

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ $\alpha+\beta$ - ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Водолазский Ф.В., Гадеев Д.В., Демаков С.Л., Выгузова М.А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург,
f.v.vodolazskiy@ustu.ru, d.v.gadeev@ustu.ru

Одной из ключевых задач при получении полуфабрикатов из титановых сплавов является измельчение крупного исходного β -зерна. Эта задача решается с помощью методов термо- и термомеханической обработки. При этом ТО титановых сплавов может происходить как в $\alpha+\beta$ так и в β области, причем обработка в β области для большинства сплавов нежелательна из-за роста исходных β зерен при рекристаллизации. Чаще всего используют термическую обработку в $\alpha+\beta$ -области, так как при этой обработке в структуре имеется некоторое количество α -фазы, которая сдерживает рост зерен.

Термической обработке в $\alpha+\beta$ области обычно подвергают все классы титановых сплавов, за исключением сплавов псевдо- β класса. Сплавы псевдо- β класса имеют пониженные значения $T_{\text{пп}}$ и поэтому термообработка в $\alpha+\beta$ области для них как правило не проводится. У сплавов псевдо- α -класса даже при небольшом охлаждении ниже $T_{\text{пп}}$ происходит резкое увеличение количества α -фазы и построение зависимости изменения α -фазы от температуры закалки не представляет большого интереса. Для сплавов $\alpha+\beta$ - мартенситного и переходного класса знание о том, какое количество α -фазы будет при той или иной температуре напротив будет ключевым и являться критерием технологичности сплавов.

Наиболее часто используемой температурой обработки титановых сплавов является температура $T_{\text{пп}} - 40$. Выбор данной температуры обусловлен тем, что при ней сплав гарантировано находится в $\alpha+\beta$ области и даже в случае локальных перегревов велика вероятность того, что в структуре останется некоторое количество α -фазы, которая будет препятствовать протеканию процесса рекристаллизации.

Параметром который оценивает влияние химического состава на фазовый состав сплава коэффициент β -стабилизации K_{β} , который учитывает влияние β -стабилизаторов. Для оценки влияния коэффициента K_{β} на количество α -фазы при температуре $T_{\text{пп}} - 40$ °С был проведен анализ данных, представленных в работах, монографиях и учебных пособиях по титановым сплавам. Методика работы была выбрана следующая: рассматривался сплав с известным химическим составом, для которого было известно зависимость изменения фазового состава от температуры.

Производился расчет коэффициента K_β по данным химических составов, приведенных в работах.

Далее из полученных данных производился расчет: какое количество α -фазы присутствует при температуре $T_{\text{шт}} - 40$ °С, это количество обозначалось $\% \alpha^*$.

Полученные данные наносились на зависимость $\% \alpha$ от коэффициента β - стабилизации сплава K_β , рис. 1.

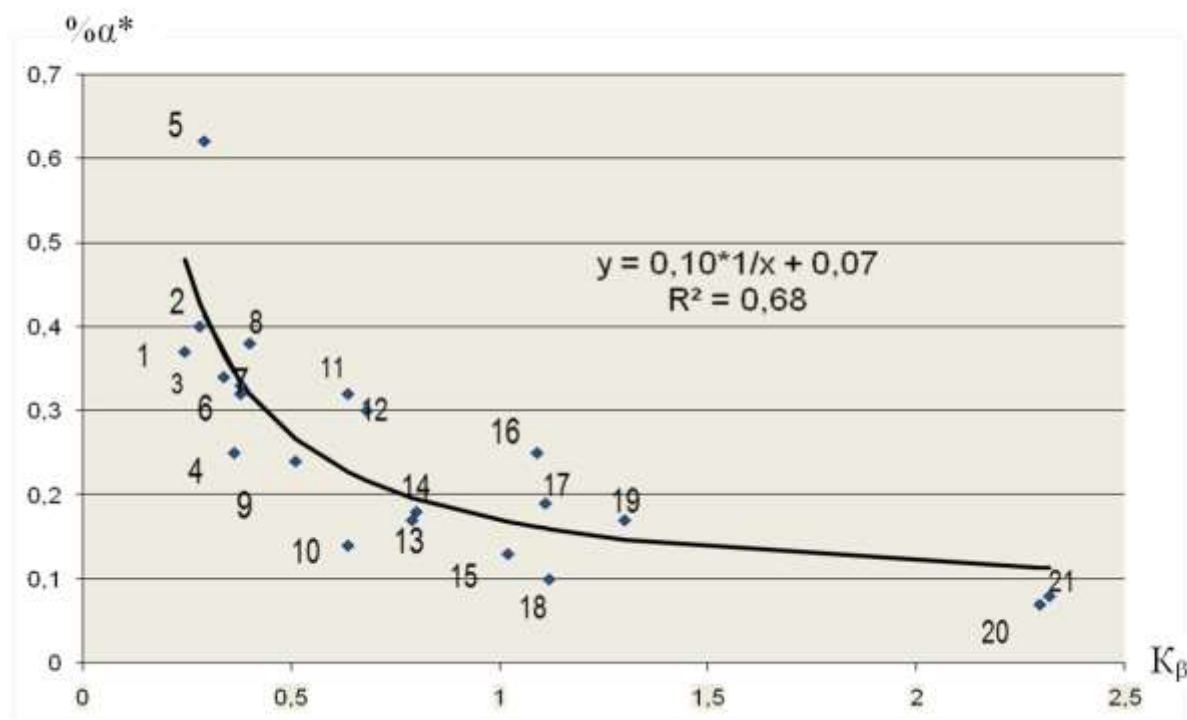


Рис. 1 Зависимость процентного содержания α -фазы при температуре $T_{\text{шт}} - 40$ ($\% \alpha^*$) от коэффициента β -стабилизации K_β , цифры у точек обозначают сплавы:

1	Ti-6Al-7Nb	12	BT16
2	BT6	13	BT16
3	BT14	14	BT23
4	Ti-4Al-4Mo	15	Ti-10-2-3
5	Ti-6Al-4V	16	BT22
6	BT8m	17	BT22
7	BT14	18	BT22
8	Ti-5Al-2,5Fe	19	VST5553
9	BT 3-1	20	BT15
10	BT16	21	BT15
11	Ti-2,5Al-7Mo		

На графике зависимость $\% \alpha^*$ от K_β явно прослеживается функциональная связь. С помощью методов функциональной

аппроксимизации было получено, что функция имеет вид $\% \alpha^* = A/K_\beta + B$ с коэффициентом детерминации R^2 равным 0,68, что означает, что коэффициент корреляции равен 0,82, что говорит о сильной функциональной зависимости между переменными K_β и $\% \alpha^*$. Оценка критерия согласия Фишера также установила наличие сильной функциональной связи $F_T/F_P = 1,28$ (при $p = 0,9$).

Приведенный вид функциональной зависимости не является окончательным. Возможен еще вариант, $\% \alpha^* = 0,16/(K_\beta^{0,75})$. Коэффициентом детерминации R^2 выше и равен 0,77; коэффициент корреляции R равен 0,88; $F_T/F_P = 1,88$ (при $p = 0,9$).

Коэффициент A перед K_β равен 0,1, физический смысл этого коэффициента можно объяснить так: коэффициент показывает насколько сильно количество α - фазы меняется при изменении коэффициента K_β . Физический смысл коэффициента B можно интерпретировать как процентное содержание $\% \alpha^*$ в сплаве при температуре $T_{\text{мн}} - 40$ в сплаве с коэффициентом стабилизации $K_\beta = 1$. Таким образом, в сплаве с коэффициентом β - стабилизации K_β равном 1 будет содержаться 17% α - фазы.

Очевидно, что на исследуемый параметр $\% \alpha^*$ так же оказывают влияние α - стабилизаторы. До этого оценивалось влияние только β - стабилизаторов. Оценить влияние α -стабилизаторов можно с помощью таких параметров как температура полиморфного превращения (на нее оказывают влияние α - и β - стабилизаторы) или алюминиевый эквивалент K_α . Однако в рамках данной работы не удалось подобрать такого параметра, учитывающего влияние α - стабилизаторов, который бы находился в сильной функциональной зависимости с параметром $\% \alpha^*$.

Приведенные функциональные зависимости между K_β и $\% \alpha^*$ могут использоваться как оценочные формулы, которые показывают какое количество α - фазы имеет сплав с фиксированным значением K_β при той или иной температуре.