

УДК 669.295

Овчинников А.В.¹, Капустян А.Е.¹, Шевченко В.Г.¹, Давыдов С.И.², Павлов В.В.³

¹ Запорожский национальный технический университет. Украина, г. Запорожье

² ЧАО «Завод полупроводников». Украина, г. Запорожье

³ ГП «Государственный научно-исследовательский и проектный институт титана»,
ГП "Запорожский металлургический опытно-промышленный завод". Украина, г. Запорожье

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Цель состояла в разработке технологии изготовления прутковых полуфабрикатов из спеченных титановых сплавов. Для достижения поставленной цели были изготовлены методом порошковой металлургии заготовки из технического титана длиной до 80 мм. Длинномерные полуфабрикаты получали путем синтеза, полученных заготовок, при вакуумном спекании. Проведены микроструктурные и фрактографические исследования, механические испытания и механическая обработка полуфабрикатов. Анализ результатов показал, что значение механических свойств и обрабатываемость спеченных титановых сплавов находится на уровне аналогичных свойств литых сплавов того же состава, а роль пор в уменьшении сопротивлению разрушения незначительна. Разработана ресурсосберегающая технология синтеза длинномерных прутковых полуфабрикатов из спеченных титановых сплавов.

Ключевые слова: титановые сплавы; пруток; синтез; порошковая металлургия; сварка.

Введение

Титановые сплавы эффективно используются в химической, атомной, авиационной и других отраслях промышленности. Расширение спектра применения сплавов напрямую зависит от их свойств и стоимости. Важной составляющей стоимости титановых полуфабрикатов является технология их получения. Так получение прутковых полуфабрикатов включает переплав титана губчатого и последующую сложную деформационную переработку. Более экономичные технологии литья также сопряжены с энергозатратной технологией переплава титана губчатого, а получение полуфабрикатов взамен заготовок изделий существенно снижает экономическую эффективность этого метода. С технологической точки зрения одним из наиболее рациональных и распространенных методов получения полуфабрикатов из титана является метод порошковой металлургии (ПМ). Метод ПМ, в сравнении с вышеприведенными методами имеет следующие преимущества: отсутствие процесса переплава, получение изделий требуемой геометрии, коэффициент использования металла около 95 %. Одной из основных проблем при производстве методом ПМ является изготовление длинномерных полуфабрикатов, к числу которых относятся прутки. В связи с этим, для более



Рис. 1. Прессованные заготовки

проектный институт титана”, ГП “Запорожский металлургический опытно-промышленный завод”. Заготовки для получения прутка получали методом порошковой металлургии, химический состав которых соответствовал сплаву ВТ1-0 (ГОСТ 19807-91). Формообразование заготовок Ø38 мм, длиной 70...80 мм (рис. 1) проводили путем прессования на гидравлическом прессе с усилием 900 МПа. Спекание проводили в печи сопротивления при температуре $1250 \pm 20^\circ\text{C}$ в течении 3 ч, в вакууме при давлении 13,3 Па, охлаждение проводили совместно с печью.

Длинномерные полуфабрикаты получали путем синтеза при вакуумном спекании с использованием специальных активаторов – по принципу диффузионной сварки. В результате синтеза получены прутковые полуфабрикаты Ø38 мм и длиной 220...340 мм в зависимости от количества сваренных прессованных образцов (рис. 2). Микроструктурное и фрактографическое исследование проведены с применением инвертированного микроскопа отраженного света и растрового электронного микроскопа. Механические испытания проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84 на образцах III типа. В локальных зонах стыков полуфабрикатов предел прочности определяли по ГОСТ 6996-66 XII типа.

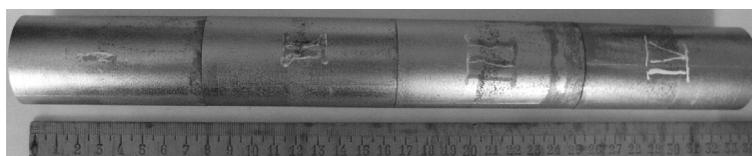


Рис. 2. Синтезированный пруток

широкого применения титана необходимо разработка ресурсосберегающей технологии получения длинномерных прутковых полуфабрикатов титановых сплавов на основе метода ПМ.

Цель

Цель настоящей работы заключалась в разработке перспективной технологии изготовления прутковых полуфабрикатов из титановых сплавов на основе метода ПМ.

Методика

В качестве исходного материала использовали промышленные порошки титана марки ПТ5-1 (ТУ 14-10-026-98) и гидрид титана производства ГП «Запорожский титано-магниевый комбинат» и ГП „Государственный научно-исследовательский и

Результаты

Микроструктура прессованных полуфабрикатов представляла собой однофазный – сплав с размерами зерен порядка 40...70 мкм и порами, по границам структурных составляющих, размерами 18...30 мкм (рис. 3а).

При получении титановых сплавов методом ПМ поры являются неотъемлемой частью структуры. Однако их количества и размеры существенно не меняют характер разрушения сплава при статических нагрузках, что следует из анализа поверхности разрушения образцов для механических испытаний (рис. 4).

Из анализа фрактограмм можно сделать вывод, что поры не являются инициаторами зарождения трещин. Их негативное влияние состоит в ослаблении площади поперечного сечения образца. Принимая во внимание тот факт, что количество пор не превышает 5 % можно утверждать, что их роль в

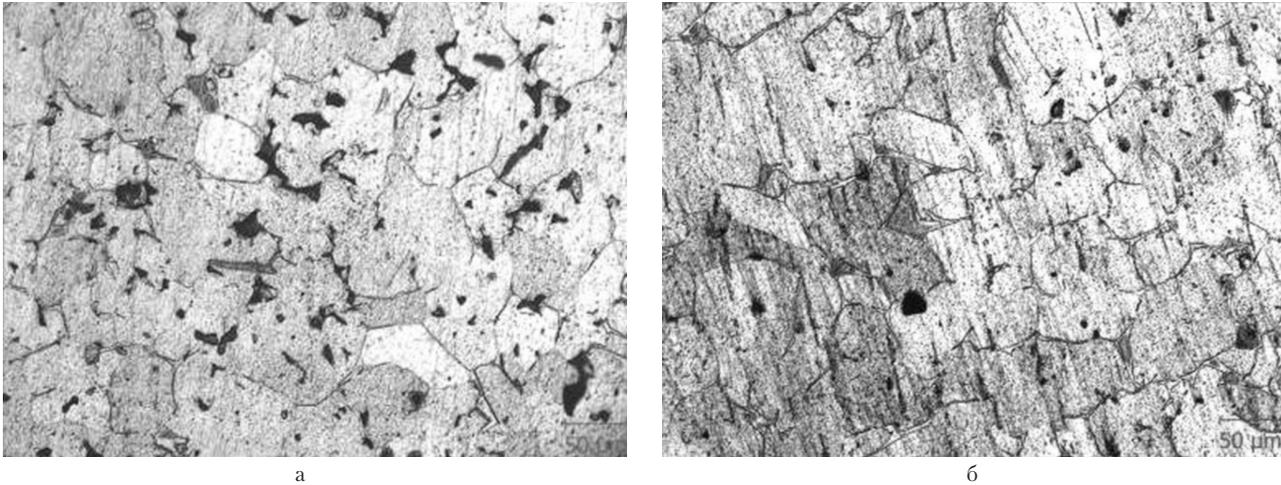


Рис. 3. Микроструктура синтезированных прутковых полуфабрикатов из опытного титана типа VT1-0, полученного методом ПМ, $\times 200$; а – основной металл; б – стыковая зона

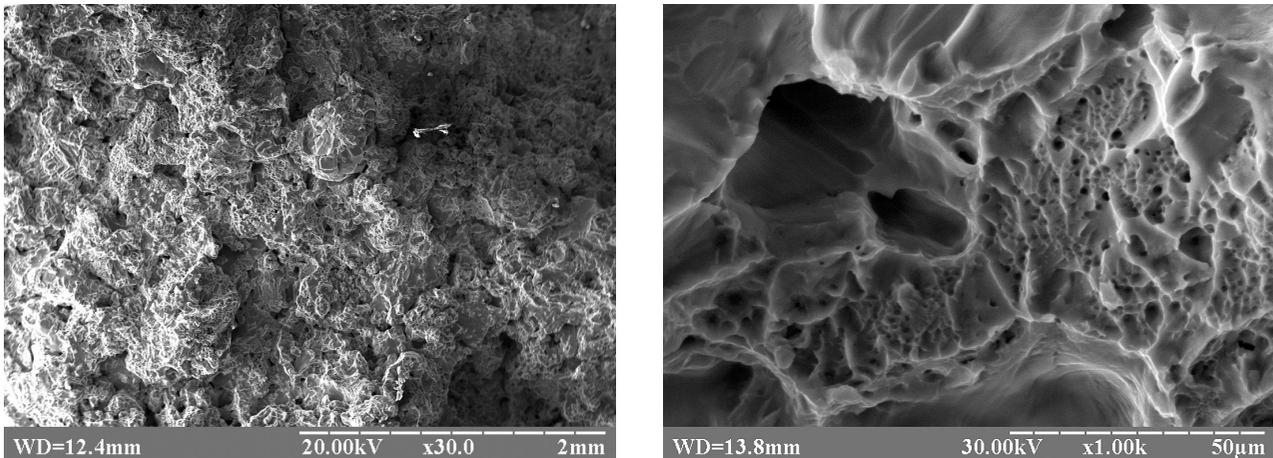


Рис. 4. Фрактограммы поверхности разрушения разрывных образцов спеченного титана

уменьшении сопротивлению разрушения незначительна. В целом, уровень механических свойств материала складывается из свойств металлической матрицы и прочности межзеренных границ.

Свойства границ зерен напрямую связаны с размерами зерен, в этом аспекте спеченные титановые сплавы имеют преимущества перед сплавами полученными методами литья. В литейных сплавах имеют место крупные литые зерна с размерами до

400 мкм, в то время как в спеченных сплавах максимальный размер зерен не превышает 100 мкм. Другим преимуществам спеченных сплавов перед литыми является значительно меньшая разнородность структуры и, как следствие, меньшая анизотропия механических свойств. В целом, значение механических свойств спеченных титановых сплавов находился на уровне механических свойств литых сплавов того же состава (табл. 1).

Таблица 1.

Механические свойства полуфабрикатов из сплава VT1-0 полученных по разным технологиям

Технология получения	Состояние поставки	Механические свойства	
		σ_b , МПа	δ , %
деформирование	пруток горячекатанный отожженный ГОСТ 26492-85	345	20
литье	литая заготовка [1]	350	17
спекание	спеченная заготовка	330...380	5,5...10,0
спекание + синтез	пруток, синтезированный из спеченных заготовок (места соединения)	350...400	—

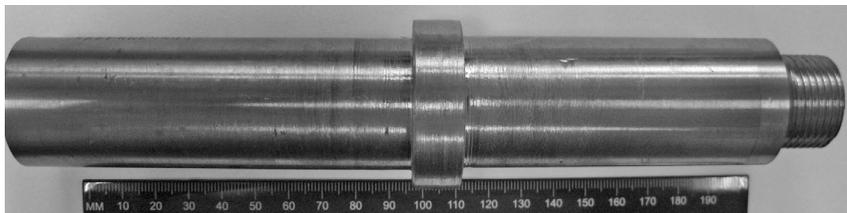


Рис. 5. Прутковый полуфабрикат из спеченного титана состава VT1-0 после механической обработки резанием

Из анализа данных представленных в таблице 1 следует, что опытные спеченные сплавы по уровню механических свойств при действии статических растягивающих нагрузок соизмеримы со свойствами титана деформируемого и находятся на уровне свойств титана полученного методом литья. В стыковых зонах синтезированного прутка уровень прочности в среднем на 15 % превышал прочность основного металла. Это можно объяснить формированием в зоне стыка более плотного металла с меньшим количеством пор, а также их размеров (6...15 мкм) – рис. 3б. Таким образом, уровень механических свойств прутков, полученных по новой ресурсосберегающей технологии (спекание + синтез) находится на уровне титана полученного методом литья, а сама технология его получения не требует затратного процесса переплава титана губчатого. Отсутствие процесса плавки титана наряду с улучшением технологических и экономических аспектов, также обеспечивает стабильное качества по составу синтезированных прутков, так как каждый переплав титана привносит в его состав дополнительное количество примесных элементов.

Для оценки обрабатываемости на прутковых полуфабрикатах нарезали резьбу путем токарной обработки (рис. 5). Обрабатываемость опытного прутка ни чем не отличалась от деформируемых прутковых полуфабрикатов. Качества резьбы, а также формообразование стружки также было аналогично прутковым полуфабрикатам.

Принимая во внимание, что в авиационном двигателестроении, как правило, используются легированные сплавы, то прутковые полуфабрикаты по разработанной технологии можно получать из смеси порошков титана и легирующих элементов. Уровень механических свойств данных сплавов, согласно работ [2, 3], будет соответствовать требованиям, предъявляемым к статорным деталям из титановых сплавов.

Таким образом, в настоящей работе показана принципиальная возможность изготовления прутковых длинномерных полуфабрикатов из титановых сплавов на основе экономичного метода ПМ.

Выводы

1. Проведены исследования влияния технологии получения титановых прутков на структуру и уровень механических свойств спеченных и синтезированных прутковых полуфабрикатов в различных зонах. Установлено, что уровень механических свойств спеченных титановых сплавов

находился на уровне механических свойств литых сплавов того же состава и составляет: $\sigma_b = 330...380$ МПа (в мести стыка $\sigma_b = 350...400$ МПа), $\delta = 5,5...10,0$ %.

2. В результате проведенных исследований разработана новая ресурсосберегающая технология получения длинномерных прутковых полуфабрикатов из титановых сплавов, которая базируется на применении методов порошковой металлургии и последующего синтеза.

3. Разработанная 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 заготовок статорных деталей авиационного назначения.

Литература

- [1] Коваленко Т. А. Влияние исходной структуры на механизмы разрушения и механические свойства субмикроструктурного титана [Текст] / Т. А. Коваленко, А.В. Овчинников // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2010. – №1. – С. 72 – 80.
- [2] Ивасишин О. М. Апробация порошков гидрированного титана производства КП «ЗТМК» в технологических процессах порошковой металлургии [Текст] / О. М. Ивасишин, Д. Г. Саввакин, М. В. Матвийчук, В.В. Тэлин, Л.Я. Шварцман, С.И. Давыдов, Ю. Л. Ставицкий // Международная конференция Тi-2007 в СНГ. – Сборник трудов. – К.: РИО ИМФ им. Г. В. Курдюмова НАН Украины. – С. 73–77
- [3] Быков И. О. Применение гидрированного титана с заданным содержанием кислорода для получения изделий методом порошковой металлургии [Текст] / И. О. Быков, А. В. Овчинников, С. И. Давыдов и др. // Теория и практика металлургии. – 2011. – №1–2(80–81). – С. 65 – 69.

Ovchinnikov A.V.¹, Kapustyan A.E.¹, Shevchenko V.G.¹, Davydov S.I.², Pavlov V.V.³

¹Zaporozhye national technical university. Ukraine, Zaporozhye

²PJSC “Semiconductor Factory”, Ukraine. Zaporozhye

³SE “State Research and Design Institute of titanium”, SE “Zaporozhye Metallurgical Pilot Production Plant”. Ukraine, Zaporozhye

RESOURCE TECHNOLOGY OF LONG CONVENIENCE OF TITANIUM ALLOY POWDER METALLURGY TECHNIQUES

The aim was to develop manufacturing technology of bar of semi-finished sintered titanium alloys. To achieve this goal have been made by powder metallurgy preform of commercial titanium up to 80 mm. Lengthy semifinished products obtained by synthesis, the obtained preforms during vacuum sintering. Conducted microstructural and fractographic studies, mechanical testing and machining of semi-finished products. Analysis of the results showed that the value of the mechanical properties and machinability of the sintered titanium alloy is at a level similar to the properties of cast alloys having the same composition and the role of reducing the resistance of the pores in the fracture is negligible. Developed an alternative technology for the synthesis of long semifinished semi-finished sintered titanium alloys.

Keywords: titanium alloys; bars; synthesis; powder metallurgy; welding.

References

- [1] Kovalenko T. A. Vliyanie iskhodnoy struktury na mekhanizmy razrusheniya i mekhanicheskie svoystva submikrokristallicheskogo titana [Text] / T. A. Kovalenko, A. V. Ovchinnikov // Novi materialy i tekhnologii v metalurhii ta mashynobuduvanni. – 2010. – №1. – S. 72–80. (Russian)
- [2] Ivasishin O.M. Aprobatsiya poroshkov gidrirovannogo titana proizvodstva KP «ZTMK» v tekhnologicheskikh protsessakh poroshkovoy metallurgii [Text] / O. M. Ivasishin, D. G. Savvakina, M. V. Matviychuk, V. V. Telin, L. Ya. Shvartsman, S. I. Davydov, Yu.L. Stavitskiy // Mezhdunarodnaya konferentsiya Ti-2007 v SNG. – Sbornik trudov.– K.: RIO IMF im. G. V. Kurdyumova NAN Ukrainy. – S. 73–77. (Russian)
- [3] Bykov I. O. Primenenie gidrirovannogo titana s zadannym sodержaniem kisloroda dlya polucheniya izdeliy metodom poroshkovoy metallurgii [Text] / I. O. Bykov, A. V. Ovchinnikov, S. I. Davydov [i dr.] // Teoriya i praktika metallurgii. – 2011. – №1–2(80–81). – S. 65–69. (Russian)