

М. А. Герман, А. И. Сафарян, Н. Г. Митропольская

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
г. Москва

ferrarigerman@gmail.com

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

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ РЕЗАНИЕМ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВСТ2К

АННОТАЦИЯ

В работе исследовано влияние параметров структуры на термосиловые характеристики резания опытного титанового сплава ВСТ2К. Разработаны режимы термической обработки сплава ВСТ2К, которые позволили сформировать структуру с разным объёмным соотношением фаз и твёрдостью.

Ключевые слова: титановый сплав, структура, термосиловые характеристики резания.

ABSTRACT

The effect of the structure elements on the thermal-power cutting characteristics of the experimental titanium alloy VST2K is investigated in this paper. The heat treatment modes were developed allowing to form a structure with different volume ratio of phases and hardness of the VST2K alloy.

Key words: titanium alloy, structure, thermal-power cutting characteristics.

Титановые сплавы благодаря высокой удельной прочности и коррозионной стойкости находят широкое применение в авиации, ракетно- и кораблестроении и медицине. Однако одним из существенных недостатков титановых сплавов является их плохая обрабатываемость резанием. Поэтому в последнее время большое внимание уделяется изучению влияния различных факторов на параметры резания.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния химического состава и структуры сплава ВСТ2К на термосиловые характеристики фрезерования.

Для исследований были выбраны три состава сплава ВСТ2К, отличающихся по содержанию β -стабилизаторов. Химический состав представлен в табл. 1.

На первом этапе была изучена структура образцов, вырезанных из плит в состоянии поставки (рис. 1.).

Исходная структура в составах 1 и 2 была хорошо проработана по сечению и представляла собой крупные первичные α -глобули и расположенные между ними пластинчатые выделения вторичной α -фазы. В

плите состава 2 доля пластинчатых выделений вторичной α -фазы несколько больше, при этом их размер меньше.

Таблица 1

№ состава	Легирующие элементы, масс.%			Примеси, масс.%			
	Ti	Al	V	Cr	Fe	Mo	C
Состав 1	осн.	5,67	4,22	0,11	0,46	0,15	0,015
Состав 2	осн.	5,68	4,28	0,45	0,48	0,81	0,020
Состав 3	осн.	5,68	4,27	1,49	0,51	0,80	-

Структура плиты состава 3 была неоднородна, наблюдался разброс по размеру частиц первичной α -фазы, объемная доля которой заметно меньше, чем в двух других составах, в некоторых местах по границам исходных зерен β -фазы присутствовала α -оторочка.

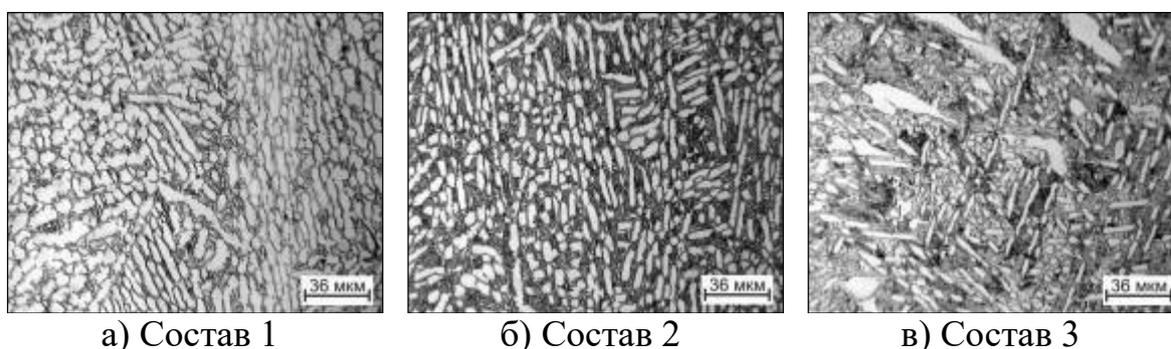


Рис. 1. Микроструктура сплава ВСТ2К в исходном состоянии

Для исследования влияния химического состава сплава ВСТ2К на термосиловые параметры фрезерования (без существенного влияния структурного фактора) необходимо было разработать режимы термической обработки, обеспечивающие формирование близкой структуры во всех трех составах сплава, с близкими значениями твердости.

Чтобы подобрать оптимальную температуру отжига необходимо знать температуру полиморфного превращения. Методом пробных закалок были определены температуры полиморфного превращения на образцах трех составов сплава ВСТ2К. Образцы закачивали в интервале температур 900–1020 °С. Было установлено, что температура полиморфного превращения составляет: 1000 °С для сплава состава 1, 990 °С для сплава состава 2 и 980 °С для сплава состава 3.

Для исследования влияния структуры и твердости сплава ВСТ2К на термосиловые параметры фрезерования были разработаны режимы термической обработки, обеспечивающие различное количество и размер первичной α -фазы в структуре сплава ВСТ2К и различную твердость: Отжиг 1: 940 °С, 2,5 часа, перенос в печь 650 °С, 8 часов, воздух; Отжиг 2: 850 °С, 4 часа, перенос в печь 650 °С, 8 часов, воздух; Отжиг 3: 880 °С, 1 час, охл. с печью, Упрочняющая ТО: 900 °С, 40 минут, охл. в воде, 550 °С, 7 часов, воздух. Исследования проводили на образцах состава 1 и 3.

Термическая обработка по первому режиму (Отжиг 1) привела к исчезновению в структуре вторичной α -фазы и структура характеризовалась глобулярными частицами α -фазы. После термической обработки по второму режиму (Отжиг 2) размер ее частиц был меньше чем после отжига по первому режиму. Третий режим термической обработки (Отжиг 3) обеспечил еще большее измельчение частиц α -фазы.

Для получения более высокой твердости был разработан режим упрочняющей термической обработки. Образцы нагревали до температур 900 °С, охлаждали в воде и затем подвергали старению при 550 °С для выделения дисперсных частиц вторичной α -фазы (рис. 2).

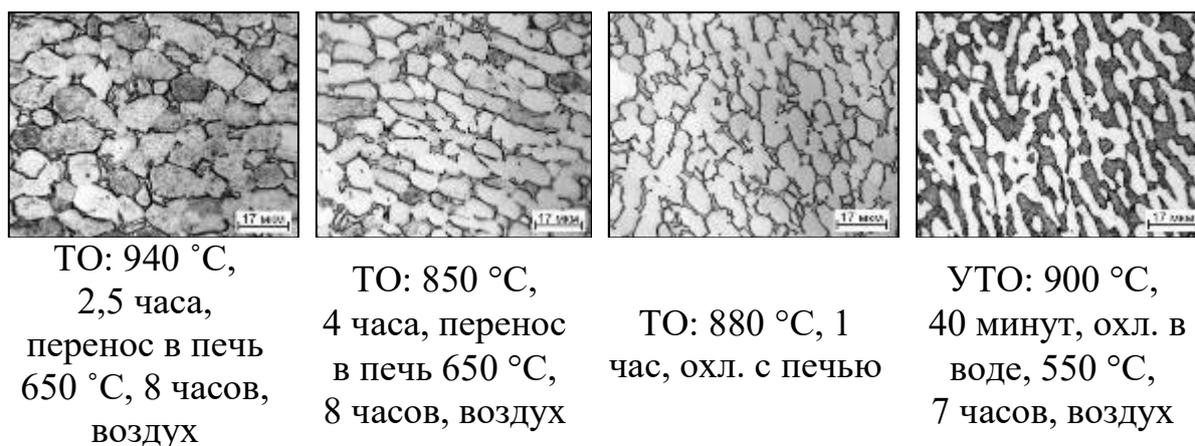


Рис. 2. Влияние термической обработки на структуру сплава ВСТ2К на примере Состава 1.

Структура, сформированная при термической обработке, определяет твердость образцов, которая увеличивается с уменьшением размера частиц. Твердость образцов после отжигов 1, 2 и 3 составила, соответственно 31, 32 и 35 единиц HRC, а после упрочняющей термической обработки – 39 единиц HRC для Состава 1.

Для Состава 3: 32, 33, 36 HRC после Отжигов соответственно, 42 ед HRC после УТО.

Исследования термосиловых параметров при фрезеровании в режиме получистовой обработки Состава 1 сплава ВСТ2К с различной структурой и твердостью показали, что с увеличением твердости от 31 до 35 единиц HRC наблюдается снижение как усилия резания, так и температуры в зоне резания. Увеличение твердости в результате УТО приводит к некоторому увеличению температуры в зоне фрезерования, но при этом усилие резания остается неизменным. Подобные зависимости наблюдаются и в случае Состава 3. Результаты исследования представлены на рис. 3.

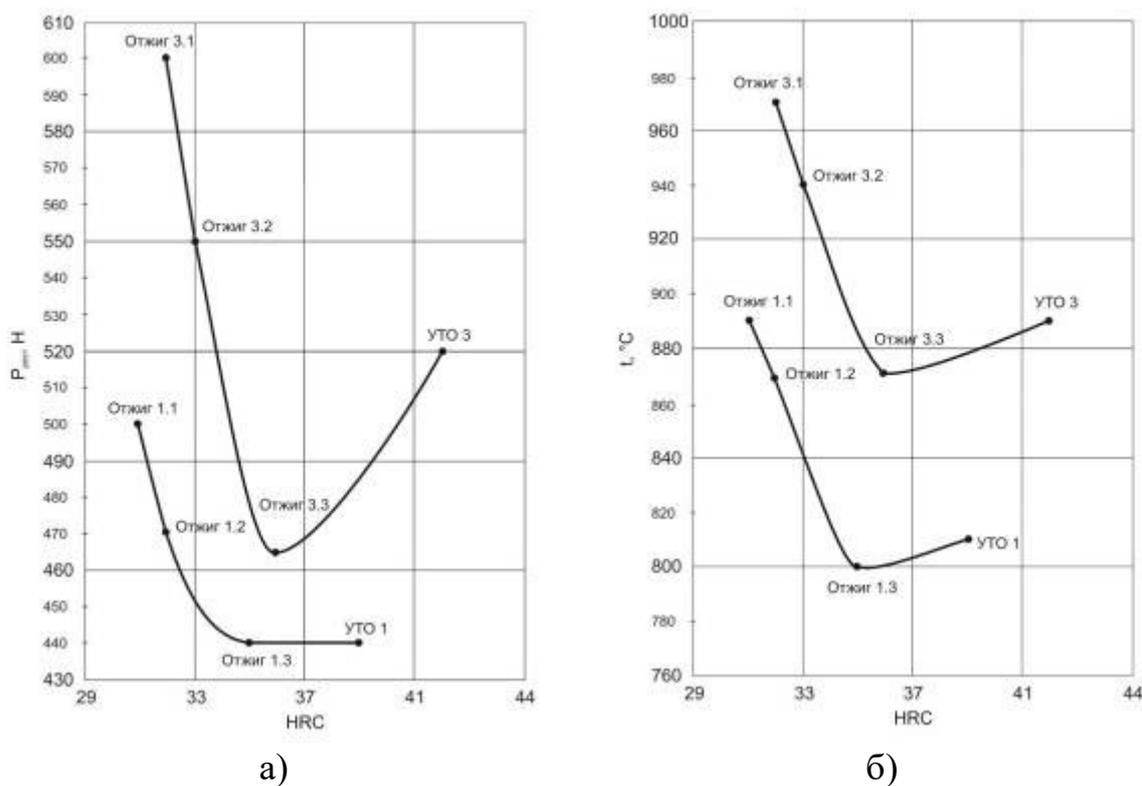


Рис. 3. Влияние твердости на усилие (а) и температуру (б) резания Состава 1 и Состава 3 сплава ВСТ2К при полуступчатой обработке после различных режимов термической обработки

Разработаны режимы отжига, обеспечивающие оптимальные термосиловые параметры резания для сплава ВСТ2К с разным содержанием β -стабилизаторов.

Установлено, что фрезерование сплавов с высоким [Mo]экв целесообразно проводить в отожженном состоянии. Обрабатывать же резанием составы с низким [Mo]экв возможно как в отожженном состоянии, так и после упрочняющей термообработки.

Работа выполнена в рамках государственного задания высшим учебным заведениям в части проведения научно-исследовательских работ по теме № 2895.14.