

УДК 669.179

А. В. Заводов*, С. А. Наприенко, П. Н. Медведев

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
г. Москва

*zavodovad@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕССЫ СТАРЕНИЯ СПЛАВА Ti-22Al-25Nb

В работе изучено влияние высокоскоростной горячей деформации интерметаллидного титанового сплава системы Ti-22Al-25Nb на процессы последующего старения с выделением пластинчатой O-фазы. Показано, что зарождение и рост интерметаллидной фазы Ti_2AlNb в деформированном материале происходит при большей температуре по сравнению с закаленным недеформированным состоянием. В рекристаллизованном зерне зарождение имеет гетерогенный характер от границ зерна.

Ключевые слова: Ti-22Al-25Nb, горячая деформация, динамическая осадка, интерметаллид титана, Ti_2AlNb , старение.

A. V. Zavodov, S. A. Naprienko, P. N. Medvedev

INFLUENCE OF HIGH-SPEED HOT DEFORMATION ON AGING PROCESSES OF Ti-22Al-25Nb ALLOY

The influence of high-speed hot deformation of intermetallic titanium alloy of Ti-22Al-25Nb system on the processes of subsequent aging is studied. It is shown that the formation and growth of the intermetallic phase Ti_2AlNb in the deformed material occurs at a higher temperature compared to quenched undeformed alloy. In a recrystallized grain the O-phase is nucleated heterogeneously from the grain boundaries.

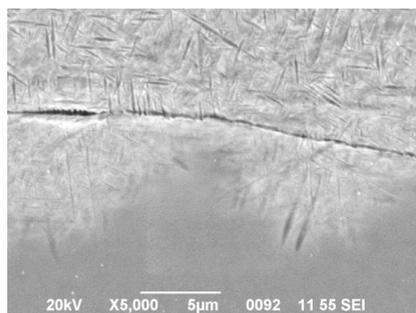
Key words: Ti-22Al-25Nb, hot deformation, dynamic compression, titanium intermetallic, Ti_2AlNb , aging.

В работе была проведена динамическая горячая осадка сплава ВТИ-4 системы Ti-22Al-25Nb с последующим старением. Осад-ка со скоростью $2,5 \text{ с}^{-1}$ проводилась при температуре $1010 \text{ }^\circ\text{C}$, соответствующей двухфазному состоянию $\beta/\text{B2}+\alpha_2$, при котором α_2 -фаза присутствует только в виде глобулярных выделений, а пластинчатая — отсутствует. Относительная деформация составила 30 % и 70 %. Для предотвращения старения в процессе охлаждения после осадки образцы закаливали в холодную воду. Для изучения характера зарождения фазы в процессе охлаждения часть образцов остужали с печью. Закаленные образцы подвергались старению при $550 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 мин, 1,5 и 4,5 часов.

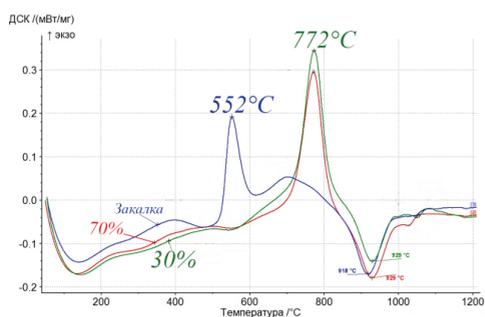
Обнаружено, что в процессе охлаждения с печью после осадки образуются рекристаллизованные зерна. В объеме деформированного β -зерна выделяется O-фаза, в то время как в рекристаллизованных зернах интерметаллидная O-фаза практически отсутствует (рис., а). Ввиду повышенной плотности кристаллических дефектов деформированного β -зерна диффузия в нем идет быстрее, что приводит к скорейшему выделению интерметаллидной фазы. Зерно, рекристаллизованное после интенсивной деформации, обладает меньшей энергией ввиду малой плотности дислокаций. Это приводит к нехватке энергии для зарождения интерметаллидной O-фазы в рекристаллизованном β -зерне в процессе медленного охлаждения после деформации.

Однако результаты ДСК-анализа (рис., б) показали, что в закаленном при $1010 \text{ }^\circ\text{C}$ недеформированном материале выделение O-фазы происходит на $220 \text{ }^\circ\text{C}$ ниже по сравнению с деформированным состоянием. Снижение температуры выделения O-фазы происходит за счет высокой неравновесной концентрации вакансий после закалки. Вакансии в закаленном состоянии значительно сильнее ускоряют диффузию по сравнению с дислокациями, сформированными в процессе осадки. Стоит также отметить, что во время осадки имеет место динамический возврат, снижающий плотность дислокаций и концентрацию вакансий. Этим объясняется меньшая диффузионная подвижность в материале после динамической горячей осадки.

В докладе также показано влияние времени старения на размеры и распределение O-фазы после различных степеней деформации.



a



б

Рис. Эффект смещения температуры выделения О-фазы:

a — граница между деформированным и рекристаллизованным зерном;
б — ДСК-кривые (левый пик выделения О-фазы — закалка без деформации)

Работа была выполнена в рамках проекта РФИИ «Исследование фазовых превращений в жаропрочном титановом интерметаллидном сплаве в условиях динамического нагружения при повышенных температурах» (№ 18–33–00189 «мол_а»).