

УДК 621

Эффективность использования аддитивных технологий как альтернативы традиционным субтрактивным технологиям при изготовлении сложных деталей из металла

**А. С. Агафонцев, Н. Н. Вовк,
Ю. В. Клевнов, А. Н. Колыванов,
А. В. Корепанов, В. В. Кошкин,
Д. А. Лучкин, М. В. Минейчев,
А. В. Овсов, Д. В. Сергеев,
В. Н. Фомченко, М. А. Царев**

В связи со стремительным развитием аддитивных технологий за рубежом и внедрением в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» системы сквозного 3D-проектирования была проведена оценка эффективности использования аддитивных технологий при изготовлении сложной детали из титанового сплава как альтернативы существующим традиционным субтрактивным технологиям изготовления на предприятиях ЯОК.

Для оценки эффективности использования аддитивных технологий выбрана сложная деталь, входящая в состав прибора, выпускаемого ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (рис. 1).

В соответствии с конструкторской документацией (КД) существуют два варианта изготовления данной детали. В первом случае изготовление производится из листа титана ВТ1-0 ОСТ 1.90013-81 вырубкой, механической обработкой, гибкой и последующей сваркой отдельных деталей. При изготовлении часто возникают отклонения габаритных и установочных размеров. Для устранения данных отклонений был дополнительно отработан и введен в КД второй вариант изготовления

конструкции корпуса с помощью технологии электроэрозионной резки. Эти технологии изготовления очень трудоемкие, требуют разработки и отработки технологических процессов, изготовления большого количества оснастки (иногда очень дорогостоящей), участия высококвалифицированных специалистов, что сказывается на времени и стоимости изготовления (рис. 2).



Рис. 1. Корпусная деталь, изготавливаемая с применением традиционных технологий



Рис. 2. Структурная схема этапов изготовления с помощью традиционных технологий

Для изготовления детали с применением аддитивных технологий и исследования ее свойств выполнено следующее:

- разработка 3D-модели рассматриваемой детали в соответствии с КД;
- выбор аддитивной машины, способной изготавливать детали из сплава титана;
- изготовление;
- входной контроль «выращенной детали»;

– исследование свойств «выращенной детали»: химический состав, герметичность, механическая обработка и свариваемость.

Разработка велась в Kompas 3D V14 (ключ защиты KB3-S-FS-01 (10.184.144.15); HL Net50; 1365648503). Для изготовления выбрана установка ProX300 компании 3D System с характеристиками: мощность лазера 500 Вт, объем камеры построения 250×250×300 мм, шаг построения 10–20 мкм, минимальное разрешение Ось X – 100; Ось Y – 100; Ось Z – 20.

Изготовление детали велось с использованием мелкодисперсного порошка Ti6Al4V, соответствующего стандарту ASTM F1108 (рис. 3).

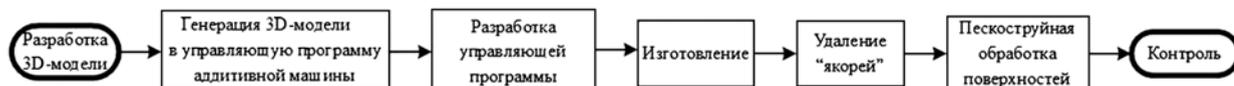


Рис. 3. Структурная схема этапов изготовления с помощью аддитивных технологий

После изготовления рассматриваемой детали отмечено, что трудоемкость изготовления с помощью аддитивных технологий в несколько раз ниже, чем при использовании традиционных технологий (рис. 4).

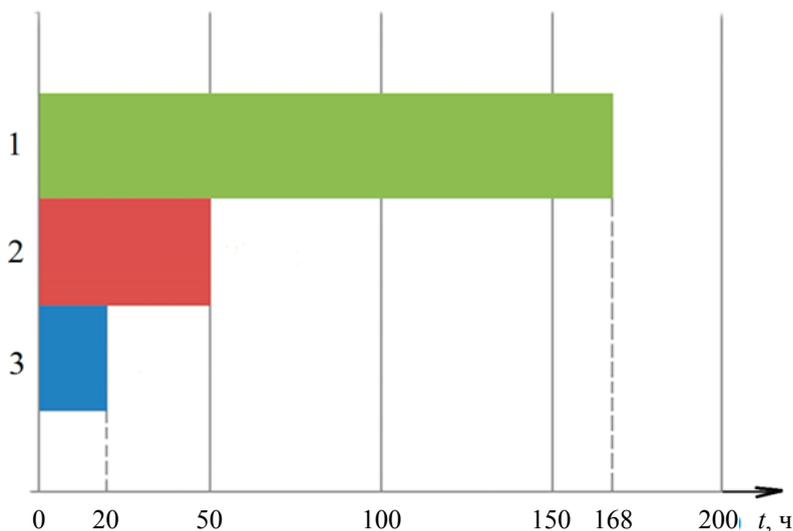


Рис. 4. Трудоемкость изготовления исследуемой детали: 1 – технология электроэрозионной резки, 2 – гибка и сварка отдельных деталей, 3 – аддитивные технологии

Результаты входного контроля «выращенной» детали, полученные с помощью автоматической установки КИМ-1000, показали, что ее размеры соответствуют требованиям КД, за исключением небольшой усадки материала, вызванной термической деформацией. Данный дефект не является критичным, поскольку усадка материала не выходит за пределы поля допуска детали, указанного в КД, и устраняется корректировкой управляющей программы. Также в результате измерений, проведенных с помощью прибора Профилометр-296, подтверждено, что шероховатость «выращенной» детали (Ra 2,5) соответствует шероховатости, гарантируемой производителем (не хуже Ra 5,0).

Определение химического состава проводилось с помощью спектрального анализа на спектрографе СП-22. В результате исследований установлено, что химический состав материала детали, изготовленной из порошка Ti6Al4V ASTM F1108, соответствует стандарту на титановый сплав ВТ-6 ГОСТ 19807-91.

Исследование детали на герметичность проводилось с помощью заливки керосином с последующей выдержкой в течение суток в вытяжном шкафу с нанесенным слоем мела на наружные поверхности исследуемой детали. В результате исследований установлено, что конструкция исследуемой детали, изготовленной из порошка Ti6Al4V ASTM F1108, является герметичной.

Проведенные работы по механической обработке и сварке показали следующее:

1. Деталь, изготовленная с помощью аддитивных технологий, обрабатывается на фрезерном станке не хуже детали, изготовленной из сплава ВТ-6 ГОСТ 19807-91.

2. Приваривание детали из листа ВТ1-0 ОСТ 1.90013-81 к исследуемой детали проводилось по стандартному технологическому процессу, качество получившегося сварного шва удовлетворяет требованиям ОСТ 95 1487-86 (дефектов в сварном шве не обнаружено).

Результаты исследований показывают, что деталь, изготовленная с применением аддитивных технологий, обладает свойствами, близкими к свойствам детали, изготовленной с помощью традиционных технологий. При этом удалось снизить себестоимость изготовления в 10 раз, значительно сократить время на подготовку к производству, снизить трудоемкость изготовления в несколько раз, повысить производительность труда. Таким образом, проведенная работа показала целесообразность широкого внедрения аддитивных технологий.

Efficiency of using additive technology as alternative to traditional subtractive technology through manufacturing of complex metal parts

A. S. Agafontsev, N. N. Vovk, Y. V. Klevnov, A. N. Kolyvanov, A. V. Korepanov,
V. V. Koshkin, D. A. Luchkin, M. V. Mineychev, A. V. Ovsov, D. V. Sergeev,
V. N. Fomchenko, M. A. Tsarev

Due to the rapid development of additive technology abroad and implementation of the perforating 3D-design into FSUE RFNC-VNIIEF, efficiency evaluation of using additive technology in the production of complex parts made of titanium alloy was performed, as an alternative to existing traditional subtractive technology manufacturing at the NWC enterprises.