

Различные режимы селективного лазерного плавления и их влияние на структуру и свойства сплава Ti-18Zr-14Nb с памятью формы медицинского назначения

В.А. Калиничева
НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

Аннотация

Темпы роста мирового рынка аддитивных технологий растут ежегодно, поэтому большое внимание, в настоящее время, уделяется исследованию свойств материалов, используемых для изготовления изделий с помощью таких технологий. Особенность нового безникелевого сплава с памятью формы на основе системы Ti-18Zr-14Nb в сочетании высокого уровня биохимической и биомеханической совместимости – это объясняет высокий интерес со стороны ученых, а также доказывает его перспективность среди материалов для костных имплантатов. Благодаря низкому модулю упругости, сверхупругому поведению и наличию в составе только биосовместимых компонентов делают его наиболее перспективным металлическими биоматериалом для использования в качестве порошка для 3D-печати.

Ключевые слова

Аддитивные технологии, обработка новых материалов, селективное лазерное плавление, биомеханическая совместимость, металлические биоматериалы, сплавы с памятью формы.

Ежегодные темпы роста мирового рынка аддитивных технологий составляют 15%, поэтому большое внимание уделяется разработке методов послойного синтеза и обработки новых материалов. Для каждого нового материала режим обработки подбирается экспериментально, чтобы исключить сфероидизацию расплавленных капель и пористость в деталях [1].

Лучшее управление наружной геометрией изделий может быть достигнуто с помощью селективного лазерного плавления (СЛП). Этот метод позволяет получать персонализированные под индивидуальные особенности пациента имплантаты с высоким уровнем детализации. Благодаря уникальному сочетанию биохимической и биомеханической совместимости сплавы с памятью формы нового поколения на основе системы Ti-Zr-Nb являются наиболее перспективными среди металлических биоматериалов для костных имплантатов [2]. Высокий уровень биомеханической совместимости обеспечивается низким модулем Юнга и сверхупругим поведением, близким к поведению костной ткани [3].

Получение материалов из порошка сплава Ti-18Zr14-Nb путем 3D-печати может удовлетворить потребность медицины в высокобиосовместимых имплантатах. Для разработки технологии синтеза в данной работе из сплава Ti-18Zr-14Nb (в ат.%) методом СЛП на установке SLS TruPrint 1000 было получено 14 образцов размером 10x10x10мм по разным режимам. В процессе поле печати делится на квадраты размером 4x4 мм. Печать происходит по квадратам, которые последовательно заполняются линиями с шагом 60/110 мкм и диаметром лазера 30 мкм. Соседние квадраты ориентированы под 90°. Последний шаг печати – печать контура. Режимы для СЛП нового сплава (мощность лазера, скорость сканирования и шаг сканирования) были установлены на основании аналитической модели с использованием физических характеристик порошка. Для определения наилучшего сочетания параметров синтеза у образцов была определена пористость, шероховатость поверхности и степень дефектности. Микроструктуру образцов в горизонтальном и вертикальном сечении изучали методами световой и электронной сканирующей микроскопии.

Три образца с различным сочетанием параметров СЛП показали наиболее высокую плотность и малое количество внутренних дефектов. Продолжение работы по намеченному плану привело к получению свежих интересных результатов (рисунок 1).

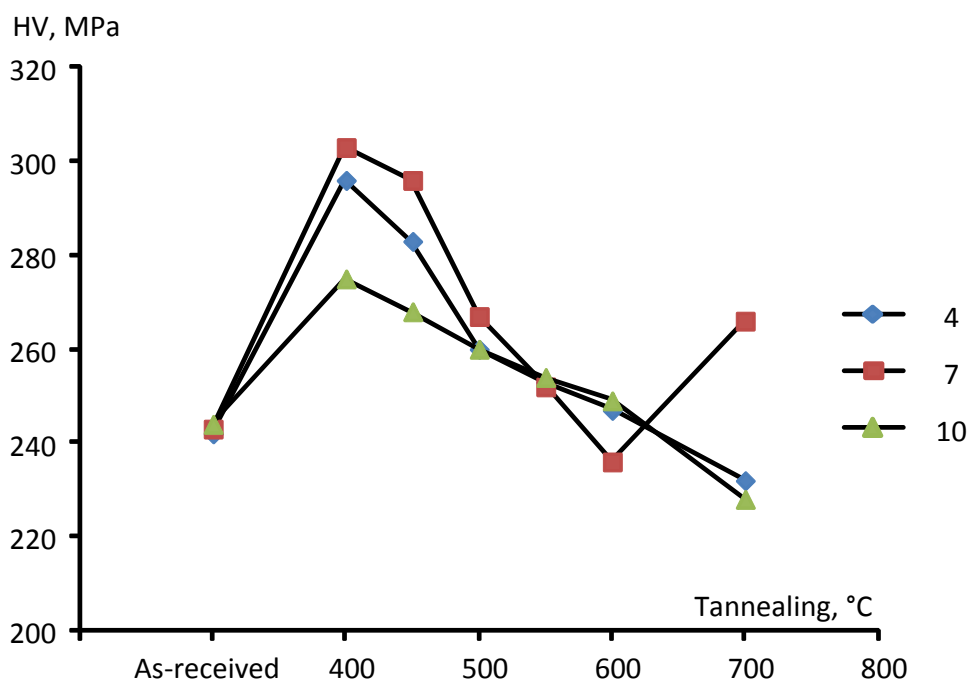


Рисунок 1 – Твердость после отжига

Для изучения влияния термической обработки на структуру и свойства эти образцы подвергли отжигу при температурах 400-700⁰ С в течении 30 мин. в защитной атмосфере аргона с последующим охлаждением в воде. Показано,

что в исходном состоянии твердость сплава после разных режимов СЛП около 240HV. Отжиг при 400⁰ С приводит к резкому повышению твердости до 270-300HV, что вероятно связано с формированием в сплаве α - и ω -фаз. Повышение температуры отжига постепенно снижает твердость до уровня исходной к 600⁰ С у одного образца и к 700⁰ С у двух других. Повышение температуры обработки до 700⁰ С повышает вновь твердость. Различия в изменении твердости может быть связано с различиями в исходной структуре и проходящими процессами разупрочнения в ходе отжига.

Исследования показывают, что прочность образцов изделий, изготовленных при помощи метода селективного лазерного плавления, зависит не только от грануломорфометрических свойств и геометрических размеров частиц используемого порошкового материала, но и от внутренней микроструктуры и наличия дефектов (пор, трещин, дополнительных включений и пр.), которые появляются, в том числе, от выбранной стратегии обработки порошкового материала в каждом сплавляемом слое при помощи лазерного луча.

Библиографический список

1. V. Brailovski, S. Prokoshkin, K. Inaekyan, M. Petrzhik, M. Filonov, Y. Pustov, S. Dubinskiy, Y. Zhukova, A. Korotitskiy, V. Sheremetyev. Thermomechanical treatment of Ti-Nb solid solution based SMA. Materials Science Foundations, 2015, v. 81-82, p. 342-405.
2. Kim HY, Hashimoto S, Kim JI, Hosoda H, Miyazaki S (2004) Mechanical properties and shape memory behavior of Ti-Nb alloys. Mater Trans 45:2443–2448
3. Dubinskiy S, Prokoshkin S, Brailovski V, Inaekyan K, Korotitskiy A (2014) In situ X-ray diffraction strain-controlled study of Ti-Nb-Zr and Ti-Nb-Ta shape memory alloys: crystal lattice and transformation features. Mater Charact 88:127–142