

Рис. 4. Усталостные свойства проволоочных образцов из сплава ТН1:  
 1 – отжиг 700 °С, 1 ч, 2 – отжиг 700 °С, 1 ч + старение 450 °С, 1 ч,  
 3 – отжиг 700 °С, 1 ч + старение 500 °С, 1 ч.

### Литература

1. Материалы с эффектом памяти формы: Справ. изд./Под ред. В.А. Лихачева – Т.1. – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 1997. – 424 с.
2. Сплавы с эффектом памяти формы / К. Ооцука, К Симицзу. и др./ Ред. Х. Фунакубо. – М.: Metallurgy, 1990. – 224 с.
3. Wurzel D., Hornbogen E. The influence of thermomechanical treatments on fatigue behavior of NiTi alloy. /SMST-2000: Proceedings of the International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies, /Eds. Scott M. Russell, Alan R. Pelton, 2001. – 383-389.

УДК 669.295:615.477.2

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОРИСТЫХ ИМПЛАНТАТОВ ИЗ ПРОВОЛОКИ СПЛАВА ВТ1 - 0 НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА

к.т.н. Д.Е. Гусев, Ю.В. Чернышова, А.А. Чернышова, Т.С. Покладова

### Введение

Настоящая работа направлена на решение комплексной научной проблемы, состоящей в разработке новых высококачественных материалов для имплантатов, способных замещать поврежденные костные структуры организма человека. Такие материалы должны удовлетворять требованиям биологической и механической совместимости. Для достижения механической совместимости такие материалы должны обладать низким эффективным модулем упругости, сравнимым с модулем упругости костных структур, и способностью к остеоинтеграции. Это может быть достигнуто созданием регламентированной пористости. Получение таких мате-

достигнуто созданием регламентированной пористости. Получение таких материалов возможно методом диффузионной сварки (ДС) витых конструкций из сплава ВТ1-0, характеризующегося высокой биоинертностью. Следующие этапы технологии изготовления пористых имплантатов предполагают формирование заданного структурного состояния и свойств материала методами термоводородной обработки (ТВО) [1, 2]. В этом случае большое значение приобретает вопрос о влиянии технологических режимов ДС и ТВО на коррозионные свойства пористого материала из сплава ВТ1-0.

### **Постановка задачи**

На свойства биохимической совместимости пористых имплантатов могут оказывать влияние процессы щелевой коррозии материала в области образования диффузионного сварного соединения, а также характер микроструктуры, сформированной при изготовлении пористой конструкции. Для изучения влияния технологических факторов производства имплантатов на уровень их коррозионных свойств были исследованы проволочные образцы ( $\varnothing$  0,95 мм) из сплава ВТ1-0, подвергнутые различным режимам обработки, имитирующим условия изготовления пористых конструкций.

### **Подробности эксперимента**

Для исследований были выбраны модельные образцы из сплава ВТ1-0, изготовленные в виде креста методом диффузионной сварки из двух кусков проволоки. Таким образом, каждый исследуемый образец имел одну зону диффузионного контакта в месте соединения кусков проволоки. Коррозионные испытания образцов проводили потенциостатическим методом в 1 - % водном растворе NaCl при температуре  $37 \pm 1$  °C в условиях естественной аэрации. Перед началом испытаний каждый из образцов погружали в испытательный раствор и не менее 1 ч выдерживали в нем до достижения стационарного значения потенциала. Анодную поляризацию образцов осуществляли с помощью потенциостата ПИ – 50 -1.1 в открытой стеклянной трехэлектродной ячейке с разделенными электродными пространствами. В качестве электрода сравнения использовали хлор-серебряный электрод, затем значения потенциалов исследуемых образцов пересчитывали на шкалу нормального водородного электрода. По заданным величинам потенциала  $E$  и полученным значениям плотности поляризующего тока  $i$  строили анодные поляризационные кривые. Коррозионные свойства образцов оценивали, сравнивая величины их стационарных потенциалов, а также плотности токов в пассивной области поляризационных кривых.

### **Результаты эксперимента и обсуждение**

В исходном состоянии структура исследуемой проволоки состоит из равноосных зерен  $\alpha$ -фазы, средний размер которых составляет 70-90 мкм. Поскольку на коррозионные свойства материала влияет не только структура, но и состояние поверхности образца, то для сравнения были рассмотрены свойства проволоки с исходной поверхностью и после электрополировки. Результаты испытаний показали, что у образцов с необработанной поверхностью стационар-

ный потенциал составляет + 390 мВ, а плотность тока пассивного состояния находится в пределах  $3 \cdot 10^{-8} \div 1 \cdot 10^{-6}$  А/см<sup>2</sup> (рис. 1). По характеру анодной поляризационной кривой можно судить о том, что в этом состоянии образцы имеют достаточно высокую коррозионную стойкость, обусловленную тем, что на поверхности электрохимически активного титана образуется плотная защитная окисная пленка. Однако, несмотря на высокое значение стационарного потенциала и низкие значения плотности тока в пассивной области, поляризационная кривая имеет несколько пологий ход, по-видимому, связанный с наличием большого количества дефектов на поверхности образца и пористым строением окисной пленки.

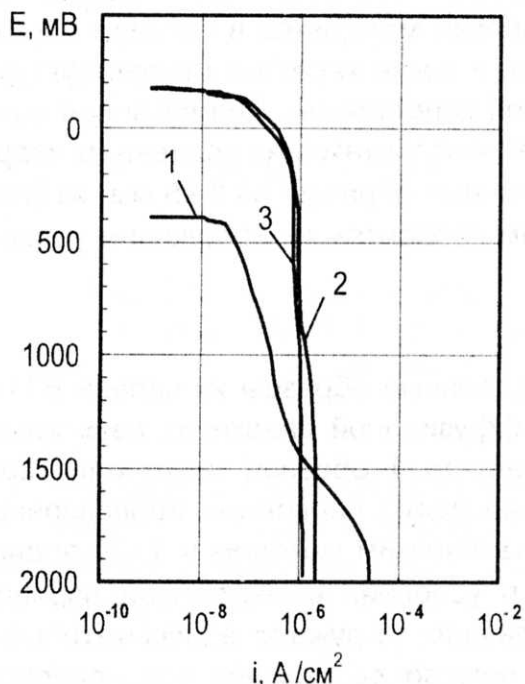


Рис. 1 Анодные поляризационные кривые сплава ВТ1-0 (с исходной структурой) в 1-% водном растворе NaCl:

- 1 – необработанная поверхность,
- 2 – поверхность после электрополировки и 30 мин. выдержки на воздухе,
- 3 – поверхность после электрополировки и 48 час. выдержки на воздухе

Электролитическая полировка способствует устранению поверхностных дефектов и, как правило, облегчает образование более совершенных и однородных пассивных пленок на поверхности сплава. В результате поляризационная кривая имеет более четко выраженную область пассивного состояния. Но поскольку образующиеся пленки являются достаточно тонкими, то стационарный потенциал полированных образцов смещается в отрицательную область, а плотность тока увеличивается. При этом увеличение времени выдержки между электрополировкой и испытанием образцов сказывается на изменении коррозионных свойств незначительно (см. рис. 1).

Процесс ДС проволочных образцов при температурах ниже температуры полиморфного превращения не приводит к принципиальному изменению структуры сплава. При нагреве образцов выше температуры 882 °С приводит к образованию пластинчатой  $\alpha$ -структуры. Размер  $\alpha$ -пластин зависит от температуры и времени нагрева сплава. Чтобы рассмотреть отдельно влияние микроструктуры сплава и областей диффузионной сварки на коррозионные свойства, были проведены сравнительные испытания проволочных образцов и модельных сварных образцов, подвергнутых аналогичным температурно-временным условиям нагрева (рис. 2).

