

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБОНИТРИДА ЦИРКОНИЯ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДАМИ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ И ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ

Е.Д. КУЗЬМЕНКО, С.В. МАТРЕНИН

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: edk10@tpu.ru

Керамика на основе соединений металлов переходных групп с азотом и углеродом – карбидов и нитридов, отличается рядом уникальных свойств, таких как высокая твердость и износостойкость, стойкость к воздействию агрессивных химических среды и сверхвысоких температур. При этом считается, что за счет усложнения кристаллохимической структуры, путем создания карбонитридов свойства материалов значительно улучшаются [1, 2]. Среди соединений металлов переходных групп особенно выделяются карбиды и нитриды циркония, за счет показателей механических свойств [3] и высокой окислительной стойкостью [4].

В проведенной работе были исследованы физико-механические свойства керамик на основе карбонитрида циркония. Получение исследуемых образцов осуществлялось двумя различными методами: методом горячего прессования и методом искрового плазменного спекания. При этом достигаемые температуры обработки и прикладываемые давления прессования в процессе консолидирования были одинаковы: 2000 °С и 30 МПа.

Для исследования механических свойств спеченных образцов был применен NanoIndenter G200. Данное оборудование позволяет, за счет анализа кривых нагружения, определить параметры твердости материала, модуля упругости и прочности [5]. Во многом механические свойства керамических материалов зависят не только от состава, но и от структуры материала [6]. При исследовании керамик на основе карбонитрида циркония становится важным анализ пористости материалов, вносящих значительный вклад в показатели твердости материалов [7].

Так рассмотрим один из исследуемых составов 20% ZrC – 80% ZrN, спеченный методом горячего прессования. Для керамики полученной на основе данных компонентов была проведена растровая электронная микроскопия поверхности, как показано на рисунке 1.

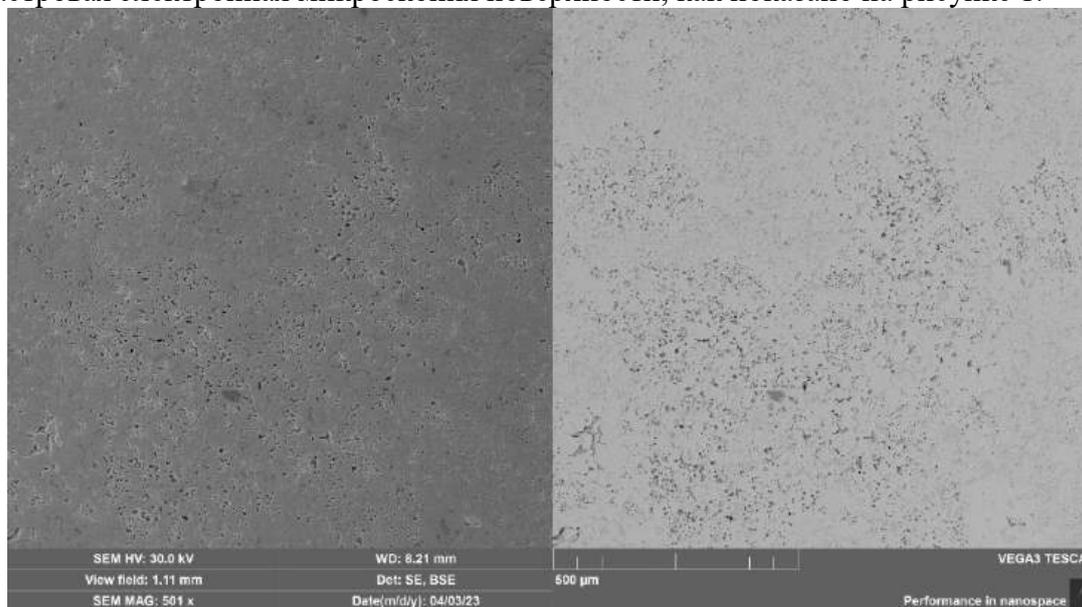


Рисунок 1. Микрофотография поверхности исследуемого образца, полученная с помощью растровой электронной микроскопии

Для исследуемого образца наблюдается пониженная пористость. Поры распределены равномерно по поверхности материала. С учетом проведения съемки в топографическом и позиционном режимах становится возможным определения наличия двух фаз – матричной фазы карбонитрида циркония и включения диоксида циркония.

Для данного образца были выполнены ряд исследований на NanoIndenter G200. Кривые нагружения показаны на рисунке 2.

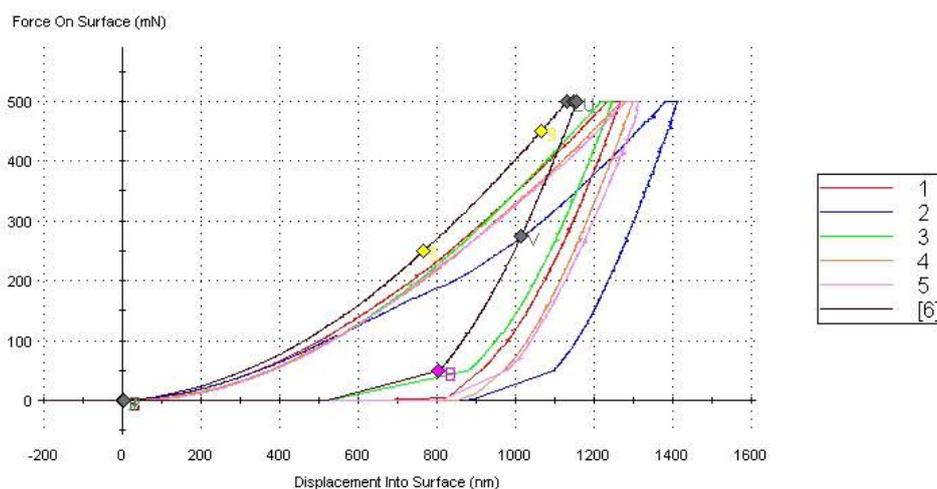


Рисунок 2. Кривые нагружения исследуемого образца, полученного методом горячего прессования

Данный состав также был консолидирован методом искрового плазменного спекания. Для данного состава наблюдается повышенная пористость по сравнению с горячепрессованным образцом, что связано с большей скоростью спекания при искровом плазменном спекании. Также был выполнен рентгенофазовый анализ, представленный на рисунке 3. Было подтверждено, что в роли матричной фазы выступает карбонитрид циркония, а включения представлены оксидной фазой – ZrO_2 .

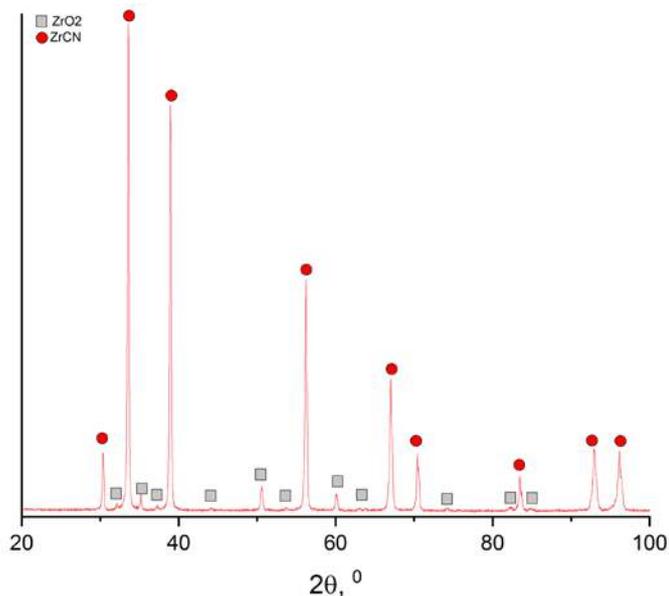


Рисунок 3. Дифрактограмма исследуемого образца

Также для образца, полученного методом искрового плазменного спекания было проведено исследование с помощью NanoIndenter G200, рисунок 4.

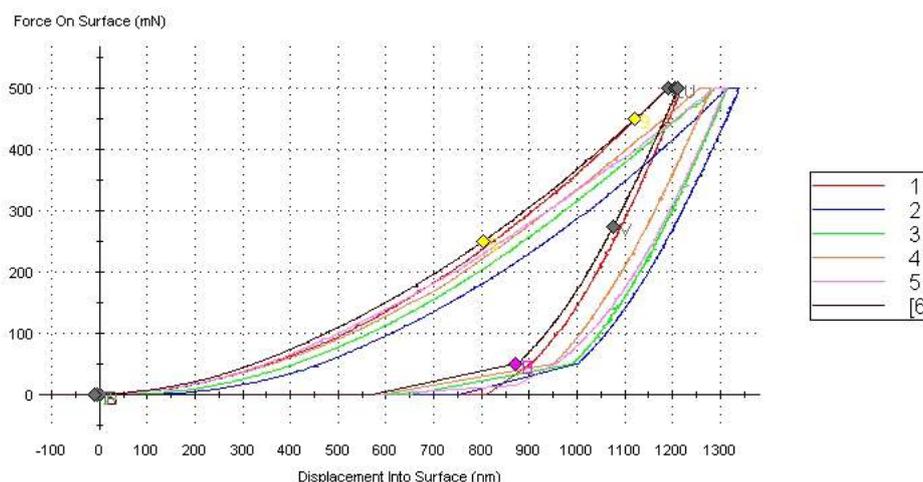


Рисунок 4. Кривые нагружения исследуемого образца, полученного методом искрового плазменного спекания

В результате анализа данных, полученных на NanoIndenter G200 было установлено, что механические свойства керамик, полученных методом горячего прессования выше по сравнению с образцами, консолидированными методом искрового плазменного спекания, что связано с меньшей пористостью горячепрессованных образцов, что в свою очередь основано на более длительном процессе спекания.

Список литературы

1. Кузьменко Е.Д., Матренин С.В., Сяо Я. Исследование структуры и физико-механических свойств керамики на основе карбонитридов циркония // Известия вузов. Физика. – 2023. – Т. 66. – № 3. – С. 90–95.
2. Suvorova V., Khadyrova I., Nepapushev A. et al. Fabrication and investigation of novel hafnium-zirconium carbonitride ultra-high temperature ceramics // Ceramics International. – 2023. – V. 49, № 14. – P. 23809–23816.
3. Harrison R.W., Lee W.E. Processing and properties of ZrC, ZrN and ZrCN ceramics: a review // Advances in Applied Ceramics. – 2016. – V. 115. – № 5. – P. 294-307.
4. Suvorova V.S., Nepapushev A.A., Volodko S.S. et al. Oxidation behavior of novel ultra-high temperature hafnium-zirconium carbonitrides: Effect of nitrogen and metal ratios // Ceramics International. – 2024. – V. 50. – № 1. – P. 1898–1907.
5. Матренин С. В., Мостовщиков А. В., Мировой, Ю. А. и др. Исследование структуры и физико-механических свойств керамики на основе оксинитридов алюминия и циркония // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 2. – С. 184–192.
6. Adachi J., Kurosaki K., Uno M. et al. Porosity influence on the mechanical properties of polycrystalline zirconium nitride ceramics // Journal of nuclear materials. – 2006. – Т. 358. – № 3. – P. 106–110.
7. Кузьменко Е.Д., Матренин С.В., Насырбаев А.Р. Физико-механические свойства керамики на основе ZrN-ZrO₂, полученной методом искрового плазменного спекания // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 7. – С. 166–173.