Показано, что наибольшим пределом прочности на сжатие и твердостью обладают образцы из карбида бора, модифицированные нанооксидом циркония,

Список использованной литературы

1. Sickafus K. E., Grimes R. W., Valdez J. A., Cleave ., Ming T., Ishimaru M., Corish S. M., Stanek Ch. R., Uberuaga B. P. Radiation-induced amorphization resistance and radiation tolerance in structurally related oxides// Nature Materials. 2007. No. 6. P. 217 – 223.
- 2 Рисованый В.Д., Варлашова Е.Е., Фридман С.Р., Пономаренко В.Б., Щеглов А.В. Сравнительные характеристики поглощающих кластерных сборок ВВЭР-1000 и PWR. //Атомная энергия. 1998. Т. 84. №.6. С. 508–513.
- 3.Белащ Н.Н., Куштым А.В., Татарин Н.П. Лякишев. Нанокристаллические структуры - новое направление развития конструкционных материалов // Вестник РАН, 2003, Т. 73, № 5, с. 422-428.
4. Елецкий А.В. Механические свойства углеродныхnanoструктур и материалов на их основе. //УФН, 2007, т. 177, №3, с. 233-273.
5. Черепанов А.Н., Полубояров В.Л., Калинина Ф.П., Коротаева З.А. Применение ультрадисперсных порошков для улучшения свойств металлов и сплавов//Наука производству.2002. №2. с. 2 – 8.
6. Путилов А.В. Разработки ФГУП ВНИИНМ в области нанотехнологий и наноматериалов для атомной отрасли. // Российские нанотехнологии, 2007 Т.2, № 9-10, с. 6-11.
7. Чернов И.А. Анализ разработок конструкций и материалов ПЭЛОв ПС СУЗ повышенной работоспособности // Ядер. и радиац. технологии. 2007. Т. 7. №. 3-4. с. 18-28.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Каримов Ташмухамед Халмухамедович

к.т.н., заведующий кафедрой «Водоснабжение,

Водоотведение и Гидротехническое строительство» КГУСТА им. Н. Исanova.

ECOLOGICAL AND SANITARY AND HYGENE SAFETY OF WATER SUPPLY SOURCES OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Karimov Tashmuhamed Halmukhamedovich.

Ph.D., Head of the Department of Water

Supply and Sanitation and Hydraulic Engineering "KGUSTA them. N. Isanova

АННОТАЦИЯ.

В данной статье рассматривается проблема экологической безопасности а также качества питьевой воды и очистки сточных вод. Поднимается проблема снабжения чистой водой и канализования населенных пунктов и городов Кыргызской Республики. Антропогенное загрязнение природных вод. Не соответствующая очистка сточных вод и не удовлетворительное состояния очистных сооружений. Данное состояние дел в системе водоснабжения и водоотведения Кыргызской Республики требует разработки и внедрения новых передовых технологий по очистке природных и сточных вод

ABSTRACT.

This article addresses the issue of environmental safety as well as the quality of drinking water and wastewater treatment. The problem of supplying clean water and sewage of settlements and cities of the Kyrgyz Republic is raised. Anthropogenic pollution of natural waters. Inadequate wastewater treatment and unsatisfactory condition of sewage treatment plants. This state of affairs in the water supply and sanitation system of the Kyrgyz Republic requires the development and implementation of new advanced technologies for the treatment of natural and waste waters.

Keywords: environmental Safety, water resources, water sources, sewerage, water protection zone, bacterial contamination

В современном мире актуальность экологической безопасности уже давно признана и активно исследуется, а окружающая среда как предмет безопасности стала выделяться в связи с ее повсеместной деградацией. Решение проблемы безопасности является центральной стратегической задачей любого государства.

Специфические природные и климатические особенности Кыргызстана (рис. 1), а так же непрограммированная хозяйственная деятельность обусловили

возникновение и нарастание экологических проблем. В районах, примыкающих к бывшим и действующим горно-металлургическим предприятиям отмечаются неблагоприятные демографические изменения, выражаемые в росте числа случаев заболеваний и нарушений генофонда, людей связанных с радиацией. Многие экологические проблемы связаны с загрязнением водных ресурсов Кыргызстана.