

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВАКУУМНЫХ ОТЖИГОВ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА Ti-6Al-4V

Сю Линцзя, Ли На

Научный руководитель: доцент, Степанова Е.Н

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: 116349726@qq.com

INVESTIGATION OF VACUUM ANNEALING INFLUENCE ON STRUCTURAL AND PHASE STATE AND MECHANICAL PROPERTIES OF A TI-6AL-4V ALLOY

XuLingjia, LiNa

Scientific Supervisor: Ass. prof., Ekaterina N. Stepanova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin av., 30, 634050

E-mail: 116349726@qq.com

This paper presents the experimental results of investigation of titanium alloy. Research of vacuum annealing effect on the structural and phase state and mechanical properties of a Ti-6Al-4V alloy in the temperature range of 600 – 800 °C were performed by the methods of optical microscopy, X-ray analysis and Vickers microhardness.

Процесс отжига в вакуумной среде позволяет нагревать металл без образования окисления. Вакуумный отжиг улучшает пластичность за счет выделения водорода из металла, к примеру, ударная вязкость такого материала, как титан повышается больше чем в два раза. Также вакуумному отжигу подвергаются детали и сборки с целью изменения свойств материала, улучшающие его характеристики [1].

Целью работы являлось изучение влияния режимов вакуумных отжигов на структурно-фазовое состояние и механические свойства сплава Ti-6Al-4V.

В качестве материала исследования использовали двухфазный ($\alpha+\beta$) сплав Ti-6Al-4V (марка BT6) следующего состава, масс. %: 6,6Al + 4,9V + 0,02Zr + 0,033Si + 0,18Fe + 0,007C + 0,17O + 0,01N + 0,002H, остальное Ti. Рентгеноструктурные исследования проводили с помощью дифрактометра Shimadzu XRD 7000S в Cu K_{α} -излучении. Часовые отжижки образцов сплава были проведены на установке Gas Reaction Controller при температурах 600 и 800 °C. Измерения микротвердости по методу Виккерса выполнили на микротвердомере HV-1000 при нагрузке 100 г.

Типичное изображение структуры сплава Ti-6Al-4V в различных состояниях представлено на рис. 1

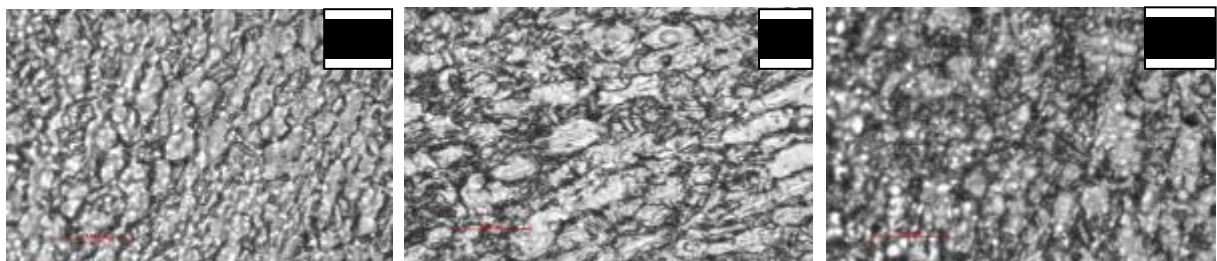


Рис. 1. Структура сплава Ti-6Al-4V: а) в исходном состоянии; б) после отжига 600 °C; в) после отжига 800 °C

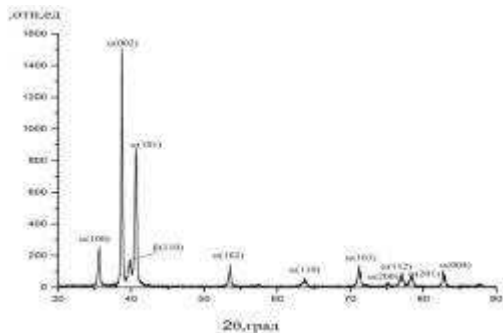


Рис. 2. Участок дифрактограммы образца сплава Ti-6Al-4V в исходном состоянии

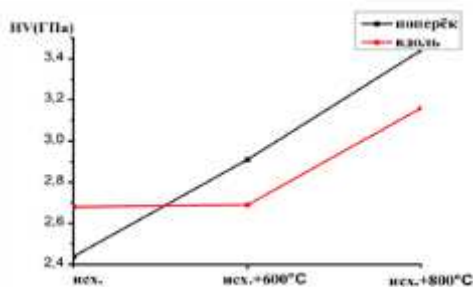


Рис. 3. Микротвердость образцов сплава Ti-6Al-4V после различных обработок

Из рис. 1, а видно, что в исходном состоянии сплав имеет двухфазную структуру, состоящую из областей α-фазы, окруженных двухфазными областями (α + β)-фазы. Средний размер областей α-фазы составляет 6.5 мкм в продольном сечении и 16 мкм – в поперечном. После отжига 600 °С средний размер областей α-фазы становится равным 5.75 мкм в продольном сечении и 13 мкм – в поперечном (рис. 1, б). Отжиг при 800 °С приводит к дальнейшему изменению среднего размера областей. Так, средний размер областей α-фазы после вакуумного отжига при 800 °С в течении одного часа равен 5.7 мкм в продольном сечении и 10 мкм – в поперечном (рис. 1, в).

Участок типичной дифрактограммы образца сплава Ti-6Al-4V в исходном состоянии приведен на рис. 2. В таблице 1 приведены значения параметры решеток фаз и фазовый состав сплава Ti-6Al-4V в различных состояниях. Из приведенных данных видно, что в

исходном состоянии сплав содержит α-фазу с объемной долей 89 об. % и β-фазу с объемной долей 11 об. %. Параметры решетки α-фазы: $a = 0.2921$ нм, $c = 0.4665$ нм, а в β-фазе $a = 0.3208$ нм (табл. 1). В сплаве наблюдается текстура в направлении [002] с коэффициентом Марча-Долласа 0,6741.

Дифрактограммы образца сплава Ti-6Al-4V в состоянии после вакуумных отжигов при 600 °С и при 800 °С качественно не сильно отличаются от дифрактограммы в исходном состоянии. Однако отжиги приводят к изменению фазового состава и параметров решеток фаз в сплаве Ti-6Al-4V. Из таблицы 1 видно, что объемная доля β фазы возрастает до 14 %, параметры a и c α фазы уменьшаются, а параметр a β фазы увеличивается.

Таблица 1. Фазовый состав и параметры решеток фаз в сплаве Ti-6Al-4V

Состояние	Объемная доля α фазы±1, %	Объемная доля β фазы±1, %	Параметры решеток фаз		
			$a\alpha\pm 0,0001$, нм	$c\alpha\pm 0,0001$, нм	$a\beta\pm 0,0001$, нм
Исходное	89	11	0,2921	0,4665	0,3208
Исходное + отжиг при 600 °С, 1 час	87	13	0,2912	0.4639	0.3252
Исходное + отжиг при 800 °С, 1 час	86	14	0.2651	0.4526	0.3429

Результаты изменения микротвердости сплава Ti-6Al-4V после часовых отжигов приведены на рис. 3

Таким образом, результаты исследований структурно-фазового состояния титанового сплава Ti-6Al-4V показали, что отжиги при температурах 600 и 800°С приводят к незначительному уменьшению объемной доли и параметров решетки α-фазы в сплаве при одновременном увеличении параметра решетки и объемной доли β фазы. В то же время микротвёрдость сплава после отжигов увеличивается как в поперечном, так и в продольном направлении. Чем выше температура отжига, тем выше значения микротвёрдости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакуумный отжиг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gk-drawing.ru/line-module/thermic/vacuum-annealing.php>

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ

Сюй Шупэн, Ши Кунь

Научный руководитель: профессор–доктор В.В. Ларионов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: lvv@tpu.ru

EFFECT OF HYDROGEN ON CONDUCTIVITY OF METALS

Shupeng Xu, Kun Shi

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.V. Larionov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: lvv@tpu.ru

Magnetic spectrometer analyzer (MSA) is used to analyze the processes of hydrogenation metals (for example, titanium and copper). Sensitivity magnetic spectrometer analyzer is determined by the depth of penetration of high frequency currents in metals, the space of the sample, and the phase shift between its resistance and reactance. Sensitivity is the ratio of $(\Delta\varepsilon/\varepsilon)/(\Delta d/d)$, where $\Delta\varepsilon/\varepsilon$ relative increase signal of MSA. The increment signal arises due to a change $\Delta\delta/\delta$ penetration depth of the eddy current in the metal. Parameter $\Delta d/d$ is the relative change in the thickness of the samples. To study the sensitivity of the spectrometer used for S parameter $(\Delta\varepsilon/\varepsilon)/(\Delta S/S)$. These options allow you to eliminate or reduce the error in determining the conductivity. Further developed the technique of determining the sensitivity of the spectrometer to the parameter ξ that is the ratio of the thickness d of the sample to its area S. Parameter ξ permed accurately the dimensions of the metal layers. Layers are located at different depths depending and associated with the electrical part of the metal layer. Parameter β , equal to the product of the area of the sample by the reciprocal of the penetration depth of the eddy current in the sample. If the product of these parameters β equals 1, the eddy current penetration depth in the sample is equal to the thickness of the test sample. Relationship between the number of implanted hydrogen atoms per atom of metal and its electrical conductivity is expressed by equation. Depending on this established technique for determining the composition of titanium hydride phase at different depths of penetration as a function of eddy currents in the metal. Operating modes of the (MSA) determined by the accuracy of approximation of the size of the metal layer, located at different depths of the sample.

Различные технологические операции, связанные с производством титановых заготовок и проката, сопровождаются неравномерным насыщением титана водородом [1]. Во многих случаях в процессе эксплуатации при наводороживании в поверхностном слое и в целом в металле наблюдаются сложные