

УДК 669.295:669.018.62

А.А. Скребцов, аспирант,

А.В. Овчинников, доцент, канд. техн. наук,

А.Е. Капустян, науч. сотрудник

Запорожский национальный технический университет

ул. Жуковского 64, г. Запорожье, Украина, 69063

E-mail: arei89@ukr.net

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СПЕЧЕННЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Исследованы структуры и механические свойства спеченных титановых образцов. Установлено, что образцы имеют характерную для α -титановых сплавов структуру с наличием пор, концентрация и геометрия пор существенно влияет на свойства изделия. Титановые сплавы с глобулярной структурой имеют больший уровень свойств.

Ключевые слова: титановый сплав, спекание, гидрированный титан, сварные соединения, микроструктура, сферодизация, механические свойства.

Высокая коррозионная стойкость титана и его сплавов во многих агрессивных средах [1] делают его наиболее предпочтительным материалом для областей промышленности, в которых применяются агрессивные среды. Для деталей общепромышленного назначения используют низколегированные титановые сплавы или технический титан. Изделия в основном изготавливают методами деформационной обработки и литьем. При получении продукции по этим технологиям коэффициент использования материала не превышает 0,25 – 0,50, что повышает себестоимость заготовок и изделий из титана. Главное преимущество метода литья – возможность получения практически любой геометрии и размерности изделия. К числу таких деталей можно отнести краны запорной арматуры, которые широко применяются для работы в агрессивных средах.

Экономически и технологически целесообразно получать изделия методом порошковой металлургии (МПМ). Основным отличием данного метода от литья и деформации титановых сплавов является исключение операции переплава титана губчатого и связанных с этим вопросов эксплуатации специальных энергоемких вакуумных плавильных печей. Тип структуры порошковых сплавов аналогичен литым сплавам титана, но с наличием небольшого количества пор между зерен. Изделия из такого титана имеют уровень механических свойств соизмеримый с литыми изделиями, а коэффициент использования материала может достигать 0,95 [2]. Технология получения титановых сплавов МПМ включает операции шихтоподготовки, формообразования шихты в матрице путем прессования и последующего спекания заготовок. Существенный недостаток – невозможно получить сложную геометрию изделия за один проход на простом оборудовании.

Известно, что после спекания получают преимущественно α -титановые сплавы [3], которые обладают хорошей свариваемостью, что позволяет нам, применить сварку для изготовления деталей сложной геометрии МПМ, путем ее разбивки на простые, с точки зрения технологии прессования, элементы и сваривания этих элементов между собой. Из анализа изученных работ в этом направлении следует, что полученные сварные соединения имеют нестабильные механические свойства. Это связано с пористостью основного материала. Поэтому в настоящей работе ставилась цель исследования механических свойств сварных соединений спеченных титановых сплавов для определения влияния структуры спеченных сплавов на механические свойства их сварных соединений при статических нагрузках.

Материалы и методики. В качестве исходного материала использовали порошки титана марок ПТ5 (фракция –0,50/+0,16). Исследования проводили на предварительно изготовленных, из указанных порошков, пластинах составов ВТ1–0 ГОСТ 19807-91, 2М2А (2 % Мо, 2 % Al) размерами 105×30×2 мм. Образцы маркировали согласно данным таблицы 1.

Таблица 1 – Маркировка образцов

Маркировка образцов	Исходный материал	Марка сплава после спекания	Содержание легирующих элементов, %
I	ПТ5	ВТ1–0	не лег.
II	ПТ5	2М2А	Al 2%, Мо 2%

Прессование проводили на гидравлическом прессе, предварительно рассчитав необходимое давление, порядка 590 МПа [4].

Спекание проводили в вакуумной электропечи модели – СНВЭ–1.3.1/16Из. Электропечь предназначена для проведения различных термических процессов в вакууме или в инертном газе при температурах до 1600 °С. Спекания включало: нагрев, отжиг и выдержку. Выбор температуры и времени выдержки проводится согласно с требованиями к структуре спекающихся изделий. В нашем случае температура спекания 1200...1300 °С в течение 3 часов. Вакуум $1 \cdot 10^{-3}$ мм.рт.ст. Охлаждение образцов происходило совместно с печью в вакууме.

Химический состав спеченных образцов контролировали методом спектрометрического анализа при помощи оптико-эмиссионного спектрометра SpektroMAx фирмы Spektro, согласно ГОСТ 19863-91.

Сварные соединения получали методом дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде защитного газа (аргона), с применением стандартных присадочных материалов (проволока ВТ1–0св ГОСТ 27.265-87). Режимы сварки для всех образцов были одинаковы и соответствовали следующим $I_{св} = 180$ А, $U_{св} = 10$ В, $V_{св} = 0,24$ м/мин, что позволило исключить влияние разных режимов сваривания на свойства соединения. Выбор расположения шва осуществлялся в соответствии с ГОСТ 6996-66. Перед сваркой производили разделку кромок в соответствии с ГОСТ 6996-66. Сваренные заготовки подвергались механической обработки для получения разрывных образцов, согласно ГОСТ 1497-84. Металл шва снимался механическим путем до уровня основного металла.

Микроструктурный анализ образцов проводили с использованием микроскопа «НЕОРНОТ–32» при увеличениях от $\times 100$ до $\times 500$ раз.

Испытания стандартных механических свойств проводили согласно ГОСТ 1497-84.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования микроструктуры спеченных образцов (рисунок 1) показали, что они имели характерную для α -титановых сплавов структуру с наличием пор размерами от 8 до 17 мкм.

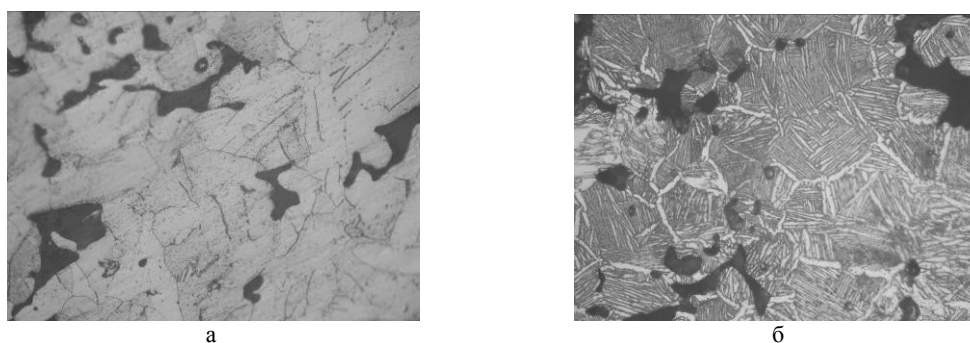


Рисунок 1 – Микроструктура титана без сварки $\times 500$:
а – образца I; б – образца II

Как видно из данных рисунка 2, микроструктура сварных соединений типична структуре α -титановых сплавов. В сварном шве установлен рост зерна, а также наличие большого количества пор, что, по-видимому, является следствием пористости основного металла. В зоне термического влияния (ЗТВ) при сварке происходило укрупнение пор, что видно на рисунке 3. Укрупнение пор, по-видимому, являлось следствием роста зерен в ЗТВ под действием термического влияния сварки при температурах выше 1000 °С. При росте зерен происходит перемещение мелких пор, находящихся по границам зерен, и последующее их объединение в более крупную. Данная тенденция характерна для всех типов образцов.

Механические испытания исследуемых сварных образцов позволили установить, что уровень их свойств соизмерим с уровнем свойств литого металла, что видно из таблицы 2.

Из анализа результатов испытаний следует, что у сварных соединений больший разброс свойств, чем для спеченных образцов без сварки (см. таблицу 2). Разрушение, в большинстве случаев, происходило по ЗТВ. Это можно объяснить тем, что в данной зоне происходит изменение структуры, а именно увеличение размеров зерен и пор.

Таблица 2 – Сравнительные механические свойства образцов из титана

Механические свойства		Образец	
		I	II
Предел прочности, МПа	до сварки	410 – 450	680 – 700
	сварные	380 – 460	650 – 690
Относительное удлинение, %	до сварки	до 30	до 13,5
	сварные	до 23	до 10
Относительное сужение, %	до сварки	до 58	до 28,5
	сварные	до 51	до 22

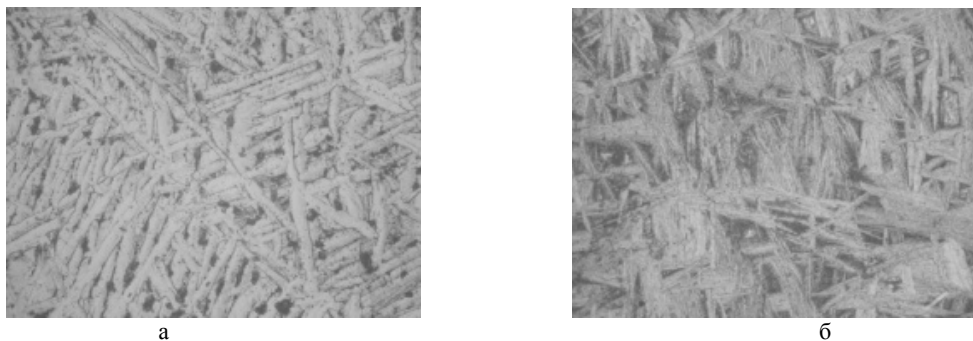


Рисунок 2 – Микроструктура сварного шва спеченных титановых сплавов $\times 500$:
а – образца I; б – образца II

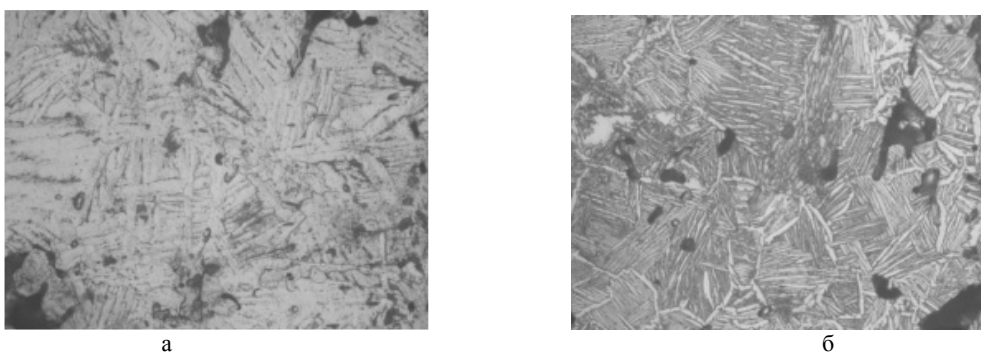


Рисунок 3 – Микроструктура зоны термического влияния спеченных титановых сплавов $\times 500$:
а – образца I; б – образца II

Из данных представленных на рисунках 2, 3 следует, что поры в зоне шва имеют меньший размер, равномернее распределены в объеме металла в сравнение с порами ЗТВ. Из литературных источников известно, что концентрация и геометрия пор существенно влияет на свойства изделия, являясь концентратором напряжений и определяя характер разрушения сварного соединения. Для достижения стабильности свойств необходимо их измельчение, равномерное распределение в объеме и максимально возможное приближение к форме правильного шара (или сферодизация).

Вывод. В ходе проведенной работы установлено, что концентрация и геометрия пор существенно влияет на свойства изделия, уровень свойств сварных соединений соизмерим с уровнем свойств основного металла. Для повышения уровня механических свойств сварных соединений необходима сферодизация и снижение концентрации пор в основном материале, сварном шве и ЗТВ. При использовании порошков марки ПТ, сферодизацию и снижение концентрации пор можно достигнуть путем оптимизации состава, размера и морфологии исходного сырья (порошка титана), а также режимов технологии получения изделий из титана, полученного МПМ.

Библиографический список использованной литературы

1. Ивасишин О.М. Производство титановых сплавов и деталей экономичным методом порошковой металлургии для широкомасштабного промышленного применения / О.М. Ивасишин, Д.Г. Саввакин, К.А. Бондарева, В.С. Моксон, В.А. Дузь // Наука та інновації. Інноваційні проекти Національної академії наук України. — 2005. — № 2. — Т. 2. — С. 44–57.
2. Опыт получения и прессования титановых порошков / Л.И. Гопиенко [и др.]; под ред. С.Н. Касаткина. — М.: Цветметинформация, 1970. — 79 с.
3. Саливон В.П. Исследование свариваемости порошковых титановых материалов / В.П. Саливон, В.А. Беляев, С.П. Руденко // Новые исследования в области порошковой металлургии титана и его соединений: сб. науч. тр. — Запорожье, 2007. — С. 102–108.
4. Титановые пористые проницаемые материалы, полученные из смеси порошковых компонентов TiH_2 и $\text{Al}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_3$. / О.М. Ивасишин, А.Г. Моляр, М.В. Матвийчук, Е.А. Мазуренко, С.Л. Врочинский, А.М. Медведев // Ti-2011 в СНГ: матер. междунар. конф.: сб. тр., Украина, г. Львов, 25–28 апреля 2011 г. — Киев, 2011. — С. 134–138.

Поступила в редакцию 12.03.2012 г.

Скребцов А.А., Овчинников О.В., Капустян О.Є. Дослідження механічних властивостей зварних з'єднань спечених титанових сплавів

Досліджено структури та механічні властивості спечених титанових зразків. Встановлено, що зразки мають характерну для α -титанових сплавів структуру з наявністю пор, концентрація і геометрія пор істотно впливає на властивості виробу. Титанові сплави з глобулярною структурою мають більший рівень властивостей.

Ключові слова: титановий сплав, спікання, гідрований титан, зварні з'єднання, мікроструктура, сферодізація, механічні властивості.

Skrebtsov A.A., Ovchinnikov A.V., Kapustjan A.E. Investigation of mechanical properties of welded joints sintered titanium alloys

The structure and mechanical properties of sintered titanium samples. Found that the samples are characteristic of α -titanium alloy structure with the presence of pores, the concentration and the geometry has a significant effect on the properties of the product. Titanium alloys with a globular structure have a greater level of properties.

Keywords: titanium alloy, sintering, hydrogenated titanium welds, microstructure, mechanical properties.