

ПРИМЕНЕНИЕ ТИТАНОВЫХ ПОРОШКОВ С НЕСФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ЧАСТИЦ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ 3D ПЕЧАТИ

Цель работы. Получить опытные титановые порошковые материалы с несферической формой частиц для изготовления изделий методами аддитивных технологий.

Методы исследования. Растровая электронная микроскопия, металлографические исследования микроструктуры в оптическом микроскопе.

Полученные результаты. Отработана технологическая цепочка получения титановых порошковых материалов с несферической формой частиц, которые удовлетворяют требованиям к сырью для аддитивных технологий. Определены основные технологические параметры процессов гидрирования исходных заготовок их механического измельчения и последующей глубокой дегазации. Получены экспериментальные образцы в виде колец, изготовленные с использованием титановых порошков несферической формы, с применением опытной установки для 3D печати.

Научная новизна. Установлено влияние морфологии частиц титановых порошковых материалов на уплотняемость слоев формируемых при получении изделий методами аддитивных технологий.

Практическая ценность. Разработана технологическая схема получения более дешевых (в сравнении со сферическими) титановых порошков с отходов деформационной обработки титановых сплавов.

Ключевые слова: титан, технология, порошок, морфология, фракция, слой, насыпная плотность, печать, изделие.

Введение

Внедрение в производство новых технологий, в основу которых положены принципы ресурсосбережения и повышения технологичности и экологичности, является, безусловно, актуальной задачей. Наиболее благоприятным и перспективным решением в этом случае являются методы послойного выращивания изделий и деталей. Применение аддитивных технологий является перспективным решением в развитии различных отраслей промышленности (особенно, таких как высокоточное машиностроение и авиадвигателестроение), позволяющим получать готовые изделия, а также изготавливать необходимую технологически сложную оснастку. Эти технологии (Additive Manufacturing) позволяют объединить в себе главные преимущества таких методов получения изделий, как порошковая металлургия, литейное производство и наплавка. Указанные аддитивные технологии (3D печать) предполагают изготовление изделия по данным цифровой модели (или САД-файла) методом послойного добавления материала [1]. Процессы послойного наращивания изделий различными методами 3D печати приобретают все большую популярность, поскольку обладают рядом значительных преимуществ перед существующими, традиционными методами изготовления, обработки и ремонта деталей [2]. Формирование изделий происходит пошагово, в соответствии с конфигурацией сечений цифровой модели и соединения каждого последующего

слоя с предыдущим, (в отличие от существующей технологии обработки металлов резаньем, когда материал как бы послойно снимается) [3, 4].

Технологии 3D печати позволяют объединить в себе не только преимущества порошковой металлургии, (такие как, например, высокий коэффициент использования материала, чего часто невозможно достигнуть методами литья), но также преимущества литейного производства, а именно получение деталей сложной геометрии и различной конфигурации.

Постановка проблемы

Несмотря на все достоинства и преимущества, которые предоставляет использование 3D печати, остается ряд проблем, сдерживающих распространение этой технологии в промышленности. Одной из них является необходимость тщательных исследований свойств (механических, физических) получаемых изделий из различных порошковых материалов, в зависимости от таких факторов, как влияние фракционного состава и формы самих частиц, что безусловно очень важно при изготовлении изделий и сложных деталей авиационного назначения (лопатки, диски и т. д.). При этом следует отметить, что на сегодняшний день уже существует номенклатура изделий, получаемых методами 3D печати, которые устанавливаются на газотурбинные двигатели производства зарубежных компаний. Еще одной важной проблемой является дороговизна оборудования для 3D печати, хотя, исходя из опыта предприятий,

которые внедряют в своем производстве технологии послойного выращивания изделий, можно сделать вывод, что главным сдерживающим фактором на пути к широкому применению АМ-технологий является дороговизна порошкового сырья для объемной печати. Особенно это сказывается при использовании порошков титана как легированных, так и нелегированных, поскольку основную роль в ценообразовании здесь играет не столько стоимость лигатур, сколько стоимость самой технологии получения порошков необходимой сферической формы.

Методика и результаты исследований

Анализ технологических показателей производства порошков, их преимуществ и недостатков показал, что наиболее перспективным материалом для аддитивных технологий являются порошки, получаемые по гидридной технологии. Такой материал имеет низкоразвитые поверхности граней порошинок, приближенных по форме к сфероидам. Он менее, чем остальные, загрязнен примесями, поскольку сам водород способствует очищению титана при дегидрировании [5, 6].

Поэтому нами предложено использование титановых порошков, которые были предварительно подвергнуты операциям гидрирования и дегидрирования в технологической цепочке их производства для дальнейшего получения изделий различными методами аддитивных технологий.

Совокупность технологических решений при производстве таких порошков титана позволяет получать более плотный материал с меньшим содержанием вредных примесей, что повышает качество порошка и улучшает морфологию его частиц. На рис. 1 показан внешний вид и структура сферических и несферических порошков.

В работе [7] содержится информация о возможности, в отличие от стандартных технологий, получать упрощенными способами изделия и какие-либо детали сборных конструкций из титановых порошковых мате-

риалов с несферической формой частиц из отходов производства титановых поковок и проката. Что положительно сказывается на себестоимости производства изделий методами аддитивных технологий. Преимуществами такого рода титановых порошков является, в технологическом плане, возможность лучшего компактирования, в сравнении со сферическими порошками, каждого слоя создаваемого изделия, благодаря более качественному сцеплению и плотности заполнения пространства [8]. Это, в свою очередь, ускоряет процесс формирования каждого последующего сплавленного (или спеченного) слоя с меньшим расходом затрачиваемой энергии, что обеспечивает высокий уровень коэффициента полезного действия аддитивного процесса создания изделий и установки в целом.

С другой стороны, технология получения самих порошков, в отличие от технологии получения порошков с частицами сферической формы, является во много раз более дешевой, что в конечном итоге обеспечивает значительную экономию процесса по получению изделий и деталей сборных конструкций. Дополнительно, следует отметить (смотри работы [5–8]), что главной особенностью формируемых слоев в условиях процесса реализации 3D печати является то, что каждый слой имеет большую насыпную плотность (по сравнению с порошковыми материалами со сферической формой частиц). Это, связано с тем, что уменьшается концентрация внутренних пустот в слоях сформированного материала (пор, несплошностей, каверн, непролагов и т. д.). Это, прежде всего, объясняется тем, что при лучшем сцеплении несферических частиц порошкового материала уменьшается объем пустот внутреннего пространства. Что и обеспечивает при сцеплении в сравнительном плане более высокую плотность материала. В подтверждение всего вышесказанного приводим результаты получения некоторых изделий на примере опытных кольцевых образцов (рис. 2), полученных впервые с помощью технологии 3D печати.

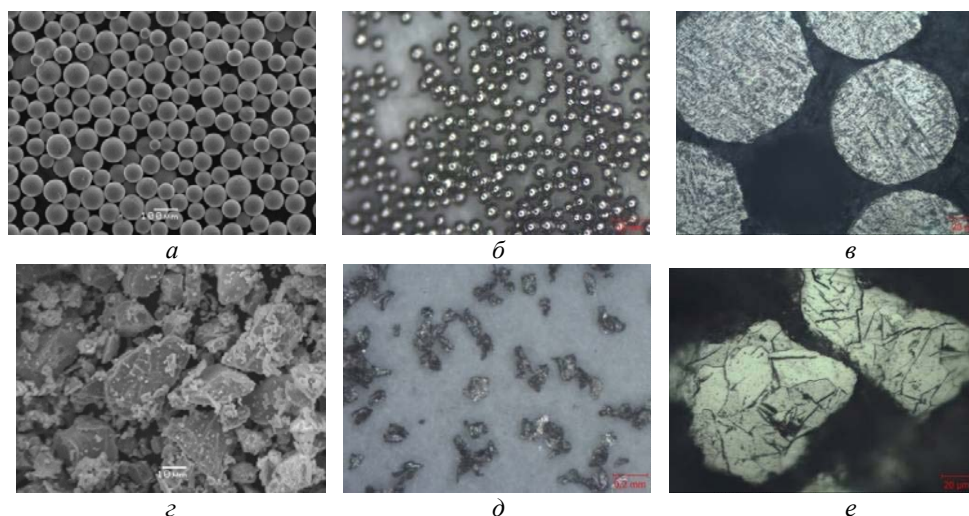


Рис. 1. Внешний вид и структура сферических (а, б, в) и несферических (з, д, е) порошков титана (фракция – 80 мкм)



Рис. 2. Внешний вид изделия, полученного методом 3D печати из титановых порошковых материалов с несферической формой частиц

Все это позволяет уменьшить общее количество внутренних дефектов будущих изделий и деталей при применении машин различного типа действия с использованием порошковых материалов с несферической формой частиц.

Выводы

Разработана ресурсосберегающая технологическая схема (включающая в себе переработку отходов) производства титановых порошковых материалов, с несферической формой частиц, которые удовлетворяют требованиям аддитивных процессов выращивания изделий.

Установлено, что неправильная морфология частиц титановых порошков положительно сказывается на плотности укладки при формировании слоев материала для 3D печати.

Получены опытные образцы, которые свидетельствуют о технологичности применения титановых несферических порошков при изготовлении изделий методами послойного выращивания.

Список литературы

1. Довбыш В. М. Аддитивные технологии и изделия из металла / В. М. Довбыш, П. В. Забеднов, М. А. Зленко // Библиотечка литейщика. – 2014. – № 9. – С. 14–71.
2. Зленко М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / Зленко М. А., Попович А. А., Мутьялина И. Н. – Санкт-Петербург : Издательство политехнического университета, 2013. – 221 с.
3. Балака Е. В. Основные факторы влияния на процесс формообразования деталей с помощью технологий послойного выращивания (rapid prototyping) / Е. В. Балака // Високі технології в машинобудуванні. – 2011. – № 1. – С. 29–36.
4. Волхонский А. Е. Методы изготовления прототипов и деталей агрегатов различных изделий промышленности с помощью аддитивных технологий / А. Е. Волхонский, К. В. Дудков // Образовательные технологии. – 2014. – № 1. – С. 127–143.
5. Ольшанецкий В. Е. Возможность использования несферических титановых порошков для аддитивных технологий / В. Е. Ольшанецкий, А. В. Овчинников, А. А. Джуган // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2016. – № 1. – С. 82–87.
6. Джуган А. А. Аддитивные технологии и возможности их применения в современных условиях / А. А. Джуган, А. В. Овчинников, В. Е. Ольшанецкий, // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2014. – 2. – С. 96–101.
7. Джуган А. А. Получение качественных порошковых материалов с несферической формой частиц из деформированных заготовок / А. А. Джуган, В. Е. Ольшанецкий, А. В. Овчинников // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2018. – № 2. – С. 114–116.
8. Уплотняемость порошковых материалов с различной формой частиц / В. Е. Ольшанецкий, А. В. Овчинников, А. А. Джуган, О. А. Михайлотенко // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2015. – № 1. – С. 130–133.

Одержано 15.07.2019

Джуган О.А., Ольшанецкий В.Ю., Овчинников О.В. Застосування титанових порошків з несферичною формою частинок при виготовленні виробів методами 3D друку

Мета роботи. Отримати дослідні титанові порошкові матеріали з несферичною формою частинок для виготовлення виробів методами адитивних технологій.

Методи дослідження. Растрова електронна мікроскопія, металографічні дослідження мікроструктури в оптичному мікроскопі.

Отримані результати. Відпрацьована технологічна схема отримання титанових порошкових матеріалів з несферичною формою частинок, які задовольняють вимогам до сировини для адитивних технологій. Визначено основні технологічні параметри процесів гідрування вихідних заготовок їх механічного подрібнення і подальшої глибокої дегазачії. Отримано експериментальні зразки у вигляді кілець, виготовлені з використанням титанових порошків несферичної форми, із застосуванням дослідної установки для 3D друку.

Наукова новизна. Встановлено вплив морфології частинок титанових порошкових матеріалів на ущільнення шарів, що формуються при отриманні виробів методами адитивних технологій.

Практична цінність. Розроблено технологічну схему отримання більш дешевих (в порівнянні зі сферичними) титанових порошків з відходів деформаційної обробки титанових сплавів.

Ключові слова: титан, технологія, порошок, морфологія, фракція, шар, насипна щільність, друк, виріб.

Dzhugan A., Ol'shanetskii V., Ovchinnikov A. Application of titanium powders with non-spherical form of particles when producing products by 3d printing methods

Purpose. Obtaining of titanium powder materials with non-spherical particle shape for the manufacture of products using additive technology methods.

Research methods. Scanning electron microscopy, metallographic studies of the structure in an optical microscope.

Results. A technological chain of obtaining titanium powder materials with non-spherical particle shape that satisfy the raw materials requirements for additive technologies has been developed. The main technological parameters of the processes of hydrogenation of the original blanks of their mechanical grinding and subsequent deep degassing were determined. Experimental samples in the form of rings, made using titanium powders of non-spherical shape, using a pilot plant for 3D printing.

Scientific novelty. The influence of the morphology of particles of titanium powder materials on the compactibility of the layers formed during the preparation of products by the methods of additive technologies is established.

Practical value. A flowchart has been developed for producing cheaper (compared to spherical) titanium powders from waste deformation processing of titanium alloys.

Key words: titanium, technology, powder, morphology, fraction, layer, bulk density, printing, product.
