

9. Kelly K.L., Coronado E., Zhao L.L., Schatz G.C. The optical properties of metal nanoparticles: the influence of size, shape, and dielectric environment // *The Journal of Physical Chemistry B*. – 2006. Vol.107 (3). – P. 668-677.
10. Wang P. Aggregation of TiO<sub>2</sub> nanoparticles in aqueous media: effects of pH, ferric ion and humic acid // *International Journal of Environmental Sciences and Natural Resource*. – 2017. – Vol.1 (5). – P. 157-162.
11. Barreto A., Luís L.G., Girão A.V., Trindade T., Soares A.M., Oliveira M. Behavior of colloidal gold nanoparticles in different ionic strength media // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2015. – Vol.17. – P.1-13.
12. Qiu Y., Mu Z., Wang N., Wang X., Xu M., Li H. The aggregation and sedimentation of two different sized copper oxide nanoparticles in soil solutions: Dependence on pH and dissolved organic matter // *Science of the Total Environment*. – 2020. – Vol. 731. – P. 139215.
13. Zheng X., Li Y., Chen D., Zheng A., Que Q. Study on analysis and sedimentation of alumina nanoparticles // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Vol. 16. – P. 510- 521.

Лян Ичэн (Китай),

Кузьменко Егор Дмитриевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Матренин Сергей Вениаминович,  
канд. техн. наук., доцент

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ЦИРКОНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ**

Металлокерамическим материалам уделяется большое внимание, поскольку они обеспечивают оптимальные тепловые и механические свойства без дискретной границы раздела между двумя фазами. Благодаря контролю химического состава и пористости в настоящей работе были исследованы физико-механические свойства металлокерамики на основе нитрида циркония и никеля. Было исследовано влияние содержания никеля на данные свойства материала.

Металлокерамические материалы обеспечивают решение многих сложных задач, где требуется соединение двух или более материалов с различными свойствами. Они обеспечивают постепенный переход

свойств различных материалов, при котором несоответствие свойств, таких как механические и термические свойства, сводится к минимуму [1].

В работе применялся метод порошковой металлургии из-за его широкого диапазона контроля состава, а также способности к формообразованию образцов.

Следует отметить, что в системе керамика–металл способность компонента к спеканию является важным вопросом. В основном это связано с разницей в температуре спекания большинства металлов и керамики. Кроме того, спекание при более низкой температуре более экономично. В результате для спекания образцов обычно применяется температура незначительно ниже температуры плавления применяемого металла. Принцип спекания заключается в том, чтобы способствовать уплотнению образцов за счет введения жидкофазного спекания [2].

В ходе работы были подготовлены порошковые смеси следующих составов 85 масс. % ZrN – 15 масс. % Ni, 80 масс. % ZrN – 20 масс. % Ni, 70 масс. % ZrN – 30 масс. % Ni, 60 масс. % ZrN – 40 масс. % Ni. Смешивание производилось мокрым способом в бензине.

Подготовленные смеси прессовались на разрывной машине Р-20 при давлении 500 МПа. Полученные образцы спекались в вакуумной печи при температуре 1450°C. При этом образцы с содержанием никеля до 10 масс. % включительно при заданных параметрах спечены не были.

Для полученных образцов были определены их кажущиеся плотности, рисунок 1.

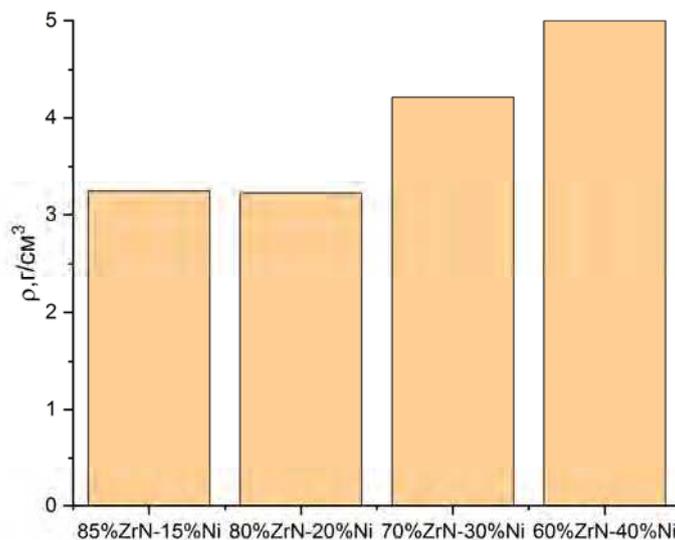


Рис. 1. Кажущаяся плотность образцов, г/см<sup>3</sup>

По правилу аддитивности были установлены истинные плотности образцов, рисунок 2.

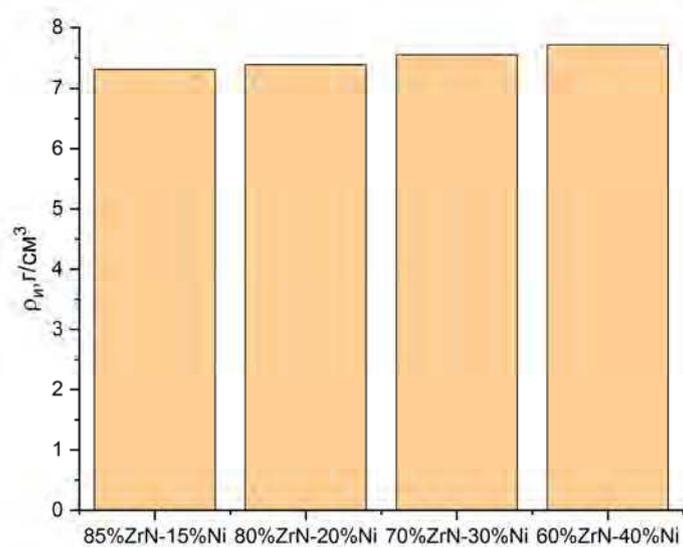


Рис. 2. Истинная плотность образцов, г/см<sup>3</sup>

На основании установленных плотностей была определена абсолютная пористость исследуемых металлокерамик, рисунок 3.

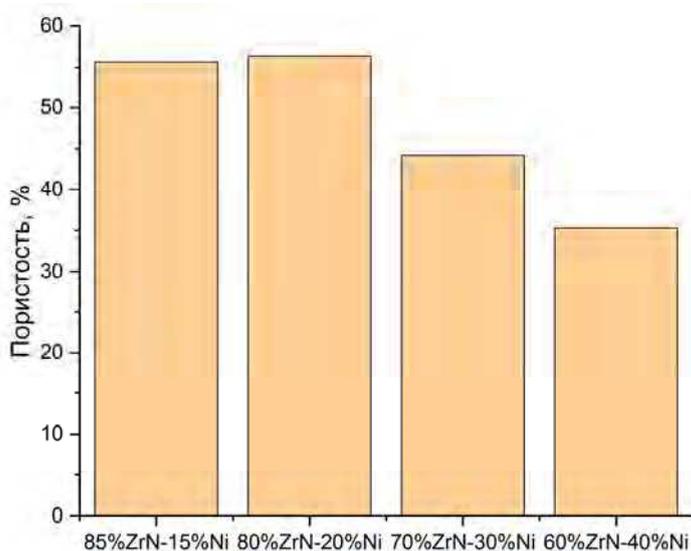


Рис. 3. Пористость образцов, %

При помощи твердомера Novotest были определены твердости исследуемых образцов, рисунок 4.

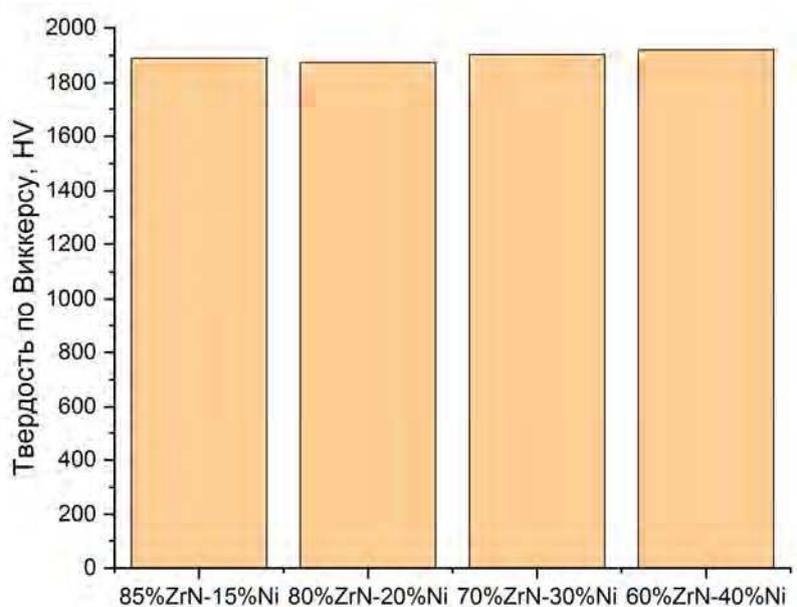


Рис. 4. Твердость образцов по Виккерсу, HV

Для полученных образцов наблюдались следующие зависимости. С увеличением содержания никеля в составе наблюдалось увеличение плотности образцов. Это связано с тем, что плотность никеля больше плотности нитрида циркония и составляет  $8,902 \text{ г/см}^3$ . Также с увеличением содержания никеля было отмечено снижение показателя пористости. При этом пористость образцов была значительна. Помимо этого, при увеличении содержания никеля в составе незначительно увеличивалась твердость образцов, до значения 1919 HV.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ma J., Tan G. E. B. Processing and characterization of metal–ceramics functionally gradient materials // Journal of Materials Processing Technology. – 2001. – Т. 113. – № 1-3. – P. 446-449.
2. Yamamoto M. Metal-ceramics // Chicago: Quintessence. – 1985. – P. 268-02.