

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

**ДИАГРАММА МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА
ТИТАНА, ЛЕГИРОВАННЫХ СЕРЕБРОМ**

Г.А. Байгонакова, Е.С. Марченко, В.Э. Гюнтер

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

Томский государственный университет,

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

E-mail: gat27@mail.ru

**DIAGRAMS OF MARTENSITE TRANSFORMATION IN TINI-BASED ALLOYS WITH SILVER
ADDITION**

G.A. Baigonakova E.S. Marchenko, V.E. Gunther

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.E. Gunther

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

E-mail: gat27@mail.ru

***Abstract.** Results of research of martensite transformations in TiNi-based alloys doped by 0.1-1.5 at. % Ag are presented. Temperature dependences of curves of electrical resistivity are received and characteristic temperatures of martensite transformations on the basis of the analysis of these dependences in the studied alloys are determined. The diagram of martensite transformations in system (Ti, Ni, Mo, Fe)Ag depending on concentration is constructed on the received values of characteristic temperatures.*

В последние годы исследователи проявляют большой интерес к использованию в медицине тканевых и пористых материалов на основе никелида титана (марки ТН-10) в качестве длительно функционирующих имплантатов. Тканевые имплантаты изготавливаются из тонких нитей сплава ТН-10. Минимальная толщина нитей составляет 90-60 мкм. Для получения высоко адаптированных к биологическим тканям имплантатов требуется в ряде случаев сетчатый материал, изготовленный из более тонких нитей (60-30мкм). Для улучшения технологии протяжки сплава ТН-10 через фильеры и сохранения его эластичных свойств, предполагается легировать сплав ТН-10 серебром. Присутствие серебра в никелиде титана может оказать положительное антибактериальное влияние в сетчатой структуре материала имплантата.

На основе анализа температурных зависимостей кривых удельного электросопротивления проведено исследование мартенситных превращений в сплавах на основе никелида титана, легированных до 1,5 ат. % Ag. По полученным значениям характеристических температур построена диаграмма мартенситных превращений системы (Ti,Ni,Mo,Fe)Ag.

Исследуемые сплавы $Ti_{50}Ni_{49,7-x}Mo_{0,3}Fe_{0,2}Ag_x$ изготавливали в индукционной печи ИСВ-0.004 ПИ М1 путем переплава губчатого титана и никеля марки Н1 с добавлением легирующих элементов Mo, Fe и Ag.

В таблице 1 приведен состав исследуемых сплавов. Состав определяли по шихте. Потери веса при плавке не превышали 0,01 %.

Из полученных слитков весом ≈ 650 гр, длиной 150 мм и диаметром 20 мм на электроэрозионной установке А 20786 были вырезаны образцы с размерами $(50 \times 1 \times 1)$ мм.

Таблица 1

Состав исследуемых сплавов

№ сплава	Концентрация элементов в ат. %				
	Ti	Ni	Mo	Fe	Ag
1	50	49,5	0,3	0,2	0
2	50	49,4	0,3	0,2	0,1
3	50	49,3	0,3	0,2	0,2
4	50	49,0	0,3	0,2	0,5
5	50	48,5	0,3	0,2	1
6	50	48,0	0,3	0,2	1,5

Измерение температурной зависимости электрического сопротивления осуществляли потенциометрическим методом. Для наиболее полного исследования материала производилось до 10 циклов. Ошибка в измерении электросопротивления составляла величину $\sim <1$ % и определялась в основном ошибкой измерения размеров образца.

Легирование сплава на основе никелида титана серебром может привести к следующим структурным изменениям в материале. Во первых, серебро может раствориться в матричной фазе TiNi, т.е атомы серебра займут подрешетку титана или никеля в структуре B2. Во вторых, по диаграмме состояния Ti-Ag в матрице сплава при температуре 940°C могут кристаллизоваться частицы AgTi_2 [1]. В-третьих, серебро может сохраняться в матрице TiNi в чистом виде, тогда Ag подействует на ионном уровне и окажет антибактериальное воздействие.

Чтобы выявить влияние серебра на фазовые переходы сплавов на основе никелида титана, были получены температурные зависимости кривых электросопротивления системы (Ti,Ni,Mo,Fe)Ag. На рис. 1 приведен пример зависимости $\rho(T)$ от образца сплава с 0,5 ат. % Ag. При легировании сплавов на основе никелида титана серебром (0 - 1,5 ат. %) продуктами мартенситного превращения являются ромбоэдрическая R и моноклинная B19' фазы. Этому соответствует резкий подъем электросопротивления на зависимостях $\rho(T)$ для R фазы и резкое падение для фазы B19' (рис. 1).

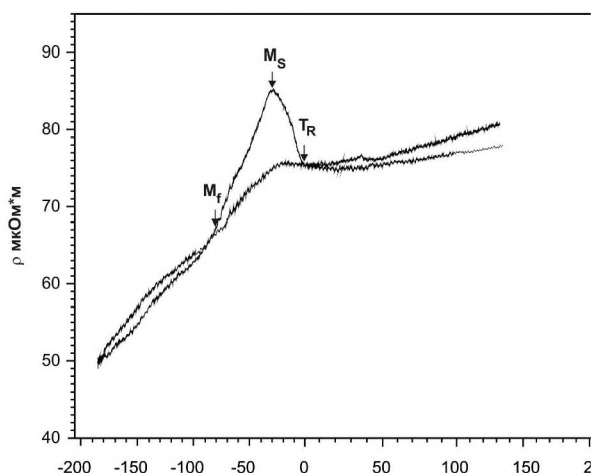


Рис. 1. Температурная зависимость удельного электросопротивления в сплаве на основе никелида титана с 0,5 ат. % Ag

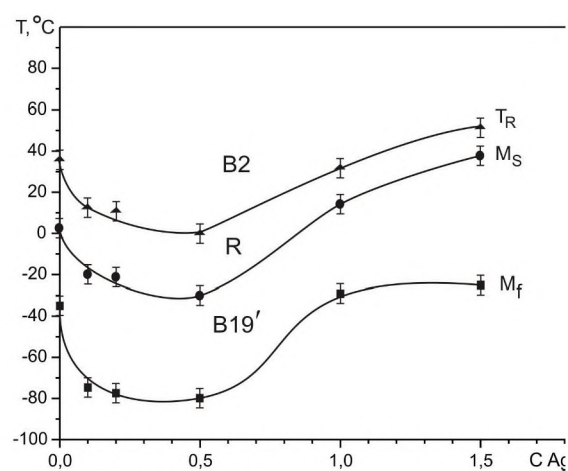


Рис. 2. Диаграмма мартенситных превращений сплавов (Ti,Ni,Mo,Fe)Ag

На основе анализа этих зависимостей были определены характеристические температуры МП (T_R , M_S , и M_f) и построена диаграмма мартенситных превращений сплавов (Ti,Ni,Mo,Fe)Ag. (рис. 2).

Легирование TiNiMoFe малыми концентрациями серебра (до 0,5 %) приводит к снижению характеристических температур мартенситных превращений на 20-30 °С. Более высокие концентрации серебра (1, 1,5 ат. %) повышают температуры мартенситных превращений на 15-35 °С и смещают фазовые переходы $B2 \leftrightarrow R \leftrightarrow B19'$ в область более высоких температур (рис. 2).

Такое изменение характеристических температур можно объяснить только после проведения структурных исследований.

Известно, что изменение состава соединения TiNi в области гомогенности, связанное с увеличением или уменьшением концентрации никеля и титана, приводит к существенному изменению B2 структуры [2]. Даже незначительное увеличение концентрации никеля приводит к резкому снижению характеристической температуры M_S . Снижение температур МП при легировании до 0,5 ат. % Ag (рис. 2) связано с увеличением содержания никеля в матрице за счет образования частиц, обогащенных по титану Ti_2Ni и/или Ti_2Ag . А рост характеристических температур в сплавах с более высокими добавками серебра обусловлен изменением соотношения титана и никеля в матрице в сторону увеличения титана. Это может достигаться только при кристаллизации в матричной фазе частиц типа $TiNi_3$.

Важной особенностью сплавов на основе никелида титана, легированных серебром, является то, что серебро может, как понижать, так и повышать характеристические температуры мартенситных превращений. Это имеет важное практическое значение, так как элемент Ag позволяет слегка смещать температуры фазовых превращений.

Статья написана в рамках научного проекта (№ 8.1.42.2015), выполненного при поддержке Программы «Научный фонд Томского государственного университета им. Д.И. Менделеева» в 2015-2016 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Singleton M., Nash P. // Bull. Alloy Diagrams. 1987. – V.8. – № 2. – P. 195-199.
2. Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н. и др. медицинские материалы с памятью формы. – Томск: НПП МИЦ. – 2011. – Т.1. – 533 с.