

УДК 620.22

В. А. Пожого, О. Н. Гвоздева, А. А. Орлов

ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва

zeramful@gmail.com

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

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА НА ФОРМИРОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И СТРУКТУРУ ОПЫТНОГО ЖАРОПРОЧНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ Ti_3Al , ЛЕГИРОВАННОГО ВОДОРОДОМ

АННОТАЦИЯ

В работе проведен сравнительный анализ структуры, фазового состава и количественного соотношения β - и α_2 -фаз в зависимости от температуры нагрева для опытного сплава на основе Ti_3Al (Ti-14Al-3Nb-3V-0,5Zr), содержащего 0,006 и 0,44 масс.% водорода.

Ключевые слова: жаропрочный титановый сплав, интерметаллиды, алюминиды

ABSTRACT

In work we carried out the comparative analysis of structure, phase composition and quantitative ratio of β - and α_2 - phase depending on the heating temperature for the pilot Ti_3Al -based alloy (Ti-14Al-3Nb-3V-0.5Zr) containing 0.006 and 0.44 wt. % of hydrogen.

Keywords: high-temperature titanium alloy, intermetallic particles, aluminides

Особый интерес исследователей к сплавам на основе интерметаллида титана Ti_3Al связан с высокими показателями удельной жаропрочности и жаростойкости этих материалов. Они превосходят лучшие промышленные жаропрочные титановые сплавы, а также могут конкурировать со сталями при температурах до 700 °С. Однако эти сплавы имеют низкую технологичность при обработке давлением и недостаточную пластичность при нормальной температуре [1].

Обратимое легирование водородом может быть использовано для повышения технологической пластичности и создания регламентированной структуры для данного класса сплавов. Но для разработки режимов обработки вначале необходимо проведение дополнительных исследований по влиянию дополнительного легирования водородом на формирование структуры и фазового состава [2].

Для разработки режимов обработки материала необходимо определить температуру полиморфного превращения (Ac_3) опытного сплава Ti-14Al-3Nb-3V-0,5Zr.

Наиболее распространённым и легко реализуемым на практике методом определения данной температуры является метод пробных закалок.

На данном этапе работы были выбраны следующие температуры нагрева под закалку: 1160, 1140, 1120, 1110 и 1100 °С. Образцы выдерживали от 20 до 30 минут для завершения диффузионных процессов и затем охлаждали в воде. Фазовый состав и структуру закаленных образцов определяли с помощью металлографического и рентгеноструктурного анализа.

Исследования показали, что после закалки с температуры 1160 °С сплав является однофазным, и его структура представлена α'' -мартенситом, образующимся из β -фазы по бездиффузионному механизму.

Закалка с температуры 1140 °С приводит к формированию структуры, содержащей помимо α'' -мартенсита α_2 -фазу. Это говорит о непосредственной близости данной температуры к температуре A_{c3} .

Уменьшение температуры нагрева под закалку до 1120 °С и ниже вызывает постепенное увеличение в структуре доли α_2 -фазы и снижение доли α'' -мартенсита.

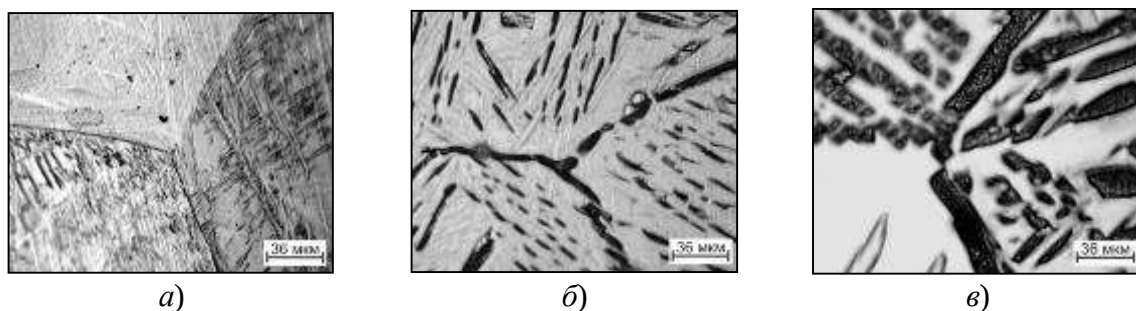


Рис. 1. Микроструктура сплава Ti–14Al–3Nb–3V–0,5Zr после закалки с различных температур: а) 1160 °С; б) 1140 °С; в) 1120 °С

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что температура полиморфного превращения опытного сплава Ti–14Al–3Nb–3V–0,5Zr соответствует 1150 °С.

На следующем этапе работы была определена температура полиморфного превращения заготовок опытного сплава Ti–14Al–3Nb–3V–0,5Zr, предварительно подвергнутых наводороживающему отжигу до 0,44 масс. % водорода.

Являясь эффективным β -стабилизатором, водород увеличивает объемную долю β -фазы в сплавах и понижает температуру полиморфного превращения (A_{c3}).

В данном сплаве были выбраны следующие температуры нагрева под закалку: 1090, 1070, 1050, 1030 и 1000 °С. Образцы выдерживали от 30 до 60 минут для завершения диффузионных процессов и затем охлаждали в воде.

Температура нагрева под закалку, равная 1090 °С, в сплаве с содержанием водорода 0,44 масс. %, формирует $(\alpha''+\beta)$ -структуру. При закалке заготовок с температуры 1070 °С фиксируется $(\alpha_2+\alpha''+\beta)$ -структура, а при понижении температуры нагрева под закалку от 1050 °С и ниже

формируется ($\alpha_2 + \beta$)-структура. Таким образом введение в сплав 0,44 масс. % водорода снижает температуру полиморфного превращения опытного сплава Ti-14Al-3Nb-3V-0,5Zr до 1080 °C.

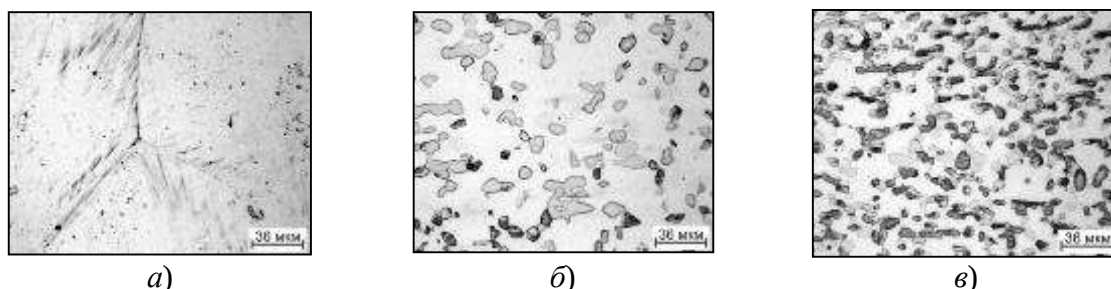


Рис. 2. Микроструктура сплава Ti-14Al-3Nb-3V-0,5Zr после закалки с различных температур: а) 1160 °C; б) 1140 °C; в) 1120 °C

Сравнение соотношения объемных долей α_2 и β фазы в сплаве с содержанием водорода 0,44 масс. % и без водорода показало, что количество β -фазы равной 50 % в сплаве без водорода достигается при температуре 1100 °C, а в наводороженном сплаве, такое же количество β -фазы достигается при температуре 1015 °C. Таким образом, проведенные исследования показали, что введение в опытный сплав Ti-14Al-3Nb-3V-0,5Zr 0,44 масс. % водорода позволяет проводить горячую деформацию при более низких температурах, чем для сплава без водорода.

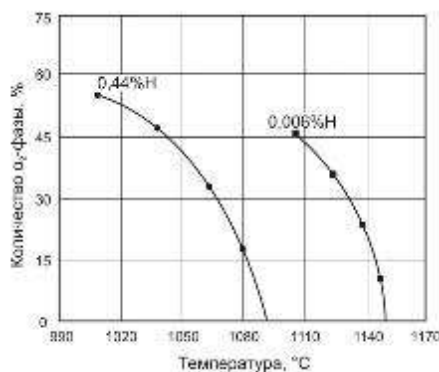


Рис. 3. Зависимость объемной доли α_2 -фазы сплава Ti-14Al-3Nb-3V-0,5Zr с разным содержанием водорода от температуры нагрева под закалку

На основании проведенных исследований были получены экспериментальные образцы листа толщиной 2,5 мм. Прокатку осуществляли при температуре 950 °C, что на 150–200 °C ниже, чем обычно используется для сплавов данного класса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колачёв Б. А., Титановые сплавы в конструкциях и производстве авиадвигателей и авиационно-космической технике / под. ред. А. Г. Братухина. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 416 с.
2. Водородная технология титановых сплавов / А. А. Ильин, Б. А. Колачёв, В. К. Носов, А. М. Мамонов; под общей редакцией А. А. Ильина. – М.: МИСИС. – 2002. – 392 с.