

Результаты расчетов

m'_C	m_G	F_E	m_P	m_D	m_H	m_E	q	h , мм
0,1								
0,2								
0,3								

Предложенные в работе расчетные зависимости и последовательность их применения описывают методику расчета характеристик колесных транспортных устройств магнитного типа из условия получения наибольшей массы перевозимого полезного груза. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании транспортных устройств такого типа.

Список использованных источников:

1. Сырых Н.В. Роботы вертикального перемещения с контактными устройствами на основе постоянных магнитов: конструкции и принципы управления контактными устройствами / Н.В. Сырых, В.Г. Чашухин // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2019. – № 5. – С. 163–173.
2. Градецкий В.Г. Состояние и перспективы развития роботов вертикального перемещения для экстремальных сред / В.Г. Градецкий, М.М. Князьков // Робототехника и техническая кибернетика. – 2014. – № 1 (2). – С. 9–16.
3. Корягин С.И. Оценка технического состояния корпусов судов с использованием мобильных устройств магнитного типа / С.И. Корягин, Н.Л. Великанов, О.В. Шарков // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 4 (54). – Т. 1. – С. 54–58.
4. Magnetic field analysis and structure design of a new magnetic wheel for wall-climbing robot / S. Gao, R. Hou, J. Li [and etc.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2022. – Vol. 12 (3). – 1226.
5. Калугин С.П. К вопросу о предельно достижимых характеристиках силовых электромагнитов / С.П. Калугин, В.Н. Балабин // Прикладная физика. – 2005. – № 5. – С. 130–136.
6. Нейман В.Ю. Расчёт показателя экономичности силового электромагнита постоянного тока с помощью моделирования магнитного поля / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, А.А. Петрова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2008. – № 6. – С. 21–24.
7. Koryagin S.I. Investigation of the conditions of movement of magnetic transport devices on ferromagnetic surfaces of various orientations / S.I. Koryagin, O.V. Sharkov, N.L. Velikanov // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 471. – 04004.

СТРУКТУРА И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrCN

С.В. Матренин, к.т.н., доц., Е.Д. Кузьменко^а, студ.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kuzmenko70egor@yandex.ru

Аннотация: Приведены результаты исследования структуры и физико-механических свойств керамики на основе ZrCN. В ходе работы был произведен анализ микрофотографий поверхности образцов, полученных при помощи растровой электронной микроскопии. Были определены значения физико-механических свойств исследуемых образцов, такие как твердость, пористость, критический коэффициент интенсивности напряжений.

Ключевые слова: керамика, физико-механические свойства, структура.

Abstract: The results of a study of the structure and physical and mechanical properties of ceramics based on ZrCN are presented. During the work, micrographs of the surface of samples obtained using scanning electron microscopy were analyzed. The values of the physical and mechanical properties of the studied samples, such as hardness, porosity, and critical stress intensity factor, were determined.

Keywords: ceramics, physical and mechanical properties, structure.

Для работы экстремальных условиях подходят соединения металлов переходных групп с азотом и углеродом – карбиды и нитриды. Среди данных материалов выделяется керамика на основе карбида и нитрида циркония, отличающаяся рядом перспективных свойств, таких как значительные показатели твердости, высокие температуры плавления и стойкость к агрессивным химическим средам [1].

В проведенной работе были исследованы керамики на основе карбида и нитрида циркония следующих составов: 80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN, 50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN, 20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN. Подготовленные навески керамических порошков были спечены методом горячего прессования, при температуре 2000 °С, давлении 30 МПа, времени выдержки при заданной температуре 15 минут. Целью работы являлось исследование структуры и физико-механических свойств исследуемых образцов.

После проведения спекания поверхности образцов были подготовлены при помощи шлифования и полирования на алмазных пастах. С подготовленной поверхности образцов были получены микрофотографии при помощи растровой электронной микроскопии в композиционном и топографическом режимах, рисунок 1.

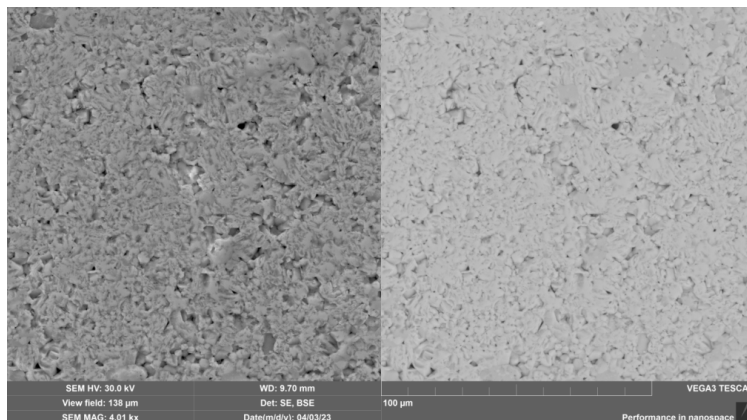


Рис. 1. Микрофотография поверхности образца состава 80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN

В ходе работы были определены механические свойства исследуемых образцов на приборе NanoIndenter G200. При работе на данном приборе были построены кривые нагружения для исследуемых образцов, рисунок 2.

На приборе ПИМТ-3 были определены твердости исследуемых образцов. Было установлено, что для образца состава 50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN наблюдается снижение твердости относительно остальных образцов, таблица 1.

Таблица 1

Твердость по Виккерсу исследуемых образцов

Состав	HV
80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN	2178
50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN	1953
20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN	2284

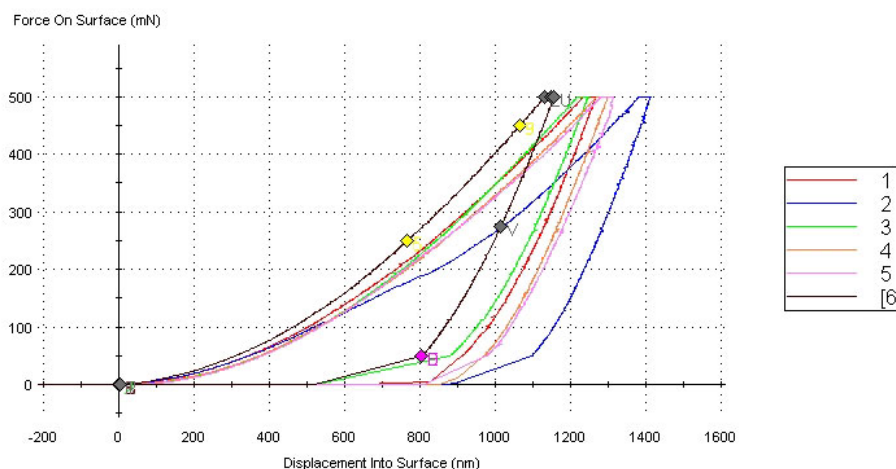


Рис. 2. Кривые нагружения образца состава 20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN

Также с использованием прибора ПМТ-3 были определены критические коэффициенты интенсивности напряжений для керамик исследуемых составов, таблица 2.

Таблица 2

Критические коэффициенты интенсивности напряжений исследуемых образцов

Состав	K_{IC} , МПа·м ^{1/2}
80 мас. % ZrC – 20 мас. % ZrN	4,93
50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN	8,65
20 мас. % ZrC – 80 мас. % ZrN	5,72

Было установлено, что для образца состава 50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN для которого наблюдалось снижение твердости значительно увеличивается показатель трещиностойкости, что хорошо коррелирует с литературными данными [2].

В ходе работы были определены пористости исследуемых образцов с применением правила аддитивности. Было установлено, что с увеличением содержания нитрида циркония в исследуемых образцах пористость снижается, рисунок 3.

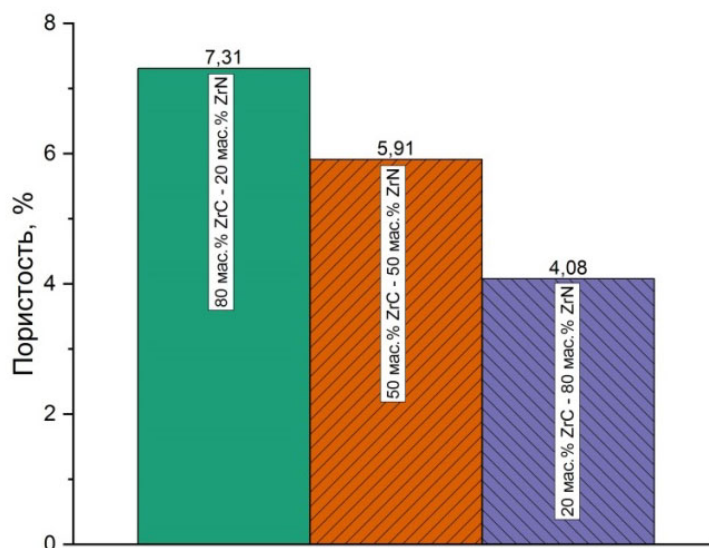


Рис. 3. Пористость исследуемых образцов, %

Снижение пористости образцов с увеличением содержания нитрида циркония связано с меньшей температурой плавления нитрида циркония по сравнению с карбидом циркония [3].

В ходе работы установлены значения твердостей и критических коэффициентов интенсивностей напряжений, определена зависимость пористости исследуемых образцов от содержания нитрида циркония. Выполнена анализ структуры материалов с использованием РЭМ микрофотографий.

Список использованных источников:

1. Harrison R.W. Processing and properties of ZrC, ZrN and ZrCN ceramics: a review / R.W. Harrison, W.E. Lee // *Advances in Applied Ceramics*. – 2016. – Vol. 115. – № 5. – P. 294–307.
2. Wang X.G. Densification behavior and properties of hot-pressed ZrC ceramics with Zr and graphite additives / X.G. Wang // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2011. – Vol. 31. – № 6. – P. 1103–1111.
3. Lengauer W. Transition metal carbides, nitrides, and carbonitrides / W. Lengauer. – Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH, 2008. – P. 202–252.