

ТРАНСФОРМАЦИЯ УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР В СПЛАВЕ НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА Ti_2AlNb ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Хаджиева О.Г., Петрова К.И.

Руководитель – доцент, к.т.н. Илларионов А.Г.

ФГАОУ ВПО УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,
г. Екатеринбург
illarionovag@mail.ru

Жаропрочные сплавы на основе интерметаллида Ti_2AlNb (O-фазы) широко используются в авиакосмической технике. К настоящему времени разработаны режимы термической и термомеханической обработки, позволяющие управлять фазовым составом, структурой и свойствами этих сплавов. Однако, вопросы, связанные трансформацией структуры при фазовых превращениях, изучены недостаточно полно. В настоящей работе представлены результаты исследования влияния старения на $\alpha_2 \rightarrow O$ -превращение в сплаве на основе Ti_2AlNb . Материалом исследования служили цилиндрические полуфабрикаты диаметром 20 мм из сплава Ti-24,3Al-24,8 Nb-1,0 Zr-1,4 V-0,6 Mo-0,3 Si (ат.%). Термическая обработка включала в себя закалку от 900 °C и последующее старение при 700 °C. Выбранная температура старения соответствует температурному интервалу эксплуатации этой группы сплавов.

После закалки в структуре сплава наблюдаются пластинчатые выделения α_2 - и O- фаз, равномерно распределенные по всему объему β -твердого раствора. В ходе старения наблюдается выделение большого количества вторичных пластин O- фазы, имеющих широкий спектр ориентировок. Небольшие участки непревращенной β - фазы также сохраняются. Кроме того, формируется особый тип взаимного расположения выделений O-фазы: наблюдаются зигзагообразные ансамбли ее пластин. Согласно теоретической работе [1], одним из путей уменьшения полей напряжений в исходной фазе является образование ансамблей закономерно расположенных кристаллов новой фазы. Для подобного рода ансамблей пластин применяется термин «фермообразные» группы (фермы), одной из форм таких ансамблей может быть зигзагообразная, которая и наблюдаются в исследуемом сплаве. На рисунке 1 приведена тонкая структура исследуемого сплава. Количество ферм вторичных пластин O- фазы достаточно велико, при этом, выделяясь, они взаимодействуют с крупными пластинами α_2 - фазы, приводя к изменению внутренней структуры последних. На рисунке 1 видно, что в теле крупной α_2 - пластины присутствуют расположенные через равные расстояния выделения, муаровый контраст на которых говорит о том, что это, скорее всего, тонкие пластинки.

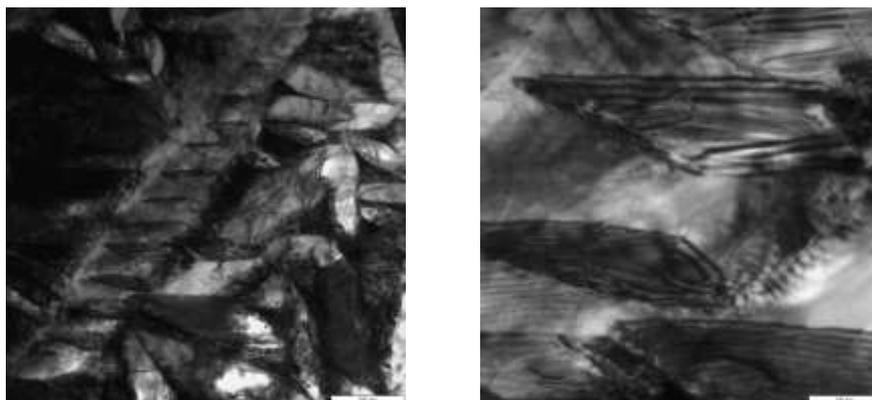


Рисунок 1. Тонкая структура сплава после старения (разные увеличения)

Расшифровка микроэлектронограммы, полученной с участка α_2 -фазы в исследуемом сплаве (рисунок 2), показала, что наблюдаемые пластинки имеют двойниковую ориентацию, и являются микродвойниками α_2 - фазы.

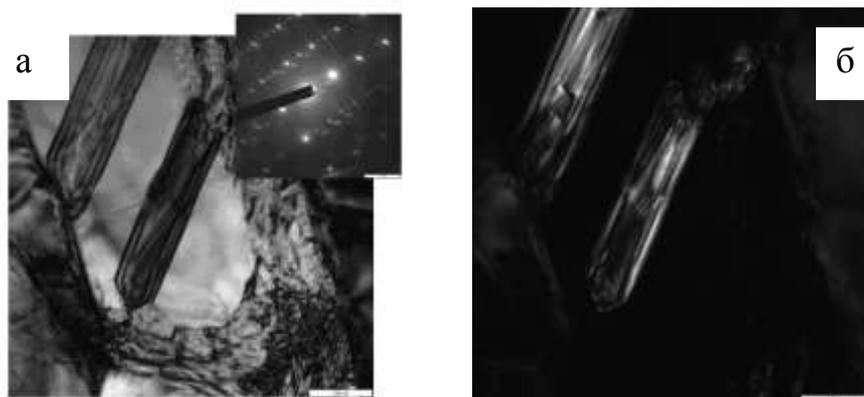


Рисунок 2. а - светлое поле; б – темное поле в свете рефлекса $[201]\alpha_2$

В работах [2, 3] отмечается, что ведущую роль при $\alpha_2 \rightarrow O$ -превращении играет диффузия ниобия, в результате чего обедненные ниобием области остаются α_2 - фазой, а обогащенные трансформируются в O- фазу. Что касается формирования структуры в исследуемом сплаве при старении, то имеющиеся данные позволяют предположить, что на начальных этапах $\alpha_2 \rightarrow O$ - превращения движущей силой также является диффузия атомов ниобия, на скорость которой влияет большое число тонких пластинок в теле α_2 - пластин, образовавшихся вследствие взаимодействия с фермами вторичных пластин O- фазы. Вероятно, вследствие диффузии в некоторых из этих пластинок концентрация ниобия увеличивается и достигает величины, достаточной для образования зародыша O- фазы, после чего происходит его рост. Это подтверждают и

расчеты, приведенные в работе [1], где показано, что в случае образования новой фазы энергетически выгодным может оказаться образование так называемых «полисинтетических областей» внутри исходной пластины, представляющих собой конгломерат правильно чередующихся плоскопараллельных доменов. На рисунке 3а приведен участок α_2 -пластины на промежуточной стадии протекания $\alpha_2 \rightarrow O$ -превращения.

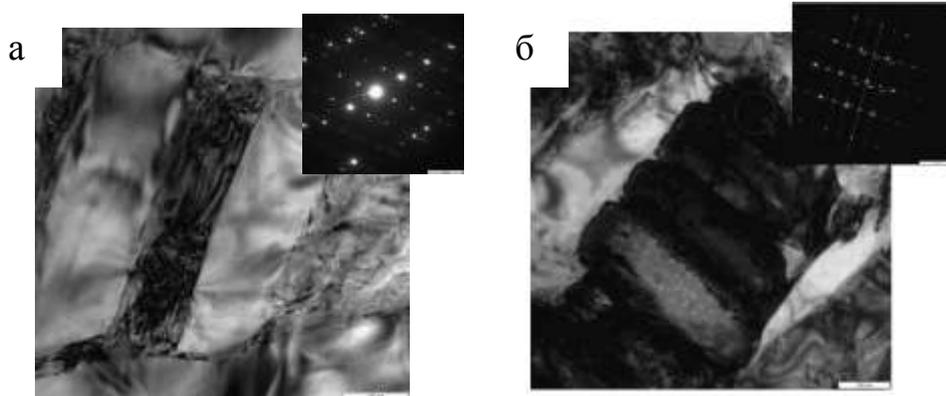


Рисунок 3. Тонкая структура сплава: а) на промежуточном этапе протекания $\alpha_2 \rightarrow O$ -превращения; б – на заключительном этапе

Тонкие пластинки внутри α_2 -пластины, показанные на рисунке 1, в результате диффузии оказались обогащены ниобием и произошла трансформация их решетки из ГПУ в орторомбическую. Дальнейшее протекание диффузии завершает $\alpha_2 \rightarrow O$ -превращение, в результате чего O-фаза становится равновесной, края ее пластин принимают округлую форму, напряжения релаксируют. На рисунке 3б приведена структура, сформировавшаяся на заключительном этапе $\alpha_2 \rightarrow O$ -превращения.

Таким образом, в ходе работы был исследован механизм $\alpha_2 \rightarrow O$ -превращения в сплаве на основе интерметаллида Ti_2AlNb при старении.

Список литературы:

1. Ройтбурд А.Л. Теория формирования гетерофазной структуры при фазовых превращениях в твердом состоянии // Успехи физических наук. 1974. Т. 113, вып. 1.
2. X. Pierron; M.De Graef; A. W. Thompson On the effect of hydrogen on the microstructure of α_2 -Ti3Al + Nb alloys // Philosophical Magazine A. 1998. V 77 № 6, pp. 1399 — 1421.
3. Ying Wu, De Zhuang Yang, Gui Ming Song The formation mechanism of the O phase in a Ti3Al-Nb alloy // Intermetallics 8 (2000), pp. 629-632.