

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АДДИТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ильиных А.В.¹, Паньков А.М.¹, Струнгарь Е.М.¹

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, ilinih@yandex.ru

Ключевые слова: анизотропия, механические свойства, аддитивные материалы, экспериментальные исследования.

Исследование типа анизотропии упругих свойств аддитивных материалов является актуальной задачей экспериментальной механики деформированного твердого тела. Послойное формирование изделий и использование различных стратегий наплавки или сплавления приводит к появлению анизотропии механических свойств разного типа, которая не исчезает даже в случае применения термической обработки после изготовления [1-6]. Оценка анизотропии механических свойств и экспериментальное определение величин основных механических характеристик необходимы для управления жизненным циклом получаемых аддитивных изделий.

Использование технологий селективного лазерного сплавления и плазменной наплавки позволяет получать аддитивные изделия сложной геометрической формы. Такая форма аддитивных изделий создает значительные трудности при экспериментальных исследованиях их механических свойств. В первую очередь, возникают проблемы изготовления образцов для испытаний, размеры которых соответствуют стандарту ГОСТ 1497-85. Приходится, придерживаясь некоторых рекомендаций стандарта ГОСТ 1497-85, вырезать из конструкции образцы меньших размеров. При испытаниях таких образцов необходимо использовать оригинальные методики экспериментальных исследований, позволяющие при небольших размерах образцов определить их механические свойства [7, 8].

Экспериментальные исследования проводились в Центре экспериментальной механики ПНИПУ. При статическом нагружении на растяжение, кручение и сдвиг образцов разной формы использовались следующие испытательные системы: Instron 5882, Instron 8850 и Instron ElectroPuls E10000. Для определения деформаций на поверхности образца использовались датчики фирм Instron и Epsilon с разными измерительными базами. При отсутствии возможности установки датчиков деформаций на маленькие образцы применялась цифровая оптическая система анализа полей перемещений и деформаций Vic-3D, использование которой позволило определить, как осевые, так и сдвиговые деформации на поверхности образцов (рис. 1).

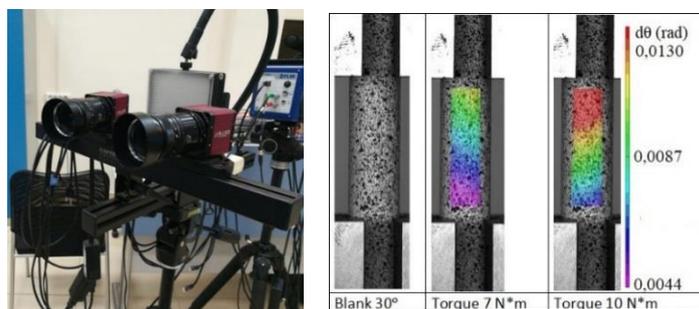


Рисунок 1 - Использование видеосистемы Vic-3D (слева) для определения углов поворота при кручении

Испытания на растяжение, сдвиг и кручение проводились для трех различных аддитивных материалов (AlSi10Mg и 12X18H10T, изготовленных методом селективного лазерного сплавления, и 316LSi, полученный методом плазменной наплавки проволокой).

На основе проведенного комплекса экспериментальных исследований при статическом нагружении образцов, выращенных или вырезанных в разных направлениях, из рассматриваемых материалов были определены следующие упругие характеристики: модули

Юнга и коэффициенты Пуассона при растяжении; модули сдвига при кручении и сдвиге; пределы пропорциональности, текучести и прочности при растяжении или кручении. Анализ комплекса экспериментальных данных позволил сделать предварительные выводы об анизотропии механических свойств рассматриваемых аддитивных материалов.

Список литературы

1. Dirk Herzog, Additive manufacturing of metals / Vanessa Seyda, Eric Wycisk, Claus Emmelmann // *Acta Materialia* 117 (2016) 371-392.
2. John J. Lewandowski, Mohsen Seifi, Metal Additive Manufacturing: A Review of Mechanical Properties// *Annu. Rev. Mater. Res.* 2016. 46:14.1–14.36.
3. Tarik Hasib, M Fatigue crack growth behavior of laser powder bed fusion additive manufactured Ti-6Al-4V: Roles of post heat treatment and build orientation. / Ostergaard, H. E., Li, X., & Kruzic, J. J. // *International Journal of Fatigue*, 142 (2021) doi:10.1016/j.ijfatigue.2020.105955.
4. Ilinykh A.V. Mechanical properties of AISI 321 steel obtained by selective laser melting // *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Aerospace engineering.* – 2018. – No. 55. – pp. 103-109.
5. Паньков А.М., Ильиных А.В., Исследование зависимости механических характеристик SLM-образцов от направления выращивания. // *Математическое Моделирование в Естественных Науках.* – 2021. – №1. – с. 355-357.
6. А.М. Паньков, экспериментальное исследование анизотропии упругих свойств материалов, полученных аддитивными методами. / А.В. Ильиных, А.В. Лыкова, Т.В. Третьякова // *сборник материалов Механика, Ресурс и Диагностика. Материалов и Конструкций.* – 2022. – С. 122.
7. Ильиных А.В., Паньков А.М., Струнгарь Е.М. Циклические испытания на кручение алюминиевого сплава АСП35, полученного методом селективного лазерного сплавления. // *Актуальные вопросы машиноведения.* – 2022. – Т. 11. – С. 254-256.
8. Demkovich N.A., Volkov I.A., Yablochnikov E.I Application of numerical modeling systems in the implementation of new production technologies. // *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* – 2016. – No. 4-3. – pp. 459-463.

Сведения об авторах

Ильиных А.В., к.т.н., доцент. Усталость материалов, экспериментальная механика, аддитивные материалы.

Паньков А.М. младший научный сотрудник. Экспериментальная механика, аддитивные материалы.

Струнгарь Е.М., к.ф.-м.н., старший научный сотрудник. Экспериментальная механика, композиционные материалы, анализ деформаций на поверхности образцов.

EXPERIMENTAL STUDY OF ANISOTROPY OF MECHANICAL PROPERTIES OF ADDITIVE MATERIALS

Ilinykh A.V.¹, Pankov A.M.¹, Strungar E.M.¹

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, ilinih@yandex.ru

Keywords: anisotropy, mechanical properties, additive materials, experimental studies.

The issues of realization of static properties of additive structural alloys at different orientations of samples with respect to the direction of cultivation are investigated. The orientation dependence of mechanical properties for the presented additive materials is analyzed. The anisotropy of the mechanical properties of additive materials is evaluated based on the results of complex experimental studies.