

## ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ 3D-НАПЕЧАТАННЫХ ОБРАЗЦОВ ВТ-6 ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Панин С.В.<sup>1,2,a</sup>, Еремин А.В.<sup>1</sup>, Бурков М.В.<sup>1,2</sup>, Любутин П.С.<sup>1</sup>, Бяков А.В.<sup>1</sup>, Почивалов Ю.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

<sup>a</sup>svp@ispms.tsc.ru

Аддитивные технологии являются перспективным способом создания изделий для различных промышленных применений, от строительства до аэрокосмической отрасли. К преимуществам можно отнести повышенную производительность метода, простоту изготовления сложных форм и низкий расход материала. Так, например, в аэрокосмической отрасли традиционные компоненты заменяются на детали, изготовленные с использованием технологий 3D-печати, при этом одним из популярных материалов является сплав ВТ-6. Механические свойства напечатанных изделий могут быть повышены при помощи методов постпечатной-обработки.

В настоящее время для этих целей используются термическая обработка и горячее изостатическое прессование. Новые методы постпечатной обработки должны обеспечивать идентичную эффективность при меньшей технологичности либо энергопотреблении. В частности, они могут быть основаны на ультразвуковой поверхностной ударной обработке (УПУО) или обработке с использованием высокоэнергетических потоков (таких как лазерное либо или электронно-лучевое воздействие).

Работа посвящена исследованию деформационного поведения образцов сплава ВТ6, изготовленных методом селективного лазерного сплавления, и подвергнутых последующей постпечатной комбинированной механо-электрофизической обработке, при испытаниях на статическое и циклическое растяжение. В процессе испытаний анализировали развитие процессов деформации и разрушения образцов в исходном состоянии и после УПУО, совмещенной с высокочастотным электрофизическим воздействием «УПУО+ВЭФВ» с применением метода корреляции цифровых изображений и акустической эмиссии.

Образцы из и порошка сплава ВТ-6 были изготовлены методом послойного лазерного сплавления и имели габаритные размеры: длина: 70 мм (вдоль оси z принтера) и поперечное сечением: 10×10 мм. Заготовки послойно распиливались на электроэрозионном станке для получения полос толщиной ~ 2 мм, которые затем проходили пост-печатную обработку с использованием ультразвуковой поверхностной ударной обработки (УПУО), совмещенной с электрофизическим воздействием (пропусканием высокочастотного электрического тока). Полученные образцы подвергали испытаниям на статическое и циклическое растяжение, в процессе которых проводилась запись сигналов акустической эмиссии и регистрация фотографий поверхности образцов, с нанесенной спекл-картиной (для целей расчета полей деформаций методом DIC). Статические испытания проводили на электромеханической испытательной машине Instron 5582 со скоростью нагружения 0,3 мм/мин; циклические испытания проводили на сервогидравлической испытательной машине BISS Nano 15kN с асимметрией цикла 0,1, максимальной нагрузкой в цикле 600 МПа и частотой циклического растяжения 20 Гц.

Полученные данные анализировали по принципу выявления характерных стадий на временных зависимостях изменения информативных параметров, связанных с развитием деформации. Были построены и исследованы комбинированные графики, включающие зависимости « $\sigma$ - $\epsilon$ », «скорость счета акустической эмиссии –  $\epsilon$ » и «средняя деформации –  $\epsilon$ », рассчитанные с помощью DIC. Обсуждается влияние постпечатной обработки на изменение структуры и деформационного поведения исследуемых материалов.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках Программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» Министерства науки и высшего образования РФ; Соглашение № 05.583.21.0089, идентификатор проекта RFMEFI58318X0089.