

УДК 620.171.2

Консолидирование и физико-механические свойства керамики на основе карбонитрида цирконияЕ.Д. Кузьменко

Научный руководитель: доцент, к.т.н. С.В. Матренин
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: kuzmenko70egor@yandex.ru

Consolidation and physical and mechanical properties of ceramics based on zirconium carbonitrideE.D. Kuzmenko

Scientific Supervisor: Ass. Prof., PhD. S.V. Matrenin
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: kuzmenko70egor@yandex.ru

Abstract. *The paper studied the physical and mechanical properties of ceramics based on zirconium carbonitride, consolidated by hot pressing. Consolidation was carried out at a temperature of 2000 °C. It has been established that the complication of the crystal chemical structure leads to an increase in mechanical properties, but also leads to an increase in the porosity of the samples. During the research, such mechanical properties as the Vickers hardness of the samples and the elastic modulus of the samples were determined. It was found that among the studied samples, ceramics with an equimolar composition of zirconium carbide and zirconium nitride have the highest hardness. Moreover, this sample had the highest porosity and the highest elastic modulus.*

Key words: *ceramics, physical and mechanical properties, consolidation, zirconium carbonitride*

Введение

Разработка керамических материалов на основе соединений металлов переходных групп с азотом и углеродом является перспективным направлением развития материаловедения благодаря сочетанию уникальных свойств у таких материалов. При получении данных соединений и их консолидировании в плотные объемные образцы наблюдается достижение высоких твердостей, температур плавления, износостойкости, стойкости к агрессивным химическим средам [1]. При этом среди соединений переходных металлов выделяется соединения карбида и нитрида циркония. Данные соединения перспективны благодаря возможности получения карбонитрида циркония, со сложной кристаллохимической структурой, и высоким температурам плавления, 3475 °C для карбида и 2970 °C для нитрида [2]. Целью представленной работы являлось проведение консолидирования керамики на основе карбонитрида циркония и определение физико-механических свойств полученных образцов.

Экспериментальная часть

В проведенной работе исследуемые образцы были консолидированы методом горячего прессования при температуре 2000 °C. Производилось консолидирование образцов карбида циркония, нитрида циркония, их эквимольной смеси. Измерение твердостей образцов производилось на ПМТ-3. Определение модулей упругостей образцов с анализом кривых нагружения производилось на NanoIndenter G200. Определение плотностей образцов проводилось с применением метода гидростатического взвешивания.

Результаты

В результате определения плотностей исследуемых консолидируемых образцов было установлено, что наибольшей плотностью среди исследуемых керамик обладает керамика на основе нитрида циркония, наименьшей карбид циркония, таблица 1.

Таблица 1

Плотность исследуемых образцов

Состав	Плотность, г/см ³
ZrN	6,96
50 мол.% ZrC - 50 мол.% ZrN	6,5
ZrC	6,48

Были определены твердости по Виккерсу исследуемых составов керамик. Установлено, что наибольшей твердостью обладает керамика на основе карбонитрида циркония, эквиволярного состава (рис. 1).

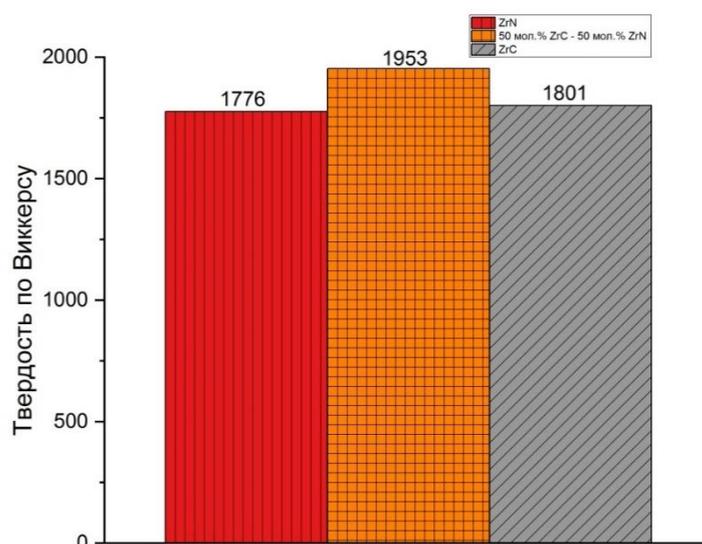


Рис. 1. Твердости исследуемых образцов

На NanoIndenter G200 было выполнено индентирование с анализом кривых нагружения (рис. 2).

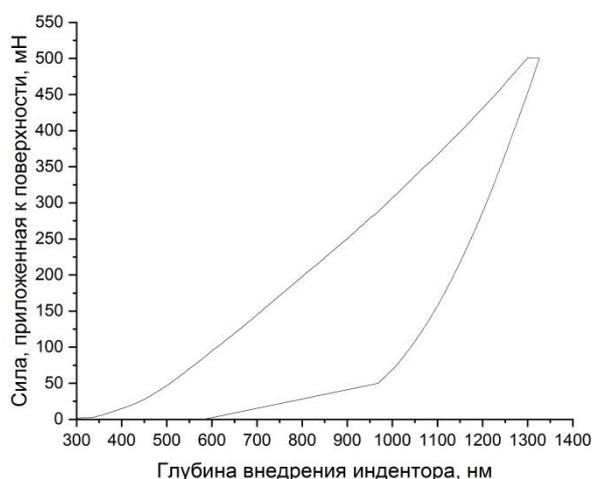


Рис. 2. Кривая нагружения исследуемого образца

При анализе угла наклона отрезка кривой соответствующей разгрузке были определены модули упругости (рис. 3).

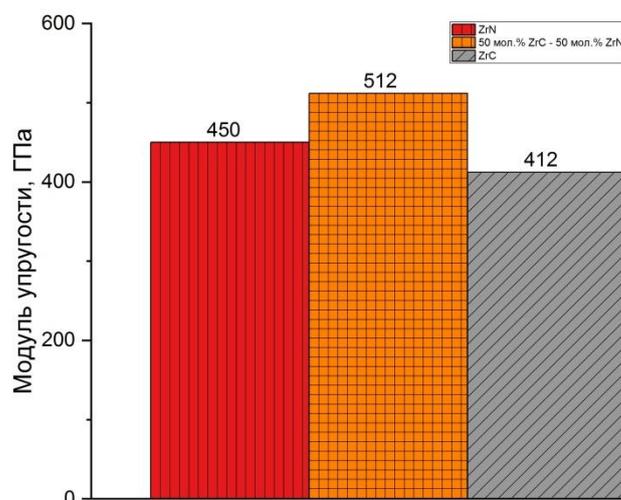


Рис. 3. Модуль упругости исследуемых образцов

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшими твердостью и модулем упругости обладает керамика эквимольного состава, что связано с усложнением кристаллохимического строения. Следует отметить, что наибольшей плотностью среди исследуемых составов обладает керамика на основе нитрида циркония, а наименьшей керамика на основе карбида циркония. При этом для эквимольной керамики не сохраняется зависимость, основанная на правиле аддитивности, что свидетельствует об увеличении пористости образца.

Список литературы

1. Tokita M. Progress of spark plasma sintering (SPS) method, systems, ceramics applications and industrialization // *Ceramics*. – 2021. – Vol. 4, № 2. – P. 160–198.
2. Peters A.B., Wang C., Zhang D., Hernandez A., Nagle D.C., Mueller T., Spicer J.B. Reactive laser synthesis of ultra-high-temperature ceramics HfC, ZrC, TiC, HfN, ZrN, and TiN for additive manufacturing // *Ceramics International*. – 2023. – Vol. 49, № 7. – P. 11204–11229.