

Таким образом, лента Мёбиуса – это не просто математическая абстракция, а мощный инструмент, который находит применение во многих областях науки и техники.

Заключение

Топология – это часть очень красивой, необычной и в тоже время очень сложной геометрии, которая посвящена явлению непрерывности и свойствам пространств. Она требует знания геометрии, алгебры и других разделов математики, а также развитое абстрактное мышление. Она позволяет расширить представление о геометрических фигурах, свойства которых могут быть полезными в разных сферах деятельности человека.

Список использованных источников:

1. Лента Мёбиуса – открытие мирового масштаба, все факты. – URL: <https://kalkpro.ru/interesting-facts/lenta-mebi-usa/#:~:text=Лента%20Мёбиуса%20%20пример%20неориентируемой%20односторонней,стороны%2C%20например%2C%20лист%20бумаги> (дата обращения 11.02.25) – Текст: электронный.
2. Спицын И. Лист Мёбиуса и его применение / И. Спицын // Международный школьный научный вестник. – 2019. – № 1 (3) – С. 387–393. – URL: <https://school-herald.ru/ru/article/view?id=897> (дата обращения 16.02.25).
3. Applications of topology. Real Life Uses & Applications. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/applications-of-topology/#what-is-topology> (дата обращения 13.02.25) – Текст: электронный.
4. Увижева Ф.Т. Лист Мебиуса – удивительный объект исследования / Ф.Т. Увижева // Вопросы науки и образования. – 2021. – № 29 (154).
5. Афанасьева А.С. Нереальные возможности непрерывного объекта / А.С. Афанасьева // Экономика и социум. – 2015. – № 2 (15). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nerealnye-vozmozhnosti-nepreryvnogo-obekta/viewer> (дата обращения 14.02.25).

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА И НИТРИДА ЦИРКОНИЯ

*Е.Д. Кузьменко^а, студент гр. 4БМ31,
Научный руководитель: Матренин С.В., к.т.н., доц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Томская обл., г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ^аkuzmenko70egor@yandex.ru*

Аннотация: В ходе работы были определены модули упругости образцов инструментальной керамики на основе карбида и нитрида циркония, установлены твердости исследуемых образцов и определены критические коэффициенты интенсивностей напряжения методом индентирования.

Ключевые слова: Карбид циркония, нитрид циркония, физико-механические свойства.

Abstract: In the course of the work, the elastic modulus of samples of instrumental ceramics based on zirconium carbide and nitride were determined, the hardness of the samples was determined and the critical stress intensity coefficients were determined by the indentation method.

Keywords: Zirconium carbide, zirconium nitride, physical and mechanical properties.

Керамические материалы на основе карбида и нитрида циркония обладают рядом уникальных свойств, таких как высокая твердость, теплостойкость, значительные модули упругости, стойкость к агрессивным химическим средам. Указанные свойства делают карбид и нитрид циркония перспективным материалом для применения в различных отраслях, в частности для изготовления режущего инструмента [1].

В проведенной работе консолидирование исследуемых керамик выполнялось методом горячего прессования. Исходные шихты были подготовлены к консолидации путем мокрого смешивания в бензине, обеспечивающее оптимальное распределение частиц в малых лабораторных партиях [2]. Консолидирование проводилось при температуре 2273 К. После проведения спекания поверхность образцов была подготовлена для дальнейшего исследования при помощи алмазных паст.

В работе были определены механические свойства образцов при использовании NanoIndenter G200 и микротвердомера ПМТ-3. Было установлено, что исследуемые образцы имеют следующие модули упругости, таблица 1.

Таблица 1

Модули упругости

Состав	Модуль упругости, ГПа
ZrC	412±8
ZrN	450±10
50 мас. % ZrC – 50 мас. % ZrN	512±13
33 мас. % ZrC – 33 мас. % ZrN – 33 ZrO ₂	767±22

Было установлено, что с усложнением кристаллохимического состава, вызываемого увеличением числа исходных компонентов достигается больший модуль упругости образцов. Аналогична и ситуация с твердостью. Значения твердости по Мартенсу для образца 33 мас. % ZrC – 33 мас. % ZrN – 33 ZrO₂ составили 22,5 ГПа. Следует отметить, что высокая твердость повышает сопротивление материала пластической деформации, тем самым увеличивая его износостойкость.

При помощи микротвердомера ПМТ-3 на поверхности исследуемых образцов были наведены трещины Палмквиста. В работе для определения критического коэффициента интенсивности напряжений использовалась модель Лоуна. Для исследуемых образцов были получены следующие значения, рисунок 1.

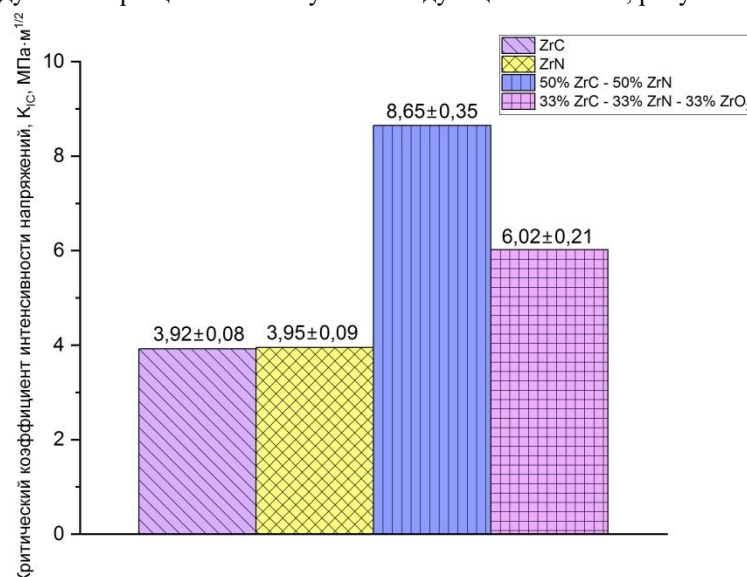


Рис. 1. Критические коэффициенты интенсивности напряжений исследуемых образцов

Установлено, что трещиностойкость образцов увеличивается, при усложнении кристаллохимического состава, при этом со значительным увеличением твердости данный параметр снижается.

Среди исследуемых составов наибольшую твердость и износостойкость имеет керамика состава 33 мас. % ZrC – 33 мас. % ZrN – 33 ZrO₂, что делает данный состав наиболее перспективным при производстве режущего инструмента по представленной технологии, при этом данный состав керамики обладает достаточной трещиностойкостью, обеспечивающей возможность работы режущего инструмента в условиях внештатной перегрузке и ударного воздействия.

Список использованных источников:

1. Harrison R.W., Lee W.E. Processing and properties of ZrC, ZrN and ZrCN ceramics: a review / R.W. Harrison, W.E. Lee // *Advances in Applied Ceramics*. – 2016. – V. 115. – № 5. – P. 294–307.

2. Матренин С.В. Процессы порошковой металлургии: методические указания / С.В. Матренин. – Томск: ТПУ, 2021. – 32 с.

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭНЕРГОВЛОЖЕНИЯ ПРИ СЛС НА СТРУКТУРУ И ЗАВИСЯЩИЕ ОТ НЕЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИНТЕЗИРОВАННОГО СПЛАВА AL–15Sn–5Pb

В.Е. Лихарев^{1,2 а}, инженер-исследователь, А.Л. Скоренцев^{1,2}, к.т.н.,
Научный руководитель: Русин Н.М.¹, к.т.н., с.н.с.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
634055, Томская обл., г. Томск, пр. Академический, 2/4

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Томская обл., г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ^аvel6@tpu.ru

Аннотация: Исследована структура и определены механические свойства сплава Al–15Sn–5Pb, полученного методом СЛС из смеси элементарных порошков при различной скорости сканирования луча и фиксированной мощности 70 Вт. Установлено, что при данной плотности энергии часть алюминия остаётся не расплавленной, но её доля убывает с уменьшением скорости сканирования. В результате однородность структуры улучшается, пористость сплава снижается, а его пластичность и прочность значительно возрастают.

Ключевые слова: селективное лазерное сплавление, алюминиевый сплав, структура, механические свойства.

Abstract: The structure and mechanical properties of Al–15Sn–5Pb alloy produced by SLM method from a mixture of elemental powders at different beam scanning speeds and a fixed power of 70 W were studied. It was found that at a given energy density, part of the aluminum remains unmolten, but its share decreases with decreasing scanning speed. As a result, the homogeneity of the structure improves, the porosity of the alloy decreases, and its ductility and strength increase significantly.

Keywords: selective laser melting, aluminum alloy, structure, mechanical properties.

Введение. Сплавы Al-Sn применяются в качестве антифрикционных материалов в узлах трения различных машин и механизмов [1]. Давление их схватывания со сталью возрастает с ростом концентрации олова как твердой смазки и достигает максимального значения при содержании Sn около 20 об. %, а износостойкость сплавов при этом улучшается [2]. Олово при обычных условиях не упрочняется, поэтому несущая способность алюминиевых сплавов с высоким его содержанием падает. Повысить ее можно за счёт твёрдорастворного или дисперсионного упрочнения Al матрицы [3]. Однако при этом часть легирующих элементов неизбежно растворяется в олове, ухудшая его пластичность и смазочные свойства, а наличие твердых частиц на поверхности трения неизбежно приводит к повышенному износу дорогостоящего контртела.

Альтернативным методом упрочнения сплавов является формирование в них мелкодисперсной структуры, например, с помощью селективного лазерного сплавления (СЛС), отличающегося высокой скоростью нагрева и охлаждения наплавляемого материала [4]. Метод позволяет получать мелкозернистые изделия практически любой формы, в том числе и подшипники скольжения, причём часть используемого олова при этом можно попытаться заменить менее дефицитным свинцом, также обладающим высокими антифрикционными свойствами [5].

Целью настоящей работы является исследование влияния скорости сканирования лазера при СЛС на особенности формирования структуры и зависящие от нее механические свойства сплава Al–15Sn–5Pb, синтезированного из смеси элементарных порошков.

Материалы и методика эксперимента. Для получения исследуемого сплава Al-15Sn-5Pb об. % (Al-29Sn-15Pb масс. %) использовалась смесь коммерческих порошков алюминия марки АСД-1, олова ПО 1 и свинца ПС 1, из которых была отсеея необходимая для печати фракция частиц с диаметром 25-50 мкм. СЛС осуществляли на 3D-принтере марки ONSINT AM150 в атмосфере проточного аргона высокой чистоты. Толщина наносимого ракем слоя порошковой смеси составляла 30 мкм. Мощность лазерного излучения $P = 70$ Вт. Диаметр пятна лазера $\varnothing = 75 \pm 5$ мкм, а межтрековое расстояние $s = 90$ мкм. Скорость сканирования луча v составляла 800, 1000 и 1200 мм/с, а стратегия сканирования – линейная, с поворотом на 67° . Полученные прямоугольные образцы имели размеры 10x10x10 мм.