

УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗ НАНОСТРУКТУРНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6, ПОЛУЧЕННЫХ ТЕРМОКОМПРЕССИОННОЙ СВАРКОЙ

Мухаметрахимов М. Х., Лутфуллин Р. Я.

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

Введение

Известно [1,2], что сваркой давлением возможно получение твердофазного соединения (ТФС) с высокими механическими свойствами, приближенными к свойствам основного металла. Сварка давлением титановых сплавов при небольшой макропластической деформации ведет к пониженной ударной вязкости ТФС при отсутствии в зоне соединения оптически видимых дефектов типа микропор [3]. В этой связи провели исследование строения изломов сварных образцов с различной стадией формирования твердофазного соединения [4], а также монолитных образцов из титанового сплава ВТ6.

Материал и методика исследования

Материалом для исследования был выбран двухфазный титановый сплав ВТ6. Исходные заготовки сплава имели микрокристаллическую (МК) структуру со средним размером зерен 3 мкм (рис. 1а). В результате всесторонней изотермическойковки указанных заготовок при пониженных температурах в них была сформирована наноструктура со средним размером зерен около 0,2 мкм [5] (рис. 1б).

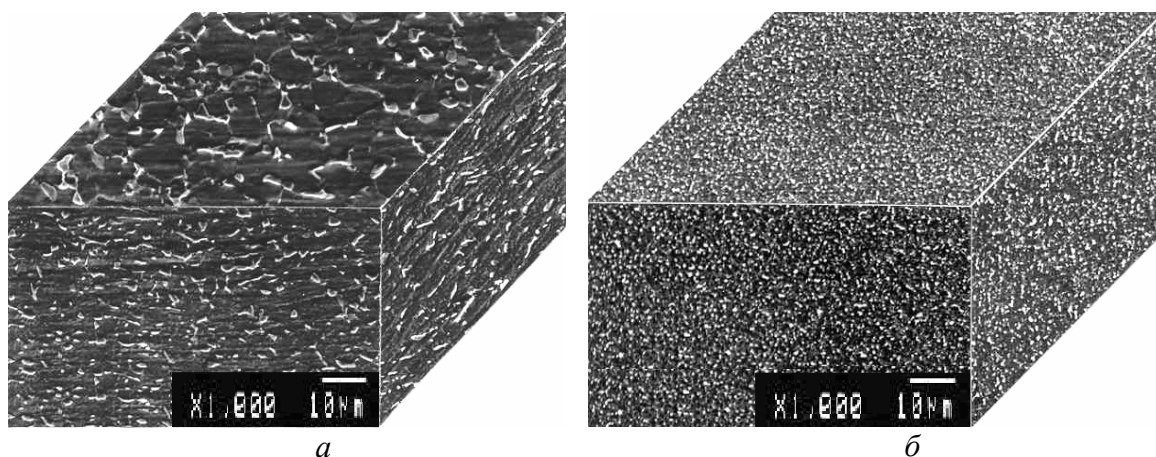


Рис.1. Исходная микроструктура сплава ВТ6: а) МК; б) НС

Сварку давлением осуществляли в вакуумной печи СНВЭ-1.3.1/16–ИЗ–УХЛЧ.1 при остаточном давлении $2,0 \times 10^{-3}$ Па с использованием специальной оснастки, обеспечивающей реализацию эффекта «термонатяга».

Для получения твердофазных соединений с различным уровнем ударной вязкости сваривали наноструктурные (НС) заготовки из титанового сплава ВТ6 в температурном интервале 600...850°C. Испытания на ударный изгиб осуществляли на маятниковом копре RPSW 150/300 фирмы «SCHENCK TREBEL». Из сварных заготовок готовили образцы Менаже с расположением линии надреза по линии соединения. Испытания на ударный изгиб, как общеизвестно, наиболее объективно выявляют качество ТФС. Для

сравнительной оценки свойств испытывали на ударный изгиб и монолитные образцы-свидетели, которые подвергали тем же условиям деформационно-термической обработки, что и сварные образцы.

Результаты и их обсуждение

Электронно-фрактографический анализ показал, что после термокомпрессионной сварки (ТКС) при температуре 600°C поверхность разрушения образцов остается плоской с ярко выраженными следами рельефа от механической обработки, указывающими на незавершенность процесса формирования ТФС. Их ударная вязкость составила $0,02 \text{ МДж/м}^2$, что по техническим условиям ($KCU = 0,2 \text{ МДж/м}^2$) ниже свойств, установленных для титанового сплава ВТ6. С увеличением температуры ТКС до 650°C изломы по зоне ТФС характеризуются ямочным видом поверхности разрушения и значительной неоднородностью в распределения ямок (рис. 2а).

После ТКС при температуре 700°C в изломе соединенных образцов четко выявляются центры активного адгезионного схватывания. При дальнейшем повышении температуры ТКС достигается качественное соединение (рис. 2б) с показателем ударной вязкости, близкой к уровню основного металла.

Таким образом, увеличение температуры ТКС с 600 до 800°C повышает ударную вязкость соединенных образцов НС титанового сплава ВТ6. Ударная вязкость при этом возрастает до значений ударной вязкости исходного материала ($0,35 \text{ МДж/м}^2$).

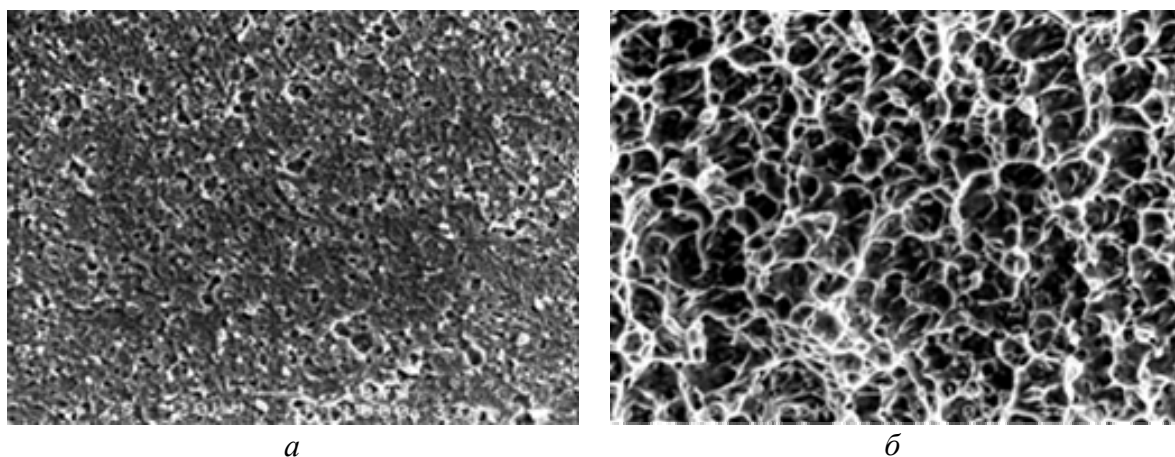


Рис. 2. Фрактограммы поверхности разрушения соединенных ТКС образцов НС сплава ВТ6 при 650°C (а) и 800°C (б) после испытаний на ударный изгиб

Для сравнительных исследований заготовки с МК структурой соединяли ТКС в температурном интервале $650...900^{\circ}\text{C}$. Испытаниями на ударный изгиб выявлено, что после ТКС при 650°C в зоне ТФС присутствует неполностью растворенная оксидная пленка и видны участки адгезионного схватывания по зернам β -фазы. Это согласуется с наблюдаемой картиной разрушения сварных соединений (рис. 3а).

Увеличение температуры ТКС до 750°C приводит к формированию в зоне соединения отдельных очагов взаимодействия между соединяемыми поверхностями. И только с повышением температуры ТКС до $850-900^{\circ}\text{C}$ происходит формирование полноценного соединения. Разрушение соединения происходит по механизму возникновения, роста и слияния микропустот, что приводит к вязкому чашечному излому (рис. 3б).

На рис. 4. показано изменение ударной вязкости соединений сплава ВТ6 в зависимости от температуры ТКС.

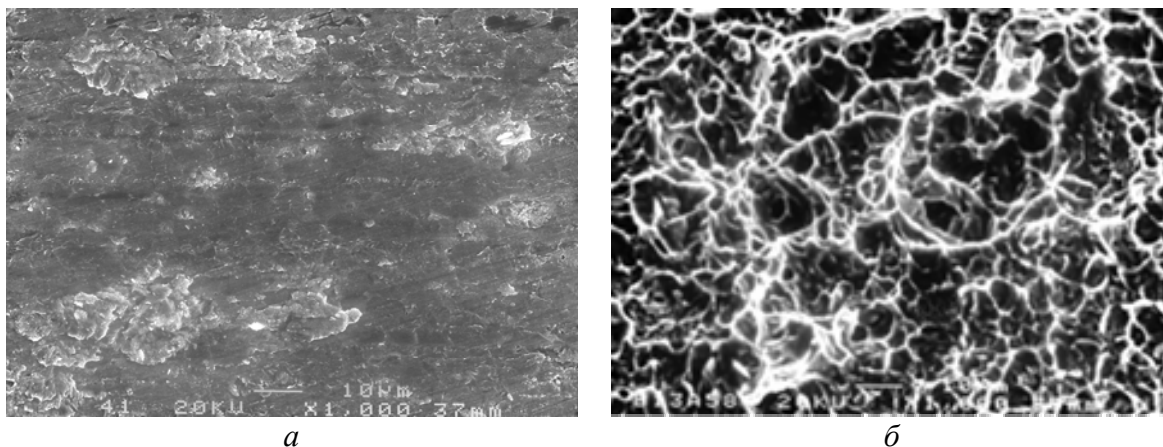


Рис. 3. Фрактограммы поверхности разрушения соединенных ТКС образцов МК сплава ВТ6 при 650°C (а) и 900°C (б) после испытаний на ударный изгиб

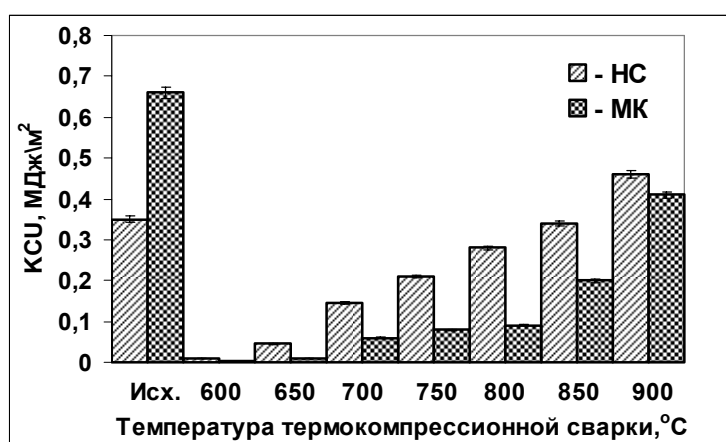


Рис. 4. Ударная вязкость соединенных ТКС образцов из НС и МК титанового сплава ВТ6.

Таким образом, проведенные исследования выявили четкую взаимосвязь между величиной ударной вязкости и строением излома в зоне соединения титанового сплава ВТ6 с различной исходной структурой.

Список литературы

1. Kaibyshev O.A., Lutfullin R. Ya., Berdin V.K. The effect of superplasticity on the solid state weldability of the titanium alloy Ti-4, 5Al-3Mo-1V // Acta metallurgica. 1994. V.42. P.2609.
2. Гельман, А. С. Основы сварки давлением – М.: Машиностроение, 1970. – 312 с.
3. Гельман, А. А. Оптимальные параметры диффузионной сварки титановых сплавов различного фазового состава // Автоматическая сварка. – 1977. № 4. С. 53-58.
4. Мухаметрахимов М.Х., Лутфуллин Р.Я. Прочность твердофазного соединения наноструктурированного титанового сплава ВТ6 // Материалы V международной научной конференции «Прочность и разрушение материалов и конструкций», Оренбург, 2008. Т.1. С. 270-274.
5. Кайбышев О.А., Салищев Г.А., Галеев Р.М. и др. Способ обработки титановых сплавов. Патент Российской Федерации №2134308.