

лые частицы. Это объясняется осаждением ионов кальция и магния из SBF-раствора рис. 1.

При исследовании биологической активности тонкопленочных материалов в искусственных условиях, установлено, что добавка нитрата цинка в кальций-фосфатную систему увеличивает биоактивность материалов. Эксперименталь-

но доказано, что все исследуемые образцы обладают способностью к образованию аморфного слоя на поверхности материала и пригодны для дальнейшего изучения биоактивных свойств.

Работы выполнены в рамках гос задания FSWM-2020-0037.

### Список литературы

1. *Larry L. Hench. // Bioceramics: From Concept to Clinic.// Journal of the American Ceramic Society, 1991. – Vol. 74. – № 7. – P. 1487–1510.*
2. *Borilo L., Lyutova E., A. Izosimova E. A. The effect of sodium and magnesium ions on the properties of calcium-phosphate biomaterials. // Progress in biomaterials, 2019. – V. 8. – № 2. – P. 127–136.*
3. *Kokubo T. H. Takadama How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? Biomaterials, 2006. – Vol. 27. – № 15. – P. 2097–2915.*

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВИРОВАННОГО СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЕМ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д. С. Токарев, Ю. А. Мировой, С. В. Матренин, А. В. Мостовщиков  
Научный руководитель – д.т.н., профессор А. В. Мостовщиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
63405, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, dst13@tpu.ru

В настоящее время активно развиваются методы активации порошков металлов, направленные на повышение их химической активности. Преимуществом СВЧ-активации, в сравнении с прочими методами активации, является уменьшение необходимого времени воздействия на материал, снижении затрат на нагревание и отсутствие химического загрязнения.

Использование активированных порошков при получении различных конструкционных материалов позволяет получить на выходе более прочный и плотный материал, а также снизить энергетические затраты, возникающие в процессе его производства. Целью данной работы являлось исследование эффективности применения СВЧ-активированного нанопорошка алюминия при получении радиационно-защитного материала.

Для получения керамики и композитных материалов в работе были применены порошковые составы, представленные в таблице 1. Эффективность ослабления гамма-квантов в основном обуславливается значением плотности и атомного номера защитного материала. Так гафний и вольфрам, входящие в состав исследуемых образцов, в теории должны достаточно хорошо рассеивать гамма-кванты, поскольку обладают

высоким зарядовым числом  $Z$ . Бор входящий в состав получаемых материалов, с точки зрения радиационной защиты, поглощает нейтроны во всей тепловой области энергий и способствует уменьшению выхода вторичного гамма излучения [1].

В работе применялись дублирующие составы образцов 2 и 3 содержащие облученный в СВЧ и необлученный нанопорошок алюминия.

Спекание образцов проводилось с применением метода изостатического прессования. Спекание образца 1 проводилось при температуре 2000 °С, образцов 2 и 3 при температуре 750 °С. Время спекания образцов составило 5 минут. Характеристики полученных в результате спекания образцов цилиндрической формы представлены в таблице 2. Оценка твердости образцов проводилась статическим методом.

В ходе оценки твердости и модуля упругости полученных образцов выявлено, что образец 2 не спекся при заданных параметрах давления и температуры в печи изостатического прессования. Однако стоит отметить, что образец 3 с аналогичным порошковым составом спекся при тех же параметрах спекания. Данный факт может объясняться применением в образце 3 активированного СВЧ-излучением порошка алюминия,

**Таблица 1.** Исходные порошковые составы материалов

Образец	Состав, масс. %				
	HfB <sub>2</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>необлуч</sub>	Al <sub>облуч</sub>	W
1	98	2	–	–	–
2	50	–	30	–	20
3	50	–	–	30	20

**Таблица 2.** Характеристики полученных керметов и керамики HfB<sub>2</sub>

Характеристика	Образец №		
	1	2	3
Масса, гр.	4,53	4,67	4,61
Диаметр, мм	15,38	15,35	15,24
Высота, мм	2,57	5,5	5,22
Объем, см <sup>3</sup>	0,48	1,02	0,95
Плотность, гр/см <sup>3</sup>	9,51	4,59	4,83
Модуль упругости E <sub>ИГ</sub> , МПа	796915	–	173440
Твердость по Мартенсу НМ, МПа	21334	–	2907
Температура ГП, °С	2000	750	750

который снизил начальную температуру спекания и увеличил скорость протекания процесса спекания. Плотность образца 3 на 5% выше плотности образца 2, что может обуславливать усадкой образца во время спекания.

Образец 1 обладает наибольшим значением модуля упругости и твердости, что говорит о низкой пластичности материала и высокой хрупкости. Образец 3 в 4,6 раз более пластичен и в 7,3 раза менее твердый, в сравнении с образцом 1, что в целом характерно для керметов.

### Список литературы

1. Беспалов В. И. *Лекции по радиационной защите: учебное пособие.* – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 695 с.

Также стоит отметить, что несмотря на существенную потерю твердости и снижения модуля упругости получаемые металлокерамики все еще намного прочнее обычных металлов.

Таким образом, применение СВЧ-активированного нанопорошка алюминия позволяет повысить пластичность получаемого материала, относительно керамических материалов схожего состава, а также снизить температуру и время спекания.

## СТРОИТЕЛЬНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Д. Т. Толегенов, М. А. Елубай, А. В. Богомолов, Д. Ж. Толегенова  
 Научный руководитель – д.т.н., профессор ТПУ Т. В. Вакалова

Томский политехнический университет  
 634050, tolegenov@tpu.ru

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической, строительных материалов и других отраслей про-

мышленности Казахстана накопилось порядка 22 млрд. тонн отходов. Ежегодно образуется до 400 млн. тонн промышленных отходов и до 20 млн. м<sup>3</sup> бытовых, из которых лишь 5 процентов