

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СЛИТКОВ СПЛАВА Ti-Nb, ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАВКОЙ В ОХЛАЖДАЕМЫЙ МЕДНЫЙ ТИГЕЛЬ

Парилов Е.А.¹, Беляков А.В.¹, Химич М.А.²

Научный руководитель: Ковалевская Ж.Г., к.т.н., доцент

¹ГОУ ВПО НИ Томский политехнический университет,

²Томский государственный Университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Е-mail: john1300@mail.ru

Введение

На протяжении нескольких десятилетий ученые занимались изучением получения сплавов на основе титана. Титан и его сплавы нашли широкое применение в технике ввиду своей высокой механической прочности, которая сохраняется при высоких температурах, коррозионной стойкости, жаропрочности, удельной прочности, малой плотности и прочих полезных свойств. Высокая стоимость титана и его сплавов во многих случаях компенсируется их большей работоспособностью, а в некоторых случаях они являются единственным материалом, из которого можно изготовить оборудование или конструкции, способные работать в данных конкретных условиях [1-3]. За сплавом Ti-Nb большое будущее в медицине, а именно в дентальной имплантологии [4].

Методы получения сплава зависят от того, насколько чистый хотим получить продукт. Выделяют несколько основных способов: плавка с нерасходуемым электродом [5], плавка с расходуемым электродом [6], электроннолучевая плавка ниобия [6] и способ порошковой металлургии [7]. Мы выбрали метод плавки с нерасходуемым электродом, так как он прост в методе получения металла и отлично подходит для изготовления малых объемов сплава, которые в дальнейшем послужили объектом исследования. Задача данной работы: изучить фазовый состав, строение сплава Ti-Nb с разным массовым % Nb, полученным выбранным методом.

Материал и методика исследования

Для получения слитков сплава Ti-Nb использовалась печь для электродуговой плавки с нерасходуемым электродом. В результате были получены слитки сплава Ti-Nb с разной концентрацией Nb 10%, 25%, 40%. Слитки имели форму пуговок диаметра 80 мм и высотой 20 мм. Вес составлял от 336 до 350 гр. Из фрагментов слитка изготавливались поперечные шлифы. Оптическая микроскопия проводилась на микроскопах Carl Zeiss Axio Observer. Травитель: в равных объемных долях вода, плавиковая и азотная кислота. Микротвердость измерялась на приборе ПМТ-3.

Материал для исследования был предоставлен сотрудниками Института физики прочности и материаловедения СО РАН.

Результаты эксперимента

На рис.1 представлена структура сплава Ti-10% Nb. Сплав оказался неоднородным по своей структуре и состоит из дендритов (рис.1а). Средняя толщина дендритов 12,5 мкм. Расположены они равномерно по всему исследуемому участкам. На малом увеличении можно разглядеть зерна основной фазы. Средняя величина 2,5 мм, границы имеют линейный вид. Помимо зерен основной фазы наблюдаются также участки игольчатой структуры (рис.1б).

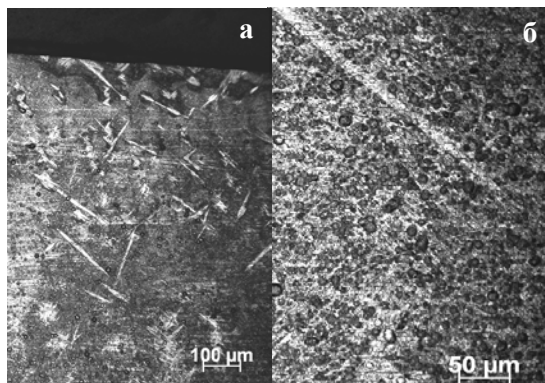


Рис.1. Структура сплава Ti - 10% Nb

Это зерна α' - или α'' -фазы, которая и представлена игольчатой структурой. Параметры иголок мартенсита в средней части образца варьируются: ширина от 5 мкм до 10 мкм, длина – от 40 до 300 мкм.

Анализ рентгеновской дифрактограммы показывает, что преимущественно основной объем полиэдрического зерна состоит из α -фазы, а мартениситные иголки являются α' -фазой. Определено, что среднее значение микротвердости в основной фазе 180 HV. Среднее значение в участках с игольчатыми включениями 239 HV.

На рис.2 представлена структура сплава Ti-25% Nb. Как можно заметить, сплав неоднородный по своей структуре. На малом увеличении наблюдаются дендриты и игольчатые включения структура. Дендритная структура представлена дендритами первого и второго порядков. Она расположена равномерно по всему исследуемому образцу и при большем увеличении теряют контраст.

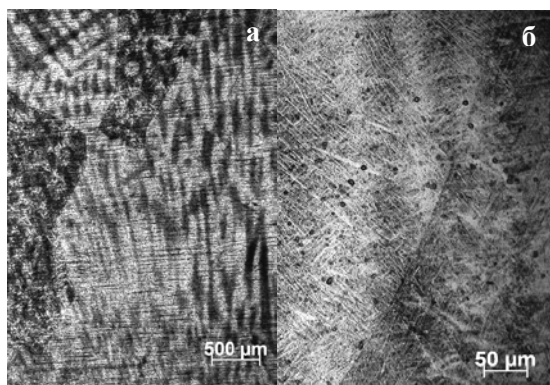


Рис. 2. Структура сплава Ti - 25% Nb

На большом увеличении можно разглядеть зерна сплава с внутренней игольчатой структурой. Крупные иглы мартенсита в сплавах с 25% Nb похожи по форме на иглы мартенсита в сплаве с 10% Nb (рис. 1а). Поэтому можно предположить, что это тоже зерна α -фазы. Помимо крупных иголок мартенсита отчетливо видны на большом увеличении тонкие и короткие иголочки. Они занимают большую площадь поверхности образца. Размер иголок в средней части образца варьируются от 1 мкм до 2 мкм. Помимо того, на образце при большом увеличении наблюдаются некие белые участки, они занимают небольшую площадь исследуемой поверхности. Делаем предположение, что это β -фаза.

При анализе дифрактограммы сплава выявлено, что основной объем полиэдрического зерна состоит из α -фазы – это и есть наши маленькие иголочки, они занимают большую площадь на образце. Помимо того присутствует ещё и незначительное число α -фазы, это большие иголочки. На углах 101-102 показано незначительное количество β -фазы, металлографически представляющее из себя белые участки. Средняя микротвердость основной неравновесной α -фазы составила 317 HV, а равновесной β -фазы – 228 HV.

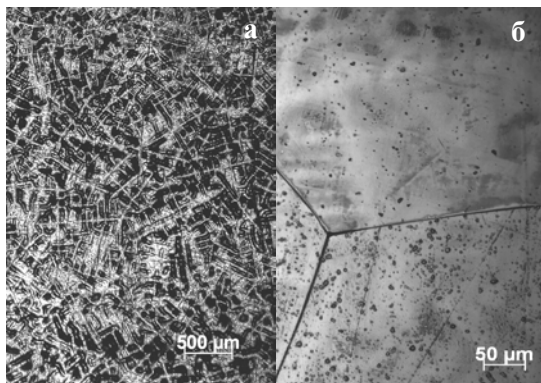


Рис. 3. Структура сплава Ti - 40% Nb

На рис.3 представлена структура сплава Ti-40% Nb с разным увеличением. Сплав оказался однородным по своей структуре. На малых увеличениях хорошо различима дендритная структура (рис.3а). На большом увеличении видны равноосные зерна, границы которых хорошо сформированы и имеют линейный вид (рис.3б). Размер зерен от 600 до 1200 мкм. Зерна представлены предположительно β -фазой.

При анализе дифрактограммы выявлено, что основной объем сплава состоит из β -фазы, что подтверждает наши предположения. Помимо нее в сплаве может присутствовать незначительное число α -фазы, которая металлографически не найдена. Общее значение микротвердости в зернах β -фазы составило 227 HV.

Заключение

В результате полученных данных можем констатировать, что сплав Ti-10% Nb содержит α - и α -фазы. Микротвердость данных фаз составляет 180 HV и 239 HV, соответственно. Это показывает, что метастабильные фазы тверже. В сплаве Ti-25%Nb в процессе плавки и кристаллизации сформировались следующие фазы: α -фаза с микротвердостью 317 HV; β -фаза с микротвердостью – 228 HV. В сплаве Ti- 40% Nb наблюдается однородная структура из зерен β -фазы. Её твердость составляет 227 HV. Из всего исследованных фаз самой твердой является α -фаза. Поэтому самым твердым из сплавов, получаемых электродуговой плавкой, является сплав Ti - 25% Nb.

Литература

1. Корнилов И.И. Титан; Источники, составы, свойства, металлохимия и применение. – М.: Наука, 1975. – 308 с.
2. Титан в промышленности: сборник статей под ред. С. Г. Глазунова. – М.: Оборонгиз, 1961. – 328 с.
3. Горынин И. В., Чечулин Б. Б. Титан в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990. – 399 с.
4. Сметкин А.А., Конюхова С.Г., Ярмонов А.Н. Применение пористых проницаемых материалов в дентальной имплантологии // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2003. – №5. – С. 65-67.
5. Кондратенко Л.К., Гусева Л.Н. Фазовые превращения в сплавах титана с ниобием при закалке и отпуске // Изв. АН СССР. Металлы. 1989. – №1. – с. 89.
6. Киффер Р., Браун Х. Ванадий, ниобий, тантал. – М.: Металлургия, 1968. – 311 с.
7. И. В. Горынин, Б. Б. Чечулин. Титан в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.