

УДК 621.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ПОЛУЧЕНИЯ ЗАНИЖЕННЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ВТЗ-1

Евгений Валерьевич Воронежский⁽¹⁾, Артем Игоревич Алимов⁽²⁾

Аспирант 4 год⁽¹⁾, студент 6 курса⁽²⁾,

кафедра «Технологии обработки давлением»

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: С.А. Евсюков,

доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки давлением»

Введение

Эффективные технологические процессы обработки металлов давлением и термообработки при назначении рациональных термомеханических режимов позволяют повысить эксплуатационные свойства деталей.

Возможность получения высоких механических свойств способствует повышению качества и надежности изготавливаемых деталей, что особенно актуально для ответственных и тяжелонагруженных деталей и узлов современных машин, работающих в условиях высоких напряжений и температур.

Цель работы: исследование материала ВТЗ-1 на поковках в связи с получением заниженных пластических свойств после упрочняющей термической обработки.

Химический состав сплава ВТЗ-1 по ОСТ 1 90013-71 (в %):

титан	Al	Mo	Cr
основа	5,5 – 7,0	2,0 – 3,0	0,8 – 2,3

ВТЗ-1 относится к группе сплавов с ($\alpha + \beta$) структурой (по классификации ВИАМ).

Температура полиморфного превращения ($\alpha + \beta$) $\rightarrow \beta$ 950 – 980° (по инст. № 685-76).

Типовой нагрев под штамповку производственных заготовок 950 – 980°.

Режим упрочняющей термической обработки:

закалка с 880 ± 20°, выдержка 30 – 60 мин., вода,
старение 600°, выдержка 4 часа, воздух.

2. Обзор литературы

Опираясь на литературные данные [1], было проведено специальное исследование, посвященное получению различной структуры и выявлению её влияния на комплекс основных свойств сплава ВТЗ-1.

Перед исследованием образцы подвергали упрочняющей термической обработке и изотермическому отжигу.

Отмечается, что упрочняющая термическая обработка позволяет повысить предел прочности до 130 – 140 кгс/мм², однако пластические свойства зависят от исходной структуры.

Если равноосная ($\alpha + \beta$) структура (1 тип) и структура корзиночного плетения (2 тип) наряду с упрочнением обеспечивают высокие пластические свойства ($\psi = 20 – 30\%$), то грубоигольчатая структура (3 тип) – низкие ($\psi = 5 – 10\%$, т.е. в 2 – 3 раза ниже).

Получить нужный уровень пластических свойств на грубоигольчатой структуре можно после изотермического отжига, но тогда предел прочности не превысит 102 – 107 кгс/мм².

3 тип структуры получается в результате нагрева металла и деформации в β-области или вследствие недостаточной проработки литой структуры при изготовлении заготовок [1].

3. Исследование материала образцов от производственных штамповок

А. Корпус I, парт. 9 шт.

хим. состав	Al	Mo	Cr	O ₂	N	H ₂
по серт., %	6,2	2,4	1,6	0,01	0,01	0,002

При первичном испытании образцов после упрочняющей термической обработки были получены следующие свойства:

Протокол механической лаборатории

№№ обр.	σ _в	δ, %	ψ, %	a _н	
1	131,8	1,6	1,5	2,	осевые образцы
2	138,2	2,0	10,0	3,0	
	120 – 130,0	7,0	20,0	2,5 –	свойства, требуемые по ОСТ 92-0966-75

При имеющемся запасе прочности и резком падении пластичности было принято решение провести дополнительное старение при 680 ± 20°, которое обеспечивает повышение пластичности – это частично объясняется относительно меньшей искаженностью кристаллической решетки β-фазы в связи с тем, что она в данном случае менее легирована, чем после старения при 550 - 600° [2].

После проведенного старения пластические свойства резко повысились, но на одном образце не достигли нужного уровня (16% сужения для тангенциальных образцов), в то же время предел прочности снизился ниже допустимых величин (стал менее 120 кгс/мм²).



Рис.1 ×12

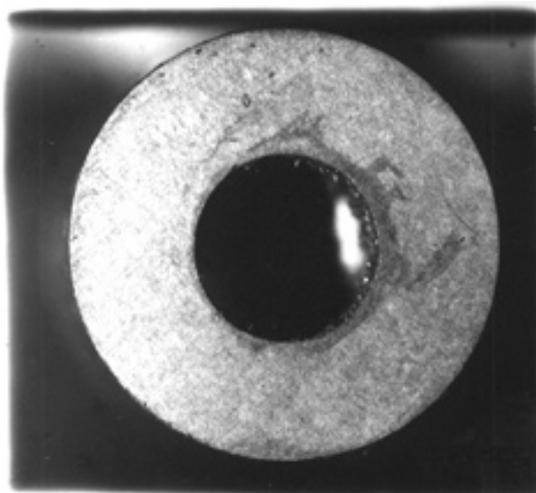


Рис.2 ×6

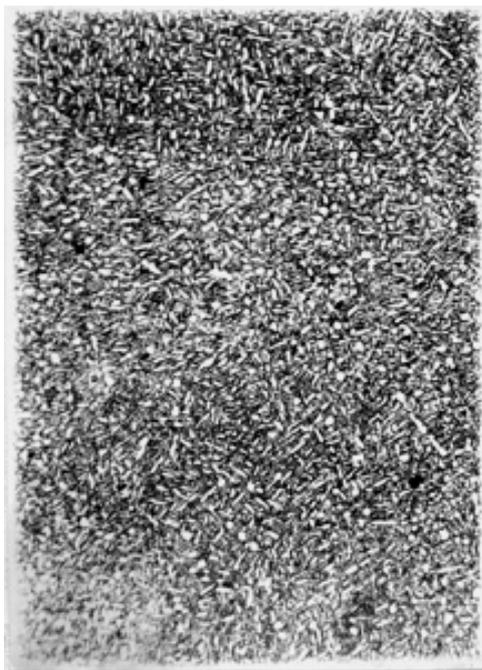


Рис.3 ×200



Рис.4 ×500

Протокол механической лаборатории

№№ обр.	σ_b	$\delta, \%$	$\psi, \%$	a_n	
1	112,5	14,8	37,2	3,0	} тангенциальные образцы
2	113,7	6,8	9,5	3,5	

На образцах после дополнительного старения проведено сравнительное исследование вида изломов, а также макро- и микроструктуры.

Дефектов металлургического характера в изломах не обнаружено.

В образце с высокими значениями пластичности излом вязкий (рис. 1), макроструктура матовая, без видимого зерна (рис. 2). Материал этого образца имеет, в основном, так называемую равноосную ($\alpha + \beta$) структуру, представляющую собой равномерно распределенную смесь, состоящую из первичной α -фазы (светлые участки) и смеси α и β фаз (темные участки) - 1 тип структур (рис. 3, 4).

Образец с заниженным сужением поперечного сечения имеет матовый крупнокристаллический излом (Рис. 5), макроструктура рекристаллизованная (Рис. 6), микроструктура – укрупненные зерна первичной β -фазы с грубоигольчатым строением α' -фазы внутри зёрен и резко выраженными границами зёрен (Рис. 7, 8) – 3 тип структуры [1].

Б. Корпус II, партия 36 шт.

хим. сост.	Al	Mo	Cr	C	N	H ₂
по серт., %	6,0	2,44	1,7	0,01	0,02	0,002

Протокол механической лаборатории (после упрочняющей т/о)

№№ обр.	σ_b	$\delta, \%$	$\psi, \%$	a_n	
1	131,5	4,4	12,6	2,1	} осевые образцы
2	136,2	4,0	8,7	3,0	

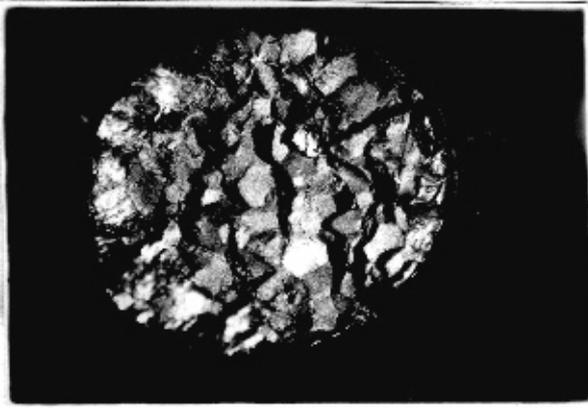


Рис.5 ×12

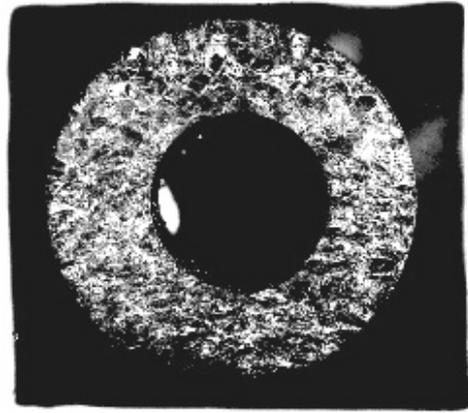


Рис.6 ×6



Рис.7 ×200

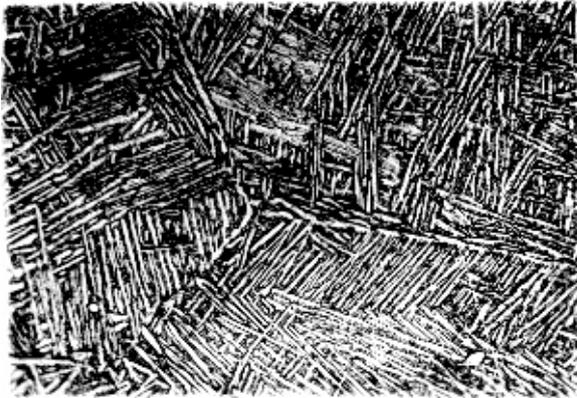


Рис.8 ×500

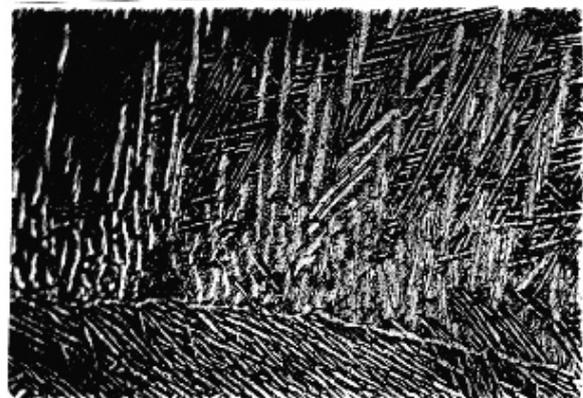


Рис.9 ×500



Рис.10 ×500



Рис.11 ×500

Свойства аналогичны свойствам материала Корпуса I, имеется запас по пределу прочности и занижение пластичности.

Излом на обоих образцах крупнокристаллический, микроструктура крупнозернистая с грубоигольчатым строением (рис. 10, 11).

Протокол механической лаборатории (после дополнительного старения).

№№ обр.	σ_B	$\delta, \%$	$\psi, \%$	a_H	} осевые образцы
1	109,8	8,0	25,4	3,3	
2	116,6	6,8	15,7	3,1	

Следовательно, на основании вышеприведенных механических свойств подтверждено, что наличие крупнозернистой структуры с грубоигольчатым внутризерненным строением и α -фазой в виде оторочки по границам оказывает особенно резкое влияние на пластичность материала после упрочняющей термической обработки (закалка и старение).

Таким образом, обзор последних литературных данных в сравнении с микроструктурой и свойствами производственных поковок позволил сделать следующие выводы:

1. Характер структуры титановых сплавов формируется в процессе деформации и не поддается исправлению термической обработкой – исходная структура определяет показатели механических свойств [1], [3].
2. Получить оптимальное сочетание прочности и пластичности для сплава ВТЗ-1 можно, если структура перед упрочняющей термической обработкой будет равноосной (1 тип) или корзиночного плетения (2 тип).

4. Сравнение материала образцов, в зависимости от оборудования штамповки

Исходя из того, что исследуемые поковки (Корпус I и Корпус II) изготавливались на штамповочном молоте с м.п.ч. 3,15 т за 4÷8 ударов, а также на основе сделанных выводов и анализа рекомендаций по штамповке сплава ВТЗ-1, приведенных в литературных источниках, был произведен сравнительный анализ микроструктуры поковок, горячую объемную штамповку на молоте с м.п.ч. 3,15 т и КГШП усилием 2,15 тс.

Технологические параметры:

Заготовка – пруток $\varnothing 50 \times 125$, сплав ВТЗ-1.

Температура начала штамповки $950 \pm 15^\circ\text{C}$.

Осадка заготовки (рис. 12) производилась на КГШП и на штамповочном молоте (за 2 удара) до $h=40$ мм, что составляет степень деформации $\varepsilon \approx 68\%$.

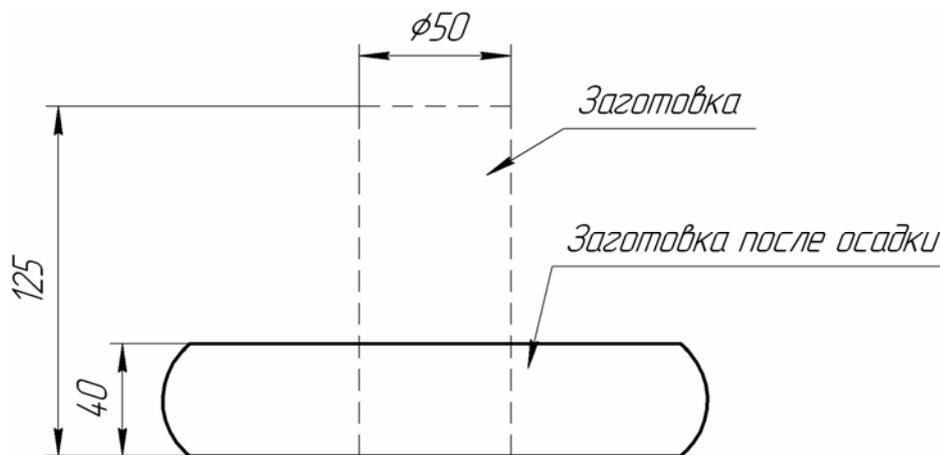
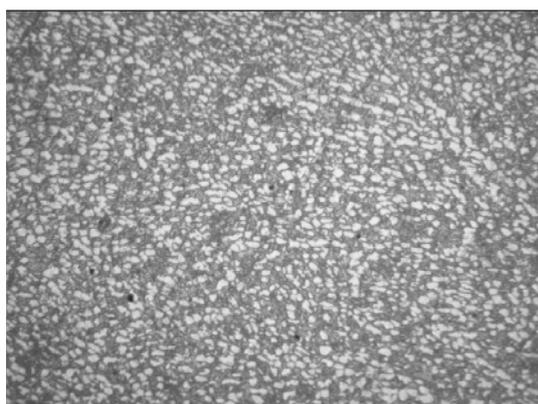


Рис.12 Схема осадки заготовки

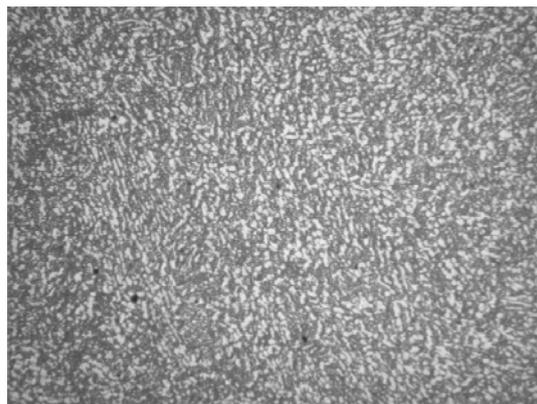
Протокол исследования

Макроструктура в 2-х присланных образцах аналогичная: плотная, трещин и других дефектов не обнаружено. На образцах четко выявляется текстура деформации.

Микроструктура в исследованных образцах соответствует I типу согласно шкале микроструктур для $(\alpha+\beta)$ сплавов инструкции 1054-76г. (см. рис. 13).



а) $\times 450$



б) $\times 450$

Рис.13. Микроструктура сплава ВТЗ-1:

а – после осадки на штамповочном молоте за 2 удара; б - после осадки на КГШП

Как видно из протокола исследования микроструктура обоих образцов одинакова (см. ранее), однако, визуально зерно образца осажденном на штамповочном молоте (рис. 13 а) заметно крупнее, чем зерно образца осажденном на КГШП (рис. 13 б). Эта разница в величине зерен объясняется кратковременным ростом зерен поковки осажденной на штамповочном молоте при рекристаллизации в период между обратным и рабочим ходами бабы молота перед вторым ударом.

Таким образом, результаты исследований показывают, что получение высоких механических свойств будет зависеть от структуры титановых сплавов после штамповки. В то же время, на величину зерна поковки, полученную при штамповке на молоте, существенное влияние будет оказывать количество ударов молота (чем больше ударов, тем больше периодов рекристаллизации и, следовательно, крупнее зерно). Подобная зависимость будет более характерна для поковок, в геометрии которых присутствуют отростки (рис. 14). При штамповке же на КГШП подобного не происходит (за счет однократного рабочего хода).

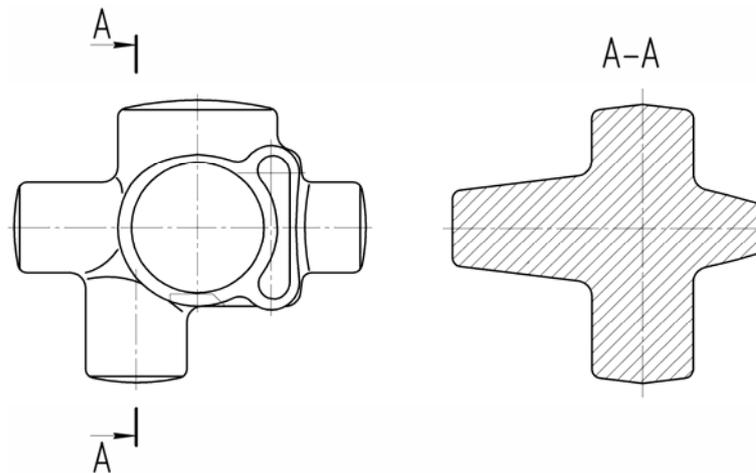


Рис.14. Поковка типа цилиндр с отрезками:
«Корпус» - материал сплав ВТЗ-1.

Если учесть, что штамповку на молоте в среднем выполняют за $5\div 7$ ударов (в некоторых случаях количество ударов доходит до 10 и более), то для получения более благоприятной структуры поковки с целью достижения высоких механических свойств, прежде всего, следует рассматривать штамповку на КГШП (как закрытую, так и открытую).

Литература

1. Братухин А.Г., Иванов Ю.Л., Марьин Б.Н. и др. Штамповка, сварка, пайка и термообработка титана и его сплавов в авиастроении. М.: Машиностроение, 1997. 600 с.
2. Шибиков В.Г. Формирование служебных свойств деталей на основе выбора рационального термомеханического режима штамповки / В.Г. Шибиков, А.В.Алдунин, В.Н. Михайлов // КШП. – 1991. – №1. – С. 11.
3. «Электронномикроскопические исследования жаропрочных сплавов и сталей» под ред. Акад. С.Т. Кишкина, 1969.