

И. А. Грушин, А. А. Петров, К. А. Сперанский

МАТИ–Российский государственный технический университет
имени К. Э. Циолковского, г. Москва

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

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОПЫТНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА С РЗМ

АННОТАЦИЯ

В работе проведены исследования микроструктуры, фазового состава, твердости сварных соединений опытного титанового сплава с различным содержанием гадолиния.

Ключевые слова: титановый сплав, сварные соединения, структура.

ABSTRACT

In work researches of a microstructure, phase structure, firmness of welded connections of a skilled titanic alloy with various content of gadolinium are conducted.

Key words: titanic alloy, welded connections, structure.

Сварка опытного сплава с содержанием гадолиния от 0; 0,05; 0,2 масс. % осуществлялась на установке АДСВ-7 с источником питания ВСВУ 630 за один проход электронной дугой с силой тока 100А, напряжением на дуге 10В, скоростью прохода электрода над листом 6,8 м/час в защитной двухсторонней среде. Вид полученных образцов представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид образца из сплава Ti-6Al-4Zr-2Sn-Nb-0.6Mo после сварки

Проведено исследование макроструктуры сварного шва, которая представлена на рис. 2.

На образцах из сплавов Ti-6Al-4Zr-2Sn-Nb-0.6Mo и Ti-6Al-4Zr-2Sn-Nb-0.6Mo+0,2%Ga видна четко выраженная зеренная структура, в отличие от сплава с 0,05%Ga (рис. 2, б), что, по-видимому, обусловлено формированием более мелкой структуры. Для сплава не содержащего

гадолиния характерна разнотернистость (присутствие зерен, отличающихся по размеру в несколько раз) (рис. 2, а).

Была исследована микроструктура основного металла, зоны термического влияния и сварного шва образцов с различным содержанием гадолиния в исходном состоянии (т. е. после сварки) (рис. 3). Установлено, что микроструктура основного металла и зоны термического металла практически не отличается для сплавов с разным содержанием гадолиния, которая представлена α -твердым раствором и небольшим количеством частиц β -фазы. Структура сварного шва отличается по размеру исходного β -зерна: наименьший размер наблюдается в образце с 0,05% Gd. Внутриверенная структура представлена тонкими пластинками α -фазы, формирующимися в процессе охлаждения на воздухе (рис. 3). В исходном состоянии твердость всех трех зон практически не отличается и находится на высоком уровне 42–43 ед. HRC. Высокий уровень твердости сварного соединения обусловлен формированием в процессе охлаждения после сварки на воздухе дисперсной структуры основного металла – деформационным упрочнением, т. к. сварка производилась неотточенных листовых заготовок.

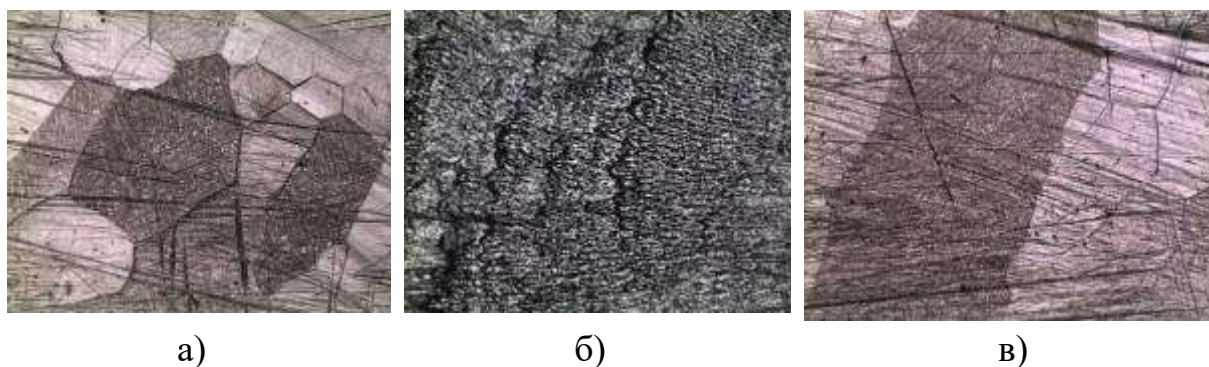


Рис. 2. Макроструктура образцов после сварки: а) Ti-6Al-4Zr-2Sn-Nb-0.6Mo; б) Ti-6Al-4Zr-2Sn-Nb-0,6Mo + 0,05%Ga; в) Ti-6Al-4Zr-2Sn-Nb-0,6Mo + 0,2%Ga ($\times 25$)

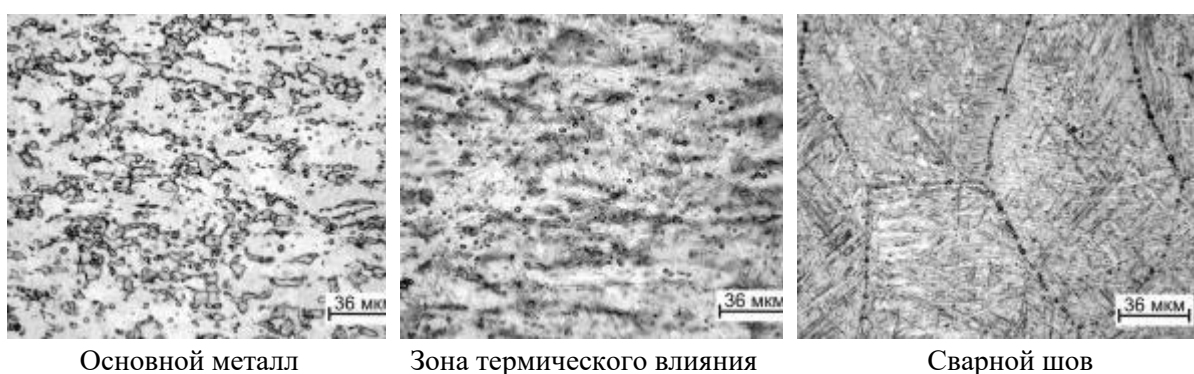


Рис. 3. Микроструктура основного металла, зоны термического влияния и сварного шва образцов из сплава Ti-6Al-4Zr-2Sn-Nb-0,6Mo + 0,05% масс. Gd после сварки

После сварки титановых сплавов всегда предполагается проведение отжига для снятия напряжений и преобразования структуры сварного соединения. Для отжига был выбран следующий режим: Нагрев до 900 °С с последующей выдержкой в течение 1 час, охлаждением с печью до 730 °С, выдержкой 1 час и охлаждением на воздухе. Опробование двухступенчатого режима отжига обусловлено тем, что испытания на жаростойкость должны проводиться при температуре 700 °С, а данный режим обеспечивает стабилизацию структуры при температурах ниже 730 °С . Кроме того, более медленное охлаждение с температуры 900 до 700 °С должно уменьшить формирующиеся в процессе охлаждения на воздухе термические напряжения и, следовательно, уменьшает вероятность коробления листов.

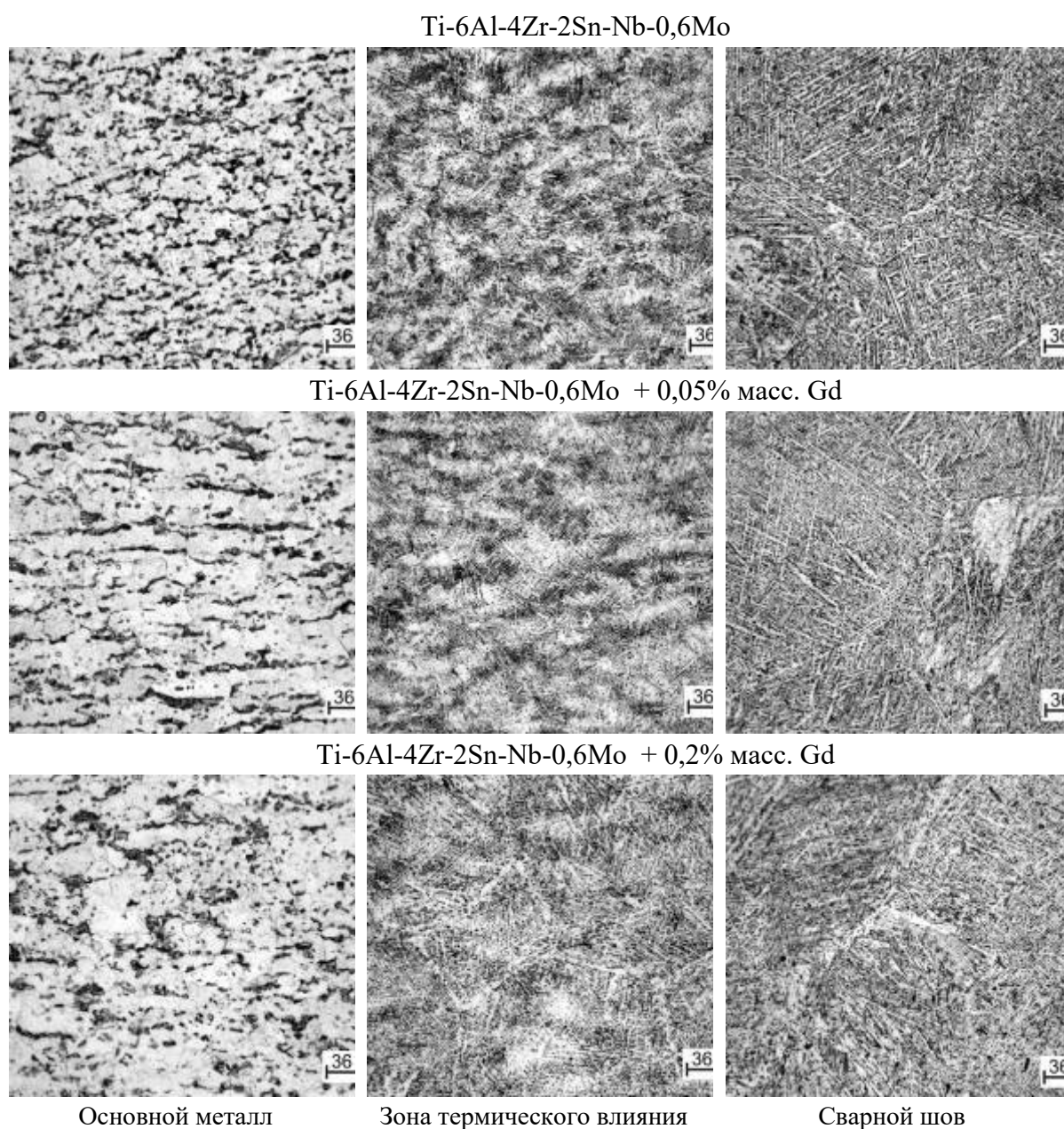


Рис. 4 Микроструктура образцов из сплавов с различным содержанием гадолиния после термической обработки

После проведения термической обработки наблюдаются видимые изменения в структуре зоны термического влияния не без существенного изменения твердости, наблюдается также после двухступенчатого отжига. В процессе медленного охлаждения с 900 до 730 °С наблюдается рост вторичных α -пластин, расположенных между первичными α -частицами. Внутренняя α -структура сварного соединения наследует пластинчатую морфологию α -фазы, сформировавшуюся в процессе охлаждения после сварки. Также медленного охлаждения с 900 до 730 °С приводит к незначительному увеличению как длины, так и толщины α -пластин, но существенного различия в структуре сварного соединения не наблюдается. Вследствие высокой дисперсности структуры существенных отличий в структуре сварного шва, в зависимости от содержания в сплаве гадолиния, обнаружено не было. Несмотря на снятие напряжений в процессе отжига, но за счет формирования дисперсной структуры уменьшение твердости в зоне сварного соединения не наблюдается.