

**СТРУКТУРА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ТИТАНА,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ**

А.В. Чумаевский¹, А.А. Клопотов^{1,2}, С.Ф. Гнусов³

Научный руководитель: профессор, д.т.н., В.А. Клименов^{1,3}

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

²Томский государственный университет, Российская федерация, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

³ Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: tch7av@gmail.com

**STRUCTURE OF WELDED CONNECTION NANOSTRUCTURED TITANIUM OBTAINED BY
CONTACT WELDING**

A.V. Chumaevskii¹, A.A. Klopotov^{1,2}, S.F. Gnysov³

Supervisor: Prof., Dr., V.A. Klimenov^{1,3}

¹Tomsk state university of architecture and building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

²Tomsk state university, Russia, Tomsk, Lenina ave., 36, 634050

³ Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenina ave., 30, 634050

E-mail: tch7av@gmail.com

The paper presents the research of the weld structure of two Ti specimens of the type VT6 having nano- and submicrocrystalline structures. Electrical contact welding is used to obtain welds. The acicular structure is formed in the weld area. Two types of defects are detected, namely micropores and microcracks.

Введение

Широкое применение титана и его сплавов в аэрокосмической технике, ядерной энергетике других отраслях как функциональных материалов обусловлено сочетанием комплексом уникальных физико-механических свойств (высокая прочность и пластичность при малой плотности, коррозионная стойкость во многих агрессивных средах и других свойств). Новые перспективы открываются для высокопрочных сплавов на основе титана, обладающих необходимым комплексом функциональных свойств при формировании в этих материалах ультрамелкозернистой (УМЗ – субмикро- и/или нанокристаллической структуры) методами интенсивной пластической деформации. Особенностью субмикроструктурной микроstructures титана является присутствие большого числа экстинкционных контуров, свидетельствующие о высоком уровне внутренних напряжений, возникающих в образцах в результате интенсивной пластической деформации. Существуют различные методы получения ультрамелкозернистой структуры титановых сплавов [1-4]. Термическая стабильность в таком состоянии сплавов имеет верхнее пороговое значение. Так, например микроструктура прутков субмикроструктурного титана, полученных комбинированным методом абс-прессованием с последующей многоходовой прокаткой, термостабильна до температуры 350°C [5]. В этой связи актуальными являются работы, направленные на изучение изменения микроструктуры в области сварного шва ультрамелкозернистых титановых сплавов после применения различных видов сварки (лазерной, электроннолучевой, электроконтактной и др.). Кроме того, важными являются разработки технологий различными видами сварки по установлению влияния различных технологических факторов на прочность получаемых сварных соединений, особенно в условиях усталостного воздействия.

Целью данной работы являлось изучение изменения микроструктуры и характера распределения микротвердости в зоне шва при электроконтактной сварке нано- и субмикроструктурных образцов титанового сплава ВТ6.

Материал и методика эксперимента

Исследования макро- и микроструктуры зоны сварного шва (ЗСШ), зоны термического влияния (ЗТВ) и основного металла выполнены с помощью оптического микроскопа OlympusGX51 (снимки приведены на рис. 1), Распределения микротвердости по высоте и ширине швов — с помощью прибора МПТ-3М.

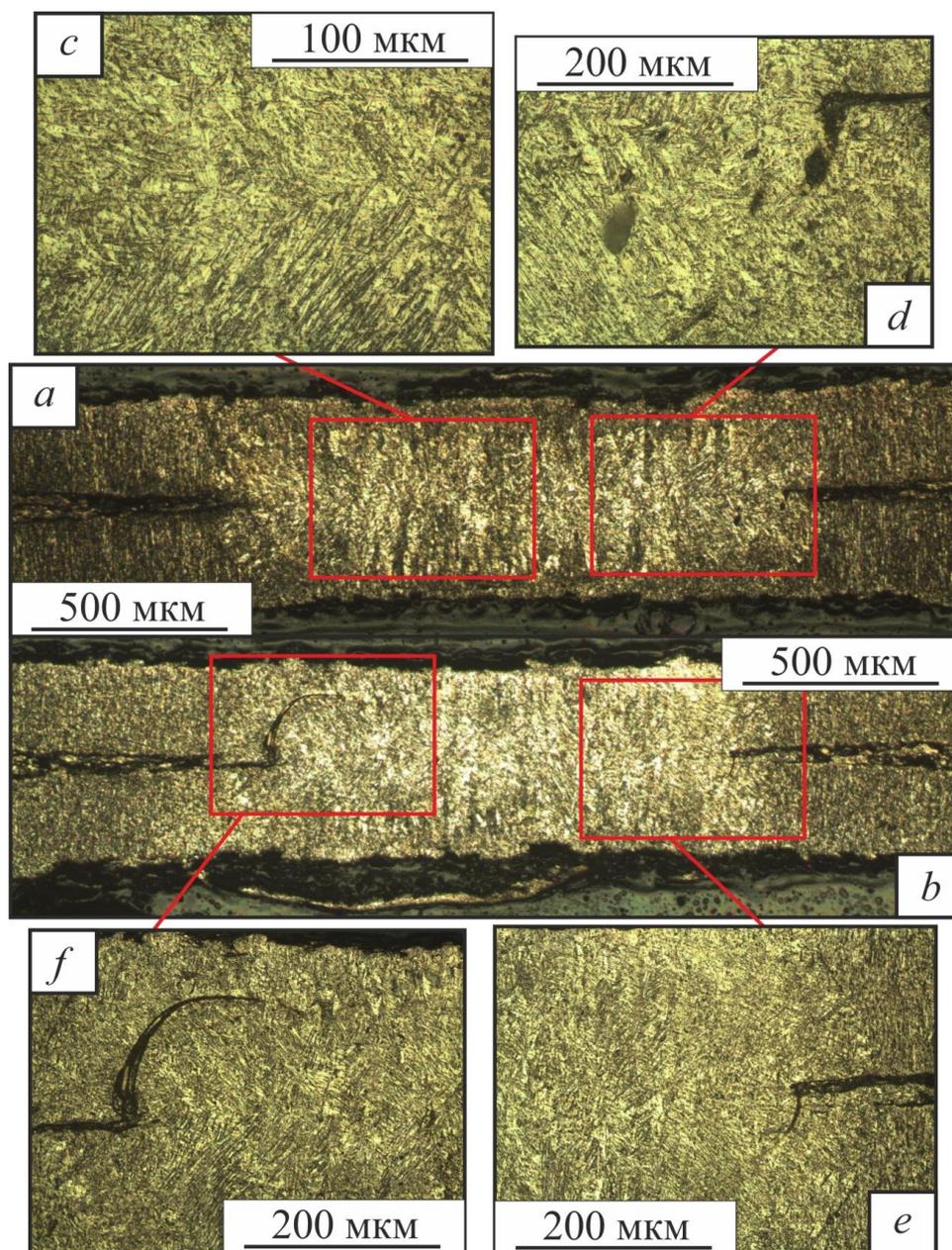


Рис. 1. Снимок поперечного сечения исследованных образцов (a,b), структура металла в центральной области (c), поры в зоне контакта (d), несплошности по краям контакта (f,e)

Ультрамелкозернистое состояние титанового сплава ВТ6 было получено при помощи интенсивной пластической деформации на универсальной испытательной машине INSTRON методом авс –

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

прессования в интервале температур $(0,40 \div 0,35) \times T_{пл}$ ($T_{пл}$ – температура плавления титана равна 1933 К) [1].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования структуры сварных соединений методом оптической металлографии показали, что исходная зеренная структура образцов в зоне сварки претерпевает значительные изменения (рис. 1, *a,b*). Структура металла в зоне сварки имеет игольчатое строение, что свидетельствует о быстром охлаждении и, в следствии, появлению закалочных эффектов (рис. 1, *c*).

По краям зоны сварки в ряде случаев наблюдаются дефекты, представленные на рис. 1, *d,e,f*. Дефекты разделяются на поры (рис. 1, *d*), и микротрещины (рис. 1, *f,e*) различного размера. Наличие дефектов предположительно связано с присутствием окислов на поверхностях пластин до сварки, в результате чего происходит не полное перемешивание в граничном слое материала пластин и образование микротрещин.

Также существенно важным является наличие на поверхностях пластин после электроэрозионной резки микрорельефа, который представлен мелкими раковинами, что обуславливает наличие пор внутри металла при сварке.

Заключение

Таким образом, в результате исследований структуры металла в зоне сварки образцов сплава ВТ6 в исходном наноструктурированном состоянии обнаружено существенное количество дефектов в приграничной области и неравномерность структуры в области сварки. Такое положение должно оказывать существенное влияние на разрушение сварного шва, что будет исследовано в ходе дальнейшей работы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке работ по проекту Министерства образования и науки Российской Федерации и государственного задания в сфере научной деятельности (проект №11.351.2014/К).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 198 с.
2. Толбанова Л.О. Методы получения наноматериалов. Курс лекций. - Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2010. - 79 с.
3. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства. – М.: Академкнига, 2007. - 398 с.
4. Витязь П.А., Солцев К.А. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий. – Минск: Беларус. Навука. – 2011. – 283 с.
5. Потеев А.И., Табаченко А.Н., Савостиков В.М. Дударев Е.Ф., Клименов В.А., и др. Моделирование процессов получения наноструктурированного состояния на титановых сплавах // Сборник трудов «Наноматериалы и технологии». Улан-Удэ: БГУ. – 2014. – С. 255-261.