

Т. В. Осинкина¹, Ф. В. Водолазский¹, А. В. Жлоба²

¹ УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

² ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», г. Верхняя Салда

f.v.vodolazskiy@urfu.ru, cool-ezhk@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПАДА В-ТВЕРДОГО РАСТВОРА В ДВУХФАЗНОМ ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ VST2 ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 600...750 °С

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривались полуфабрикаты титанового сплава VST2 после изотермической выдержки при температурах 600...750 °С, в течение от 5 секунд до 16 часов. Проводился анализ микроструктуры, фазового состава и твердости после выдержек, полученной после термообработки на различные температуры и различных вариантов выдержки.

Ключевые слова: титановый сплав, VST2, изотермическая выдержка, микроструктура, РСФА, твердость

ABSTRACT

This work is described titanium alloy semi VST2 after isothermal soaking for 5 seconds to 16 hours at temperatures 600...750°C. A microstructure, phase composition and hardness analysis of final samples was investigated after the heat treatment conditions.

Keywords: titanium alloy, VST2, isothermal holding, microstructure, XRDA, hardness

В связи с тем, что данный сплав VST2 является достаточно новым [1], основной задачей является изучения влияния термообработки на изменения фазового состава, данные вопросы исследовались в работе [2], однако в этой работе не рассматривались вопросы, связанные с изотермическими выдержками.

Материалом для исследования являлись листовые полуфабрикаты из сплава VST2 толщиной 4 мм, полученные в промышленных условиях на предприятии ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» прокаткой до толщины 4 мм.

Химический состав образцов из сплава VST2 указан в табл. 1. Температура полиморфного превращения ($T_{\text{пт}}$) для данных плавок составляет 940 °С.

Нагрев образцов производился при температур 1000 °С в лабораторной электрической трубчатой печи с выдержкой при температуре закалки 15 минут и последующим охлаждением в воде. Далее образцы подверглись изотермической обработке в интервале температур 600...750 °С с шагом в 50 °С при различной продолжительностью выдержки (5...30 с, 1...30 м, 1...16 ч) [1].

Химический состав слитка из сплава VST2

Содержание элементов, масс. %										
Al	Mo	V	Cr	Fe	Si	Ni	C	O	H	Ti
4,94	0,56	3,33	0,37	1,8	0,029	0,031	0,015	0,22	0,002	ост.

Исследование микроструктуры проводилось на микроскопе «OLYMPUS GX51». Рентгеноструктурный фазовый анализ был проведен на установке «Bruker D8 Advance» в медном K_{α} -излучении. Измерения твердости по Роквеллу (ГОСТ 9013-59) проводились на универсальном твердомере типа ТК2 при нагрузке равной 150 кг.

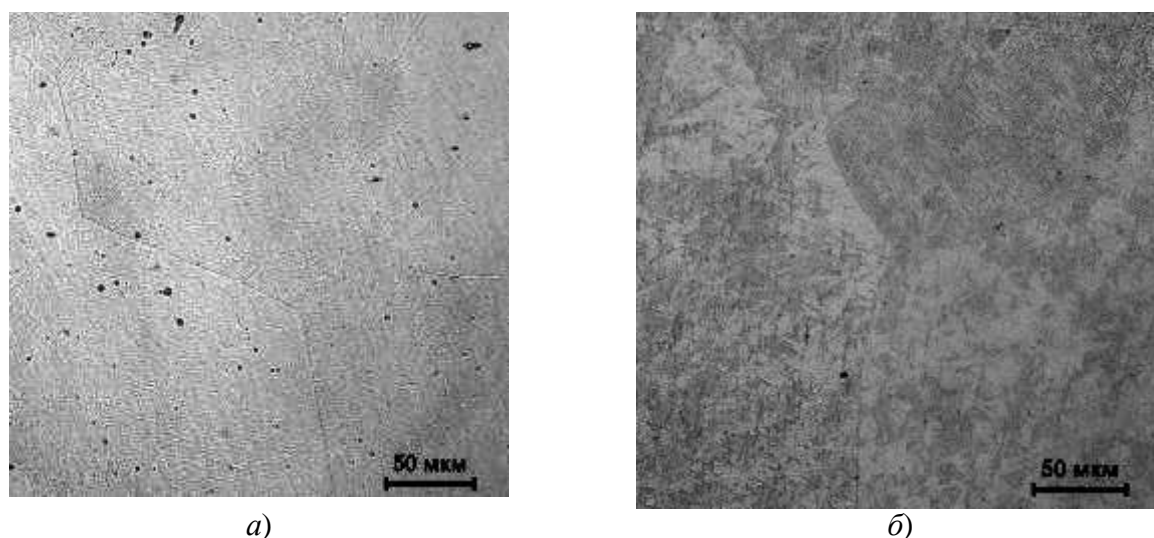


Рис. 1. Микроструктура сплава VST2: а) в исходном состоянии; б) после изотермической выдержки 5 минут при температуре 700 °С

При исследовании закаленного образца удалось узнать, что микроструктура представляет собой равноосные полиэдрические исходные β зерна. Также внутри зерен присутствуют пластинки мартенсита (рис. 1, а).

На дифрактограмме, снятой с закаленного образца, наблюдаются линии только α' мартенсита. Следов α и β фаз не наблюдается. По всей видимости, мартенситное превращение β в α' протекает достаточно полно.

Твердость сплава в исходном состоянии составляет 41 HRC.

После последующей термообработки, при температуре 600 °С и выдержками от 5 с до 16 ч, происходит распад β твердого раствора с выделением α фазы. Распад начинается при первых секундах выдержки. Анализ микроструктуры показал, что с увеличением времени изотермической выдержки происходит утолщение образующихся в ходе распада пластин α фазы.

По полученным данным фазового анализа сплава заметно, что параметр решетки β фазы уменьшается при первых же секундах, т.е. процесс распада начинается при выдержке 5 секунд (рис. 2, а). Далее при увеличении времени выдержки период решетки стабилизируется и после 15-минутной выдержки практически не изменяется. Это говорит о том, что в данном временном интервале мы получаем конечные продукты распада.

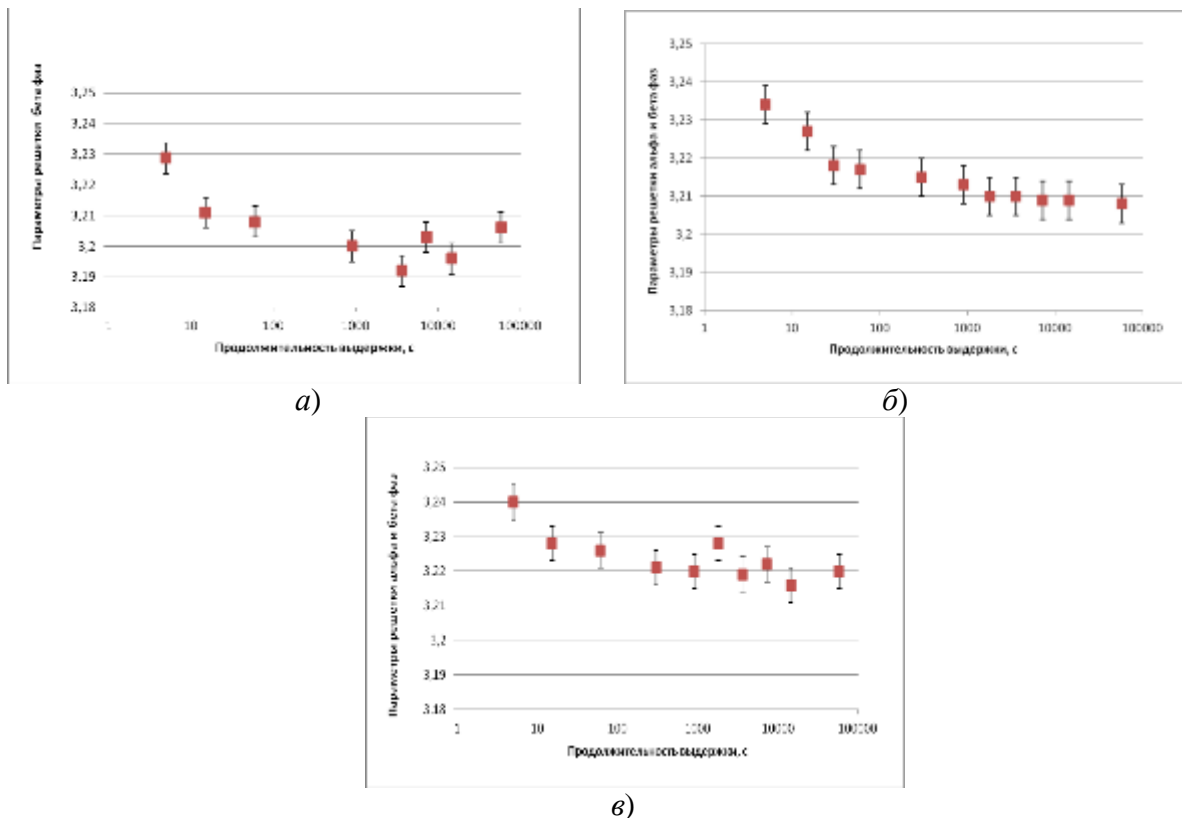


Рис. 2. Зависимость параметра решетки β фазы сплава VST2 от продолжительности выдержки при температурах: а) 600 °С; б) 650 °С; в) 700 °С

Анализ микроструктурных данных при температуре старения 650 °С, выявил, по аналогии с температурой 600 °С, что при увеличении длительности изотермической выдержки происходит укрупнение пластин α -фазы. Фазовый состав представлен α и β фазами при всех временах выдержки. При увеличении времени выдержки происходит снижение периода решетки β -фазы (рис. 2, б).

Твердость при данной температуре становится еще более низкой, в пределах 39...40 HRC. Значительных изменений при изменении времени выдержки не наблюдается.

На микроструктуре, после изотермической обработки при температуре 700 °С, заметно увеличение размера и толщины пластин α фазы по мере увеличения времени выдержки (рис. 1, в). Также можно увидеть небольшие прослойки β фазы между пластинами α фазы.

Твердость после выдержки 5 секунд выше, чем у исходного образца закаленного в воду, рис. 3. Это свидетельствует о том, что распад начинается при данной выдержке.

При дальнейшем увеличении времени выдержки происходит снижение твердости и увеличение периода решетки β фазы (рис. 2, в). При времени распада более 2 часов происходит стабилизация значений периода решетки β фазы и твердости. Окончание распада находится в данном временном диапазоне.

Микроструктура сплава после изотермической обработки от температур 750 °С представлена крупными пластинами α фазы с небольшими

прослойками β фазы. Также исследования микроструктуры показали, что при выдержке 15 минут и более происходит сфероидизация α фазы.

После изотермической выдержки 4 часа происходит стабилизация периода решетки β фазы и твердости, что может говорить об окончании распада β твердого раствора.

В результате проведенных исследований микроструктуры, фазового состава и твердости сплава VST2 можно отметить следующее. В микроструктуре с повышением температуры выдержки происходит утолщение пластин α фазы и дальнейшая ее сфероидизация при температуре 750 °С. Также получено, что при изучаемом температурном интервале происходит процесс распада β твердого раствора с выделением α фазы.

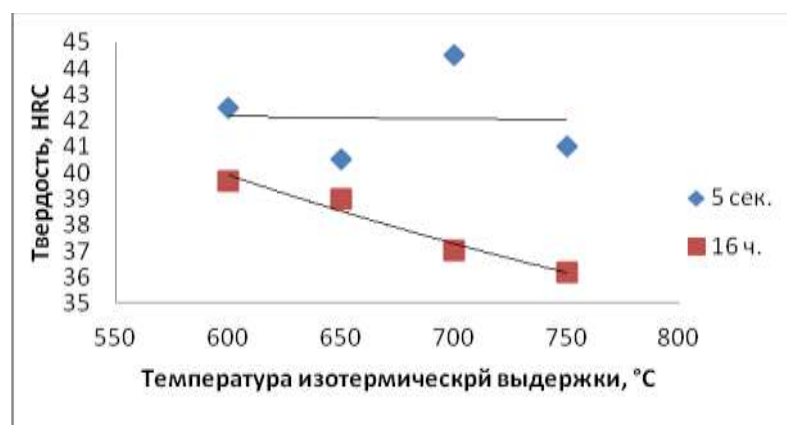


Рис. 3. Зависимость твердости сплава VST2 от температуры изотермической выдержки

Судя по рис. 3, в данном интервале температур распад начинается при 5-секундной выдержке, так как твердость после этих выдержек выше, чем у исходного образца, закаленного в воду. Период окончания распада варьируется от 1 до 4 часов, в зависимости от температуры изотермической выдержки, т.к. происходит стабилизация периода решетки (рис. 2, а, б, в).

Таким образом, по полученным данным можно сделать следующие выводы:

1. Изучены закономерности изменений микроструктуры, фазового состава и дюрометрических характеристик.

2. Определены температуры начала и конца $\beta \rightarrow \alpha$ превращения: в диапазоне температур 600...700 °C время начала превращения составляет менее 5 секунд, время конца превращения в диапазоне температур 600...750 °C находится в интервале между 1 и 4 часами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2425164 Вторичный титановый сплав и способ его изготовления / Тетюхин В. В., Левин И. В., Пузаков И. Ю., Таренкова Н. Ю. // Бюллетень Изобретения, полезные модели, № 21, опубликован 27.07.2011.
2. Илларионов А. Г., Попов А. А., Ледер М. О., Водолазский Ф. В., Жлоба А. В. Формирование структуры, фазового состава и свойств в двухфазном титановом сплаве при варьировании температурно-скоростных параметров термической обработки // Металловедение и термическая обработка металлов. 2014. №9 (711). С. 43–47.