

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XIII Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Том 1. Физика

РОССИЯ, ТОМСК, 26 – 29 апреля 2016 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XIII International Conference of students, graduate students
and young scientists

Volume 2. Physics

RUSSIA, TOMSK, April 26 – 29, 2016

Томск 2016

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОР НИКЕЛИДА ТИТАНА, ПОЛУЧЕННОГО
МЕТОДОМ СВС**

С.Г. Аникеев, В.Н. Ходоренко, В.Э. Гюнтер

Научный руководитель: д.т.н. В.Э. Гюнтер

Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: Anikeev_Sergey@mail.ru

**INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF THE PORES IN TINI-BASE ALLOYS OBTAINED
BY SHS**

S.G. Anikeev, V.N. Hodorenko, V.E. Gunther

Scientific Supervisor: Dr. Sci. V.E. Gunther

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: Anikeev_Sergey@mail.ru

***Abstract.** Research is devoted to the study of the structure pores TiNi produced by SHS. This modification is the wall surface produces a microporous structure. Chemical etching produces nanopore sizes in the range of 5 to 50 nm and to accelerate the integration periods of cell cultures in SHS-porous material.*

Сплавы на основе никелида титана являются одними из перспективных материалов в медицинской практике благодаря своим уникальным свойствам [1]. Известно, что пористый никелид титана имеет высокий уровень биохимической совместимости за счет наличия оксидной пленки на поверхности стенок пор. Отмечается высокая биомеханическая совместимость с тканями организма вследствие высоких эластичных свойств. Термоупругие мартенситные превращения в металлической матрице TiNi обеспечивают сверхэластичное поведение материала и эффекты памяти формы в нем. Но кроме этого благодаря тепловым эффектам при мартенситном превращении пористый материал является особой термостабильной системой, которая отвечает изменением собственной температуры при изменении внешней в температурном интервале фазовых превращений [1].

К наиболее распространенным способам получения пористого никелида титана относится метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) порошков титана и никеля [2]. Методом СВС получают пористо-проницаемый материал с различным состоянием порового пространства и металлической матрицы. В зависимости от начальной температуры синтеза можно получать мелко и крупнопористые материалы, которые имеют различную степень фазово-химической неоднородности. СВС материалы активно используются для создания пористо-проницаемых имплантатов в различных областях медицины [2]. Существует множество работ по оптимизации свойств пористых имплантатов для ускорения сроков их интеграции в организм. Решение этой задачи часто связано с созданием поверхностных слоев на основе гидроксиапатита, кремния, кальция. В реальных условиях со стороны организма имплантат испытывает знакопеременные деформации различной

величины. В таком случае возможно растрескивание и разрушение поверхностных слоев нанесенных материалов, что приводит к отрицательным последствиям.

Более эффективным способом улучшения свойств пористых имплантатов является усовершенствование имеющейся поверхности стенок пор без использования покрытий. Получить необходимую нанопористую структуру возможно путем химического травления. Задача данной работы заключается в исследовании микропористой поверхности стенок пор СВС-материалов.

Пористые образцы на основе никелида титана получали методом СВС. Использовали порошки титана марки ПТОМ и порошки никеля ПНК – 1Л5. Пористые заготовки получали при начальной температуре синтеза 400°C . Из полученного материала на электроэрозионном станке вырезали образцы прямоугольной формы размером $3,5 \times 3,5 \times 31$ мм. Химическое травление пористого материала производили водным раствором азотной и плавиковой кислот.

Исследования макроструктуры образцов пористого никелида титана, полученных при температуре начала синтеза $T = 400^{\circ}\text{C}$ показали, что поровое пространство занимает 75 % от общего объема материала при величине удельной поверхности $31,7 \text{ мм}^2/\text{мм}^3$. Поровое пространство состоит из совокупности открытых взаимосвязанных пор и некоторого количества закрытых и тупиковых пор. Отличительной особенностью полученного пористого материала является однородная мелкопористая структура. Гистограмма распределения пор по размерам имеет одномодальный характер, что характерно для мелкопористых материалов. Средний размер пор и межпоровых перегородок составил 150 мкм и 127 мкм, соответственно. Максимальный размер – 1000 мкм, минимальный – 2 мкм. Причем крупные поры встречаются крайне редко. Количество пор размером более 700 мкм составляет не более 3 % от общего числа пор. Известно, что размер пор зависит от начальной пористости заготовки [2]. В процессе СВС происходит образование и растекание жидкой фазы, что приводит к увеличению размеров пор.

Кроме того, формирование структуры пористого пространства зависит от действия адсорбированных газов, которые фильтруются через прореагировавшую часть образца [3]. Интенсивное газовыделение в волне горения способствует повышению температуры в зоне структурообразования. При этом увеличивается количество перитектического расплава, который интенсивно смачивает порошковую смесь и способствует коалесценции пор.

Развитая шероховатая поверхность стенок пор имеет в своей структуре сложный оксикарбонитридный слой с множеством вторичных выделений, а также нано- и микропоры (Рис.1,а). Размеры таких пор находятся в интервале от 0,01 до 1 мкм. Такой микрорельеф формируется в процессе кристаллизации сплава. Множество явлений, связанных с ликвацией и ростом дендритных структур по краям пор приводит к появлению характерного ячеистого рельефа поверхности. Ячейки на поверхности стенок пор имеют некоторое расстояние между собой, достаточное для создания микропористой структуры.

Химическое травление данного материала обеспечивает создание большего количества нано- и микропор (Рис.1,б). Смесь для травления подобрана таким образом, что растворению наиболее подвержены частицы на основе крупных некогерентных фаз, обогащенных титаном. В ходе травления в первую очередь идет вытравливание частиц типа Ti_2Ni – образуются микропоры соразмерные данным вторичным фазам. Кроме того, исходные мелкие поры укрупняются при растворении металлической матрицы TiNi и их количество заметно возрастает. Увеличение числа нано и микропор подтверждено

данными ртутной порометрии. Максимальное количество нанопор лежит в интервале размеров от 5 до 50 нм. В итоге формируется шероховатая структура поверхности стенок пор с характерным нанопористым рельефом.

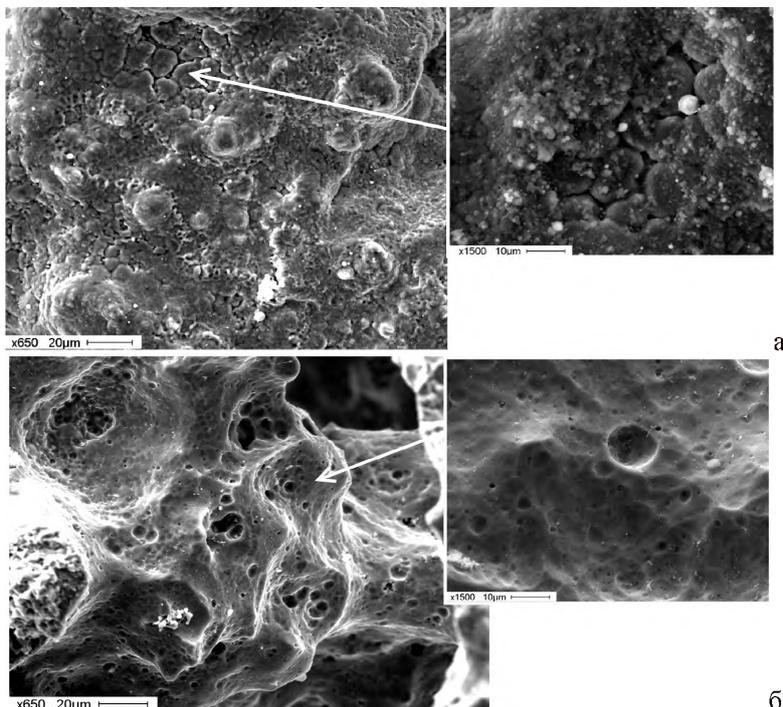


Рис. 1 Микроструктура поверхности стенки поры: а – исходный СВС-материал, б – СВС-материал, обработанный химическим травлением

Таким образом, установлено, что химическое травление пористо-проницаемых материалов, полученных методом СВС, приводит к получению нанопористой поверхности. Данная обработка позволяет получать материал с большим количеством нанопор, чем у исходных образцов. Это приводит к ускорению сроков интеграции клеточных культур в пористом СВС-материале.

Статья написана в рамках научного проекта, выполненного при поддержке Программы «Научный фонд Томского государственного университета им. Д.И. Менделеева» в 2015 – 2016 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н., Чекалкин Т.Л. и др. – Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Томск: «МИЦ», 2011. Т. 1. 534 с.
2. Материалы и имплантаты с памятью формы в медицине / Под ред. проф. В.Э.Гюнтера. – Томск: Изд-во «НПП»МИЦ», 2014. – 342 с.
3. Ясенчук Ю.Ф., Артюхова Н.В., Новиков В.А., Гюнтер В.Э. // Участие газов в формировании поверхности при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе пористого никелида титана – Письма в ЖТФ. – 2014. – Т. 40. – № 16. – С. 42–49.