

УДК 669.295

А. Е. Капустян¹, д-р техн. наук А. В. Овчинников¹, канд. техн. наук В. В. Павлов²¹ Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье² ГП «Государственный научно-исследовательский и проектный институт титана», ДП «Запорожский металлургический опытно-промышленный завод», г. Запорожье

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И СВАРКИ

Показана необходимость изготовления изделий из титана и его сплавов на Украине. Разработана интегрированная технология сварки прутковых полуфабрикатов из спеченных титановых сплавов. Проведены микроструктурные и фрактографические исследования, а также механические испытания полуфабрикатов. На основании проведенных экспериментов получены прутковые заготовки серийных размеров.

Ключевые слова: титан, порошковая металлургия, сварка, полуфабрикат, структура.

Введение

Прутковая заготовка является одним из основных полуфабрикатов для изготовления различных изделий из титана и его сплавов. Ее доля на рынке заготовок составляет более 50 %. Однако, основная часть прутковых заготовок из титана импортируется в Украину, что ставит страну в зависимость от внешних поставок полуфабрикатов из титана и его сплавов [1]. Это повышает актуальность исследований в направлении полуфабрикатов из титана по альтернативным технологиям.

Технологии получения материалов из металлических порошков уже достаточно долгое время находят широкое применение в технике [2]. Одной из основных технологий получения титановых сплавов без переплава титановой губки является порошковая металлургия (ПМ) [3]. Существенный недостаток ПМ – сложность получения заготовок больших размеров, в частности длинномерных заготовок. Технологии сварочного производства позволяют решить данную проблему путем получения монолитных соединений деталей небольших размеров. Для соединения заготовок в виде тел вращения также с технологической точки зрения одним из наиболее рациональных способов является сварка трением, обладающая рядом преимуществ перед сваркой плавлением [4].

Цель настоящей работы заключалась в определении свариваемости спеченного титана конвекционной сваркой трением.

Методика

В качестве исходного материала использовали промышленные порошки титана марки ПТ5 (ТУ 14-10-026-98) и гидрида титана производства ГП «Государственный научно-исследовательский и проектный институт титана», ГП «Запорожский металлургический опытно-промышленный завод». Заготовки для прутка изготавливали

методом порошковой металлургии, химический состав которых соответствовал сплаву ВТ1-0 (ГОСТ 19807-91). Формообразование заготовок Ж 40 мм, длиной 80 мм (рис.1) проводили путем прессования на гидравлическом прессе с давлением 700 МПа. Спекание проводили в вакуумной печи СНВЭ-1.3.1/16И₃ при температуре 1250±20 °С и давлении 13,3 Па в течение 3 ч, охлаждение с печью. Микроструктурные исследования осуществляли с использованием инвертированного микроскопа отраженного света «Observer.D1m». Механические испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84. Микротвердость образцов определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76 на приборе ПМТ-3 при нагрузке 50 г.

Результаты

Исследования структуры проведены на травленых шлифах, изготовленных в продольном сечении сварных образцов пористостью 5...7 %. Микроструктура прессованных полуфабрикатов представляла собой однофазный α-сплав с размерами зерен порядка 40...70 мкм и порами, по границам структурных составляющих, размерами 18...30 мкм (рис. 2, а).



Рис. 1. Сваренные заготовки, полученные на основе метода порошковой металлургии

Анализ макроструктуры сварных соединений позволил установить, что по границе соединения порошковых заготовок имеет место тонкая светлая полоса сварного шва шириной до 1 мм. В сварном шве видимых пор, просматривающихся в основном металле образцов, не обнаружено. С каждой стороны от шва в зоне термомеханического влияния (ЗТМВ) зерна α -сплава имели размер до 50 мкм; поры носили единственный характер, до 2 мкм с преимущественным расположением по границам α -пластин (рис. 2, б). Микроструктура шва представляла собой фрагменты зерен α -фазы, размерами до 7 мкм (рис. 2, в). Дефектов металлургического характера в сварном шве и ЗТМВ не обнаружено.



Рис. 2. Микроструктура сваренных заготовок из спеченного титана типа ВТ1-0: а – основной металл; б – ЗТМВ; в – сварной шов

При получении титановых сплавов методом ПМ поры являются неотъемлемой частью структуры. Однако их количество (5...7%) и размеры существенно не меняют характер разрушения сплава при статических нагрузках, что следует из анализа поверхности разрушения образцов для механических испытаний (рис. 3).



Рис. 4. Прутки \varnothing 40 мм, полученные на основе метода порошковой металлургии и сварки

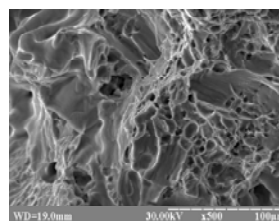


Рис. 3. Фрактограмма поверхности разрушения разрывных образцов спеченного титана

Из анализа фрактограмм можно сделать вывод, что поры не являются инициаторами зарождения трещин. Их негативное влияние состоит в ослаблении площади поперечного сечения образца. Можно утверждать, что роль пор в уменьшении сопротивлению разрушения незначительна. Уровень механических свойств материала складывается из свойств металлической матрицы и прочности межзеренных границ.

В целом, значения механических свойств спеченных титановых сплавов находились на уровне механических свойств литых сплавов того же состава (табл. 1).

Таблица 1 – Механические свойства полуфабрикатов из сплава ВТ1-0 полученных по разным технологиям

| Технология получения | Механические свойства | |
|------------------------------|-----------------------|--------------|
| | σ_b , МПа | δ , % |
| деформирование ГОСТ 26492-85 | ≥ 345 | ≥ 20 |
| литье [5] | ≥ 350 | ≥ 17 |
| спекание + сварка | 340...380 | 5,5...10 |

Разрушение, в большинстве случаев, происходило в зоне, удаленной от сварного шва. Одной из причин этого является формирование металла повышенной плотности с дисперсной структурой в области сварного шва. Такое строение способствует повышению прочностных характеристик по сравнению с основным металлом спеченной заготовки. Таким образом, можно говорить, что прочность сварного соединения не ниже прочности основного материала.

Микротвердость основного металла составляла 1,6–2,4 ГПа, ЗТМВ и шва 2,6–3,0 ГПа (2,5...2,9). Повышение микротвердости также можно объяснить уплотнением металла и измельчением структуры.

На основании проведенных экспериментов были получены заготовки серийных размеров (рис. 4).

Разработанная технология на основе метода ПМ в сравнении с технологией литья имеет более высокий коэффициент использования материалов, не включает процесс переплава титана, обеспечивает стабильный состав и механические свойства материала и может быть использована для получения серийных прутковых заготовок.

Научная новизна и практическая значимость

В настоящей работе установлены закономерности изменения структуры и механических свойств соединений спеченных титановых сплавов, сформированных в результате конвекционной сварки трением. Показана принципиальная возможность получения качественных сварных соединений при изготовлении длиномерных полуфабрикатов (прутков) на основе интегрированной технологии, включающей ПМ и конвекционную сварку трением.

Выводы

1. Получены образцы сварных соединений из спеченных титановых заготовок сплава ВТ1-0 методом конвекционной сварки трением.

2. Исследования структуры сварных соединений спеченных титановых заготовок позволили установить, что при сварке микроструктура основного металла, состоящая из зерен α -фазы размерами 40...70 мкм, трансформируется для сварного шва и ЗТМВ в пластинчатое строение α -фазы. Остаточные поры в сварном шве практически отсутствовали, в ЗТМВ их размер составлял до 5 мкм при 30 мкм в основном металле.

3. Из анализа результатов испытаний на растяжение следует, что достигаемый уровень механических свойств сварного соединения спеченных титановых сплавов соизмерим с основным металлом.

4. Разработанная интегрированная технология на основе метода ПМ в сравнении с технологией литья имеет более высокий КИМ, не включает процесс переплава титана, обеспечивает стабильный состав и механические свойства материала и может быть использована для получения прутковых заготовок.

5. На основании проведенных экспериментов получены прутковые заготовки серийных размеров, которые по уровню механических свойств соответствуют литым сплавам титана аналогичного состава.

Список литературы

1. Роль минерально-ресурсной базы титана Украины в мире / Л.С. Галецкий, Е.А. Ремезова // Сб. тр. Междунар. конф. «Ti-2011 в СНГ» (Львов, 25-28 апр. 2011 г.). – К.: РИО ИМФ им. Г.В. Курдюмова НАН Украины. – С. 22–27.
2. Получение деформированных заготовок из титановых сплавов на основе методов порошковой металлургии / [Павленко Д. В., Овчинников А. В., Капустян А. Е., Скребцов А. А.] // Сб. тр. междунар. конф. «Ti-2013 в СНГ» (Донецк, 26–29 мая 2013 г.). – К.: РИО ИМФ им. Г. В. Курдюмова НАН Украины. – С. 307–312.
3. Фундаментальные и прикладные работы по термической и термомеханической обработке титановых сплавов для авиационной и ракетно-космической техники / А. И. Хорев // Сб. тр. Междунар. конф. «Ti-2011 в СНГ» (Львов, 25–28 апр. 2011 г.). – К.: РИО ИМФ им. Г.В. Курдюмова НАН Украины. – С. 314–321.
4. Сварка трением: справ. / В. К. Лебедев, И. А. Черненко, Р. Михальски, В. И. Вилль. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 236 с.
5. Влияние исходной структуры на механизмы разрушения и механические свойства субмикроструктурного титана / Коваленко Т. А., Овчинников А. В. // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2010. – № 1. – С. 72–80.

Одержано 07.04.2015

Капустян О.Є., Овчинников О.В., Павлов В.В. Інтегровані технології одержання напівфабрикатів з титанових сплавів на основі методів порошкової металургії і зварювання

Показано необхідність виготовлення виробів з титану і його сплавів на Україні. Розроблена інтегрована технологія зварювання пруткових напівфабрикатів з спечених титанових сплавів. Проведено мікроструктурні і фрактографічні дослідження, а також механічні випробування напівфабрикатів. На підставі проведених експериментів отримано пруткові заготівки серійних розмірів.

Ключові слова: титан, порошкова металурія, зварювання, напівфабрикат, структура

Капустян А., Ovchinnikov A., Pavlov V. Integrated technology of semis from titanium-based alloys by powder metallurgy and welding

The necessity of the products manufacture made of titanium and its alloys in Ukraine is shown. An integrated bar-shaped semi-finished welding technology of sintered titanium alloys is developed. Microstructural and fractographic investigations and mechanical tests of semi-finished products were conducted. On the basis of the experiments the bar stock of industrial dimensions are obtained.

Key words: titanium, stainless steel, powder metallurgy, welding, prefabricated structure.