

УДК 620.22

Н. А. Мамонтова, А. В. Шалин, Г. Т. Зайнетдинова

ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва

natalie.mamontova@yandex.ru

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук *С. В. Скворцова*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОЧЕТАНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМОВОДОРОДНОЙ ОБРАБОТКИ НА КОМПЛЕКС МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT23

АННОТАЦИЯ

Настоящая работа посвящена изучению совмещения пластической деформации и термоводородной обработки с целью получения в листовых полуфабрикатах из сплава VT23 субмикроструктурной структуры, содержащей некогерентные частицы α_2 -фазы, а также возможности реализации сверхпластической деформации листовых полуфабрикатов из титанового сплава VT23.

Ключевые слова: титановый сплав, пластическая деформация, наводороживание

ABSTRACT

Formation of sub microcrystalline structure with noncoherent α_2 -phase particles in VT23 sheets using the combined technique of plastic deformation and thermohydrogenic treatment is studied in this paper; possibility of sheets superplastic deformation is also shown in this article.

Keywords: Titanium alloy, plastic strain, hydrogenation, mechanical properties

Известно, что понизить усилие деформирования возможно не только сочетанием легирования постоянными химическими элементами и термической обработки для усовершенствования существующих и при создании новых титановых сплавов, но и проведением специальных видов обработки. Одним из таких видов обработки является водородная технология, основанная на временном легировании сплавов водородом на технологической стадии изготовления полуфабрикатов и изделий.

Исследования проводили на листовых полуфабрикатах из титанового сплава VT23 толщиной 2 мм, полученных по промышленной и опытной технологиям.

На первом этапе работы было проведено сравнение структуры и комплекса механических свойств данных листовых полуфабрикатов из сплава ВТ23.

На основании проведенных ранее исследований фазового состава и структуры наводороживающий отжиг плит толщиной 20 мм проводили при температурах 700 и 800 °С, до концентрации 0,7 %. Такое количество водорода, вводимое в сплав при температуре 800 °С приводит к формированию однофазной β -структуры, а при 700 °С – к $(\alpha(\alpha_2)+\beta)$ -структуре.

Листовые полуфабрикаты получали прокаткой при температуре 700 °С, т. е. в $(\alpha+\beta)$ -области. Металлографические и рентгеноструктурные исследования листов, полученных по опытной технологии показали, что в процессе прокатки формируется $(\alpha_2+\beta)$ -структура (рис. 1).

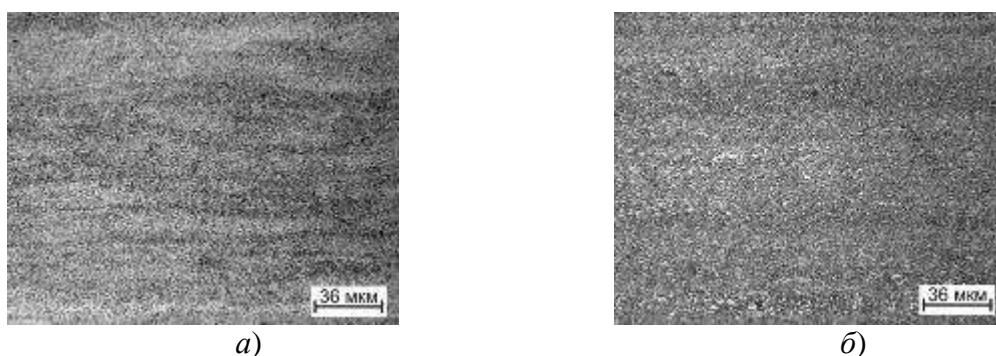


Рис. 1. Микроструктура образцов из сплава ВТ23 легированных водородом: а) Н.О. при 800 °С, $C_H = 0,7 \%$; б) Н.О. при 700 °С, $C_H = 0,7 \%$

Вакуумный отжиг образцов из листовых полуфабрикатов титанового сплава ВТ23, полученных по опытной технологии, проводился при температуре 625 °С в течение 8 часов. Микроструктура образцов после дегазации, показанная на рис. 2, представлена дисперсными частицами вторичной α -фазы, выделяющимися в процессе дегазации, и α_2 -фазы, расположенными в β -матрице.

Установлено, что насыщения сплава водородом с последующей деформацией при получении листовых полуфабрикатов обуславливает формирование субмикроструктурной структуры, что сказывается на уровне механических свойств. Химический состав листовых полуфабрикатов, полученных по промышленной и опытным технологиям различен, причем в последнем содержание алюминия в β -фазе выше, что теоретически отрицательно должно сказываться на пластических характеристиках сплава.

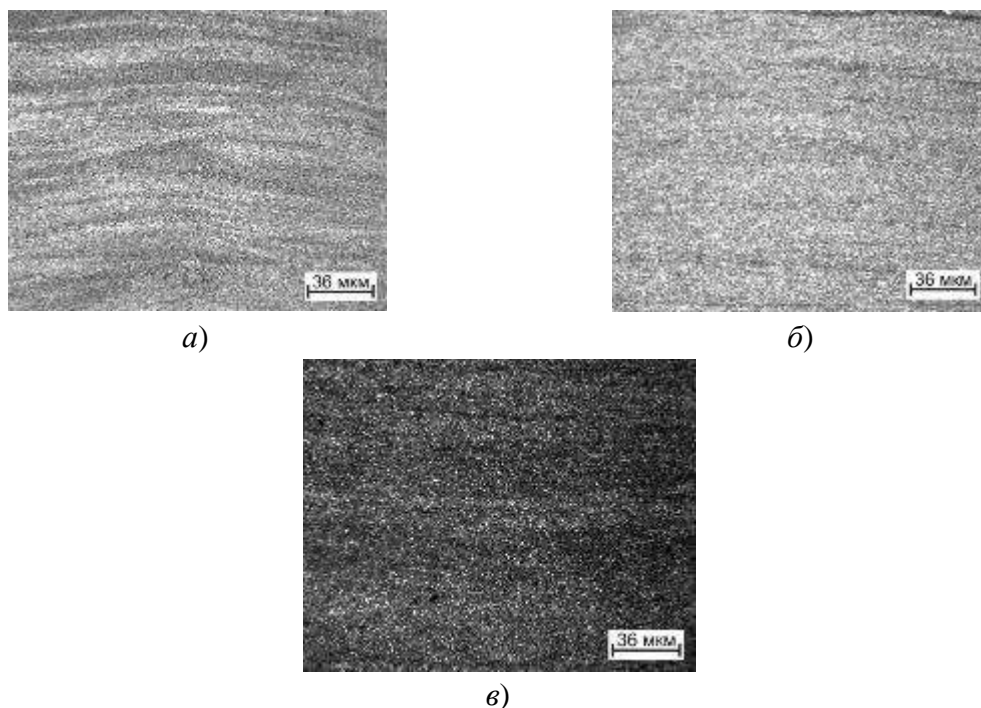


Рис. 2. Микроструктура листовых полуфабрикатов из сплава ВТ23 после вакуумного отжига, полученных: а) по опытной технологии, Н.О. при 800 °С, $C_H = 0,7 \%$; б) по опытной технологии, Н.О. при 700°С, $C_H = 0,7 \%$; в) по промышленной технологии

Проведенные исследования показали, что сочетание дополнительного обратимого легирования водородом и пластической деформации формирует субмикроструктуру, что обуславливает повышение уровня прочностных свойств, по сравнению с образцами, полученными по промышленной технологии (табл. 1).

Таблица 1

Механические свойства листовых образцов из сплава ВТ23, полученных по промышленной технологии и опытной технологиям

Сплав	Механические свойства		
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	$\delta\%$
<i>Промышленная технология</i>			
ВТ23, лист 2 мм, состояние поставки	920	1050	9,0
<i>Опытная технология</i>			
ВТ23, лист 2 мм: Н.О. при 800°С, $C_H = 0,7\% + \text{В.О.} 625^\circ\text{С, 8 ч}$	1112	1050	10,1
ВТ23, лист 2 мм: Н.О. при 700°С, $C_H = 0,7\% + \text{В.О.} 625^\circ\text{С, 8 ч}$	892	1134	13,9

На следующем этапе работы проводили испытания листовых образцов из сплава ВТ23 на сверхпластичность [1; 2] при температурах 700, 750 и 800 °С в печи с воздушной атмосферой с начальной скоростью деформации

$3 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Кроме того, были проведены испытания листов в состоянии поставки (остаточная концентрация водорода не превышала 0,006 %) при этих же температурах. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Механические свойства листовых образцов из сплава ВТ23, полученных по промышленной технологии и опытной технологии

Вид полуфабриката	Скорость деформирования, с^{-1}	Температура испытаний, $^{\circ}\text{C}$	Содержание водорода, %	σ , МПа(min)	δ , % (max)
Лист, полученный по промышленной технологии	$3 \cdot 10^{-4}$	700	–	210	70
		750		180	120
		800		150	200
Н.О. 700 $^{\circ}\text{C}$, $\text{C}_{\text{H}}=0.7\%$, В.О. 625 $^{\circ}\text{C}$, 8ч	$3 \cdot 10^{-4}$	700	0,006	52	320
		750		32	465
		800		18	720
Н.О. 800 $^{\circ}\text{C}$, $\text{C}_{\text{H}}=0.7\%$, В.О. 625 $^{\circ}\text{C}$, 8ч	$3 \cdot 10^{-4}$	700	0,006	59	200
		750		39	260
		800		27	460

На основании проведенных исследований была разработана технология ТВО, позволяющая получить в листовых полуфабрикатах из сплава ВТ23 субмикроструктурную структуру: наводороживающий отжиг при температурах 700–800 $^{\circ}\text{C}$ до концентраций 0,7–0,8 % водорода, охлаждение до нормальной температуры со скоростью не менее 1 К/с, пластическую деформацию (прокатку) в наводороженном состоянии при температуре 700 $^{\circ}\text{C}$ и вакуумный отжиг листов при температуре 625 $^{\circ}\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин А. А., Колачев Б. А., Носов В. К., Мамонов А. М. Водородная технология титановых сплавов. – М.: «МИСиС», 2002. – 392 с.
2. Колачев Б. А., Талалаев В. Д. Водородная технология титановых сплавов // Титан. – 1993. – № 1. – С. 43–46.