

ТВЕРДОФАЗНОЕ СОЕДИНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6 В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

Мухаметрахимов М. Х.

*Учреждение Российской академии наук, Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г.Уфа, Россия,
msia@mail.ru*

Введение

Развитие машиностроения и авиастроения, в частности, требует создания новых ресурсосберегающих, экологически безопасных технологических процессов, использующих прогрессивные материалы с высокими эксплуатационными свойствами. Сварка давлением относится к перспективным технологиям машиностроения, и ее эффективность может быть существенно повышена при использовании явления сверхпластичности [1]. Ускоренное формирование соединения в твердом состоянии с достижением уровня свойств основного материала обеспечивается при условии максимальной реализации в процессе деформационной обработки основного механизма сверхпластичности – зернограничного проскальзывания [2]. Появление наноструктурных материалов [3] повышает актуальность использования сварки давлением в сверхпластичном состоянии как одной из наиболее приемлемых технологий их обработки для достижения высоких механических свойств изделий, полученных твердофазным соединением двух или одновременно нескольких заготовок.

Материал и методика исследования

Материалом для исследования был выбран промышленный двухфазный титановый сплав ВТ6 системы Ti–Al–V стандартного химического состава по ГОСТ 19807-91. Объемные заготовки наноструктурированного сплава были получены методом интенсивной пластической деформации (ИПД), согласно известным режимам [3]. Средний размер зерен для сплава не превышал 0,16 мкм, что позволяло рассматривать это состояние как близкое к нанокристаллическому. Перевод сплава в наноструктурированное состояние приводит к уменьшению размера зерен и к увеличению суммарных протяженностей неравновесных границ, что обеспечивает значительную активизацию диффузионных процессов.

Соединение в состоянии сверхпластичности (СП) осуществляли сваркой давлением (осадкой установленных друг на друга цилиндрических образцов) в вакууме 2×10^{-3} Па на установке «АЛА-ТОО (тип ИМАШ 20-78)» в температурном интервале 600...800°C при скорости деформации $\dot{\epsilon} = 5 \times 10^{-4}$ с⁻¹. Часть образцов соединяли в специальной оснастке за счет термонатяга в вакуумной печи СНВЭ-1.3.1/16–ИЗ-УХЛЧ.1 при остаточном давлении воздуха 2×10^{-3} Па.

Качество соединения оценивали как по относительной объемной доле пор в поперечном сечении зоны соединения, так и по результатам механических испытаний.

Механические свойства исследуемого сплава определяли растяжением при комнатной температуре не менее 3-х образцов.

Структурное состояние сплава изучали с использованием просвечивающего электронного микроскопа JEM-2000 EX, а состояние поверхности - на сканирующем электронном микроскопе JSM-840. Средний размер зерен определяли методом секущих [4]. Для механических испытаний использовали универсальную машину фирмы «Инстрон» модели 1185.

Результаты и их обсуждение

Для изучения влияния вакуумного отжига получали образцы за счет термонатяга с фиксированной пористостью в зоне соединения, которые затем выдерживали в вакуумной печи СНВЭ-1.3.1/16–ИЗ–УХЛЧ.1 в течение различного времени (60, 180 и 300 мин.) при температурах от 650 до 800°С.

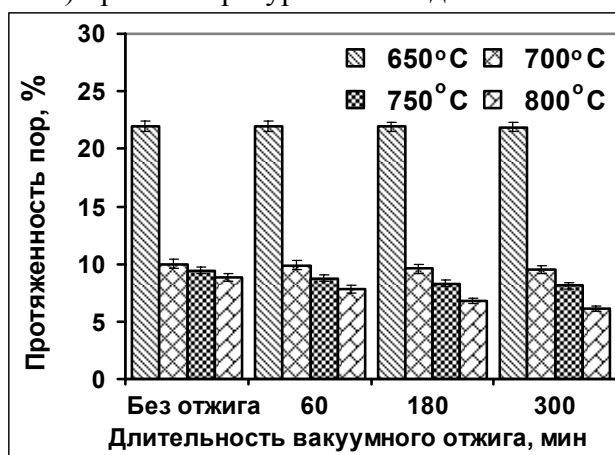


Рис. 1. Изменения протяженности пор в зависимости от времени вакуумного отжига наноструктурированного титанового сплава ВТ6

пературном интервале 800...700°С со степенью деформации в пределах 5% получили качественное твердофазное соединение (ТФС) (рис. 2 *а* и *б*). Металлографические исследования согласуются с результатами испытаний на прочность. С уменьшением влияния температурно-временного фактора возможно сохранить не только структуру, но и прочность наноструктурированного сплава ВТ6. При этом прочность сварных соединений при степени деформации 5% показала наиболее высокие значения, чем при 15% (рис. 3 *а* и *б*) [6].

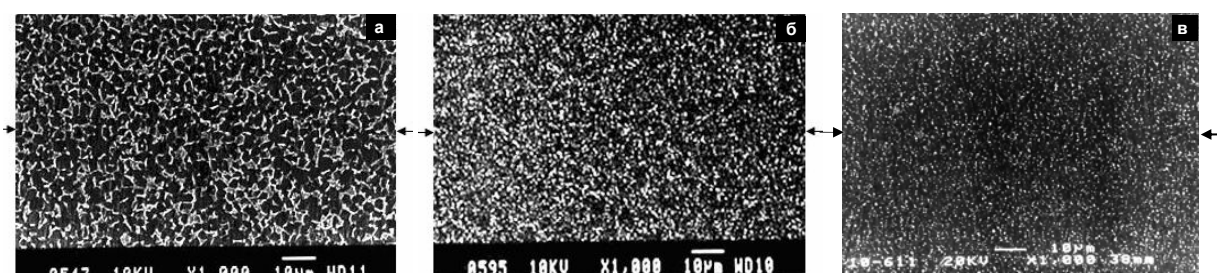


Рис. 2. Микроструктура зоны ТФС наноструктурированного сплава ВТ6 после сварки давлением: *а*) при 800°С; *б*) при 700°С и *в*) при 600°С

Металлографические исследования показали, что при 650°С и 600°С возможно получение ТФС без пор, однако соединяемые поверхности разделены тонким слоем оксидной пленки толщиной около 20 нм. Наличие оксидной пленки негативно сказывается на механических свойствах ТФС. Как показал структурный анализ, качество ТФС определяется величиной деформации при соединении заготовок (рис. 2 *в*). В этой связи сваркой давлением были получены образцы при различной степени деформации в зоне ТФС и выполнена оценка их механических свойств.

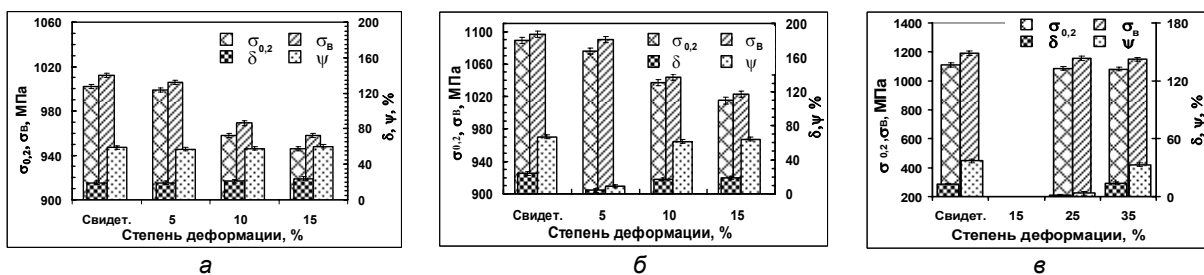


Рис. 3. Механические свойства наноструктурированного сплава ВТ6 после сварки давлением при температурах 800°С (а), 700°С (б) и 600°С (в)

Механические испытания показали, что с увеличением степени деформации при соединении заготовок пористость заметно уменьшается и увеличивается прочность соединенных образцов.

Как показали эксперименты, в образцах, соединенных при температуре 650°С, оксидные пленки и поры отсутствуют уже после деформации $\epsilon=25\%$, а при снижении температуры до 600°С требуемая степень деформации для достижения качественного ТФС возрастает до $\epsilon = 35\%$. Механические свойства сваренных заготовок при комнатной температуре соответствуют свойствам основного материала (рис. 3 в) [7].

Из проведенных исследований следует, что количество пор и их распределение в зоне соединения двухфазного титанового сплава ВТ6 зависит от структурного состояния материала.

Таким образом, результаты базовых экспериментов по твердофазному соединению заготовок наноструктурированного сплава ВТ6 в условиях проявления низкотемпературной СП привели к улучшению свариваемости сплавов давлением, сопровождающемуся повышением качества сварного соединения.

Список литературы

1. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов. М.: Металлургия, 1984, 264 с.
2. Лутфуллин Р.Я. Сверхпластическая деформация – основа для разработки структурно – структурно-контролируемых технологических процессов соединения материалов в твердом состоянии. Труды Международной научной конференции «Современное состояние теории и практики сверхпластичности материалов», Уфа, 2000, с. 67-74.
3. Кайбышев О.А., Салищев Г.А., Галеев Р.М. и др. Способ обработки титановых сплавов. Патент Российской Федерации №2134308.
4. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. М.: Металлургия, 1976, 271 с.
5. Мухаметрахимов М.Х., Лутфуллин Р.Я. Влияние деформации и отжига на соединение в твердой фазе наноструктурного титанового сплава ВТ6 // XXVIII Российская школа по проблемам науки и технологий, г. Миасс, 2008.
6. Мухаметрахимов М.Х., Лутфуллин Р.Я. Формирование твердофазного соединения наноструктурированного титанового сплава ВТ6 // 47 Международная конференция «Актуальные проблемы прочности» Материалы конференции. Часть 2.- Н. Новгород. 2008-390 с.
7. Мухаметрахимов М.Х. Микроструктурные изменения и механические свойства твердофазного соединения титанового сплава ВТ6 в условиях низкотемпературной сверхпластичности. В кн.: Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов обработки металлов давлением, СПб., 2009, с. 117- 120.