

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗАГОТОВОК ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ СПЛАВЛЕНИИ НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛИ «СМЕСИТЕЛЬ»

Хупутдинов В.Р.<sup>1</sup>, Петрунько А.А.<sup>1</sup>, Алексеев В.П.<sup>1</sup>  
Самарский университет, г. Самара,<sup>1</sup> khuputdinov.vr@ssau.ru

*Ключевые слова:* аддитивные технологии, селективное лазерное сплавление, остаточные деформации, прогнозирование, численное моделирование.

Селективное лазерное сплавление (СЛС) позволяет изготавливать детали сложной формы, однако неравномерное температурное поле в процессе выращивания приводит к возникновению остаточных напряжений и, как следствие, деформаций заготовок [1]. Это особенно критично для тонкостенных деталей, где отклонения от номинальной геометрии могут превышать допустимые значения. Возможность заранее предсказать величину и характер деформаций позволяет внести упреждающие изменения в геометрию модели или в конфигурацию поддерживающих структур, не прибегая к дорогостоящим экспериментам.

Целью данной работы является прогнозирование остаточных деформаций заготовки «Смеситель» из жаропрочного сплава ВЖ159, изготавливаемой методом СЛС, с помощью численного моделирования. В работе также оценивается эффективность компенсации деформаций путём коррекции исходной геометрии.

Прогнозирование деформаций выполнялось в программном комплексе Simufact Additive. На первом этапе проведена калибровка модели с использованием специальных калибровочных образцов (рис. 1а), позволившая определить коэффициенты остаточных деформаций для материала ВЖ159. Затем выполнено моделирование процесса выращивания заготовки «Смеситель» с исходной конфигурацией поддерживающих структур (рис. 1б). В расчёте учтены операции термической обработки и отделения заготовки от платформы построения. Результат моделирования представлен на рис. 1в.

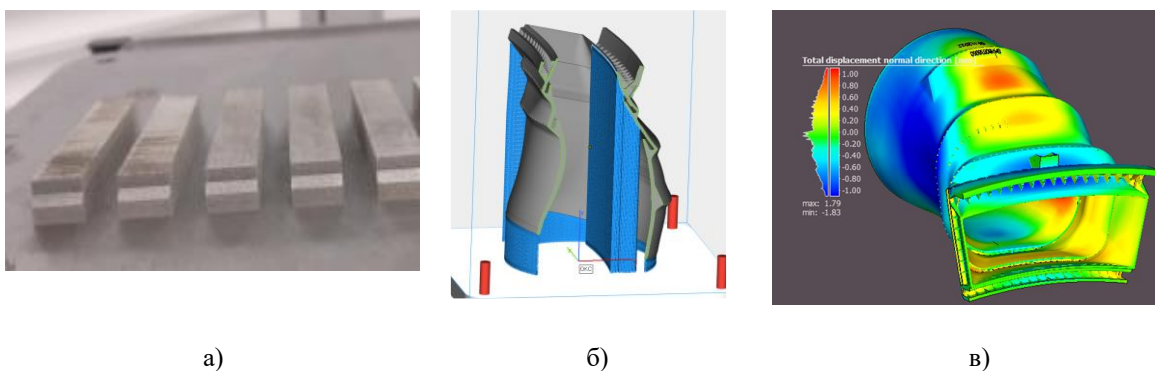


Рис. 1 – Калибровочные образцы (а), исходная конфигурация поддержек (б)  
и прогнозируемые деформации (в)

Заготовка «Смеситель» была изготовлена на установке SLM 280HL из металлического порошка ВЖ159 (фракция 15–53 мкм). Контроль геометрии выполнен на 3D-сканере Range Vision Pro. Характер отклонения опытного образца совпал с предсказанными моделью, что подтверждает адекватность калибровки и достоверность прогноза.

На основе полученного прогноза в исходную геометрию заготовки была внесена предварительная коррекция с помощью программного комплекса Simufact Additive. Вторичное моделирование скорректированной модели (рис. 2) показало, что наибольшие отклонения не превышают  $\pm 0,3$  мм, что соответствует техническим требованиям.

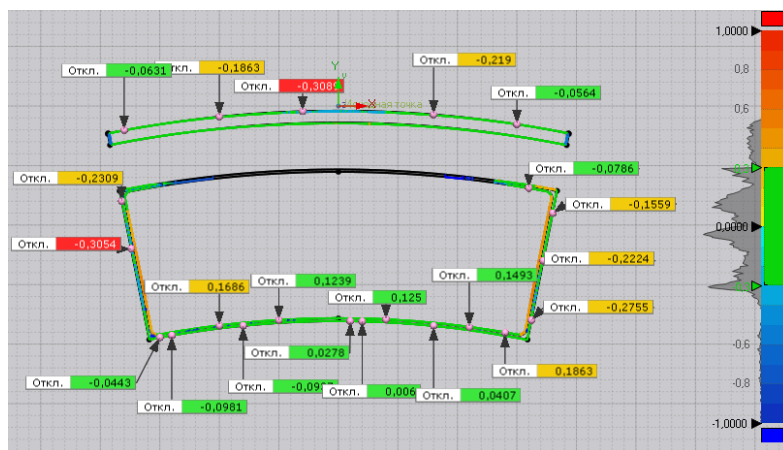


Рис. 2 – Прогнозируемые отклонения после коррекции геометрии ( $\pm 0,3$  мм)

Предложенный подход позволяет с высокой достоверностью прогнозировать остаточные деформации заготовок, изготавливаемых методом селективного лазерного сплавления. Для детали «Смеситель» из сплава ВЖ159 прогнозируемые отклонения после коррекции геометрии составили  $\pm 0,3$  мм, что подтверждено экспериментально. Рекомендуется использовать численное моделирование для прогнозирования деформаций тонкостенных деталей сложной формы на этапе технологической подготовки производства.

### Список литературы

1. Strano, G. Surface roughness analysis, modelling and prediction in selective laser melting / G. Strano, L. Hao, R.M. Everson, K.E. Evans // Journal of Materials Processing Technology. – 2013. – Vol. 213(4). – P. 589-597.
2. Степаненко И.С., Печенин В.А., Рузанов Н.В., Хаймович А.И. Методика повышения точности деталей ГТД, изготавливаемых селективным лазерным спеканием. В сборнике: Информационные технологии и нанотехнологии. Сборник трудов ИТНТ-2018. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева. – 2018. – С. 1672-1680.

### Сведения об авторах

Хупутдинов Вадим Рифович – студент группы 3202-240405D, Самарский университет. Область научных интересов: двигатели летательных аппаратов, аддитивные технологии, селективное лазерное сплавление.

Петрунько Алена Андреевна – студент группы 3102-240405D, Самарский университет. Область научных интересов: двигатели летательных аппаратов, аддитивные технологии, селективное лазерное сплавление.

Алексеев Вячеслав Петрович – к.т.н., доцент кафедры технологий производства двигателей, Самарский университет. Область научных интересов: аддитивные технологии и производственный контроль.

### IMPROVING THE ACCURACY OF BLANKS PRODUCED BY SELECTIVE LASER FUSION

Khuputdinov V.R.<sup>1</sup>, Petrunko A.A.<sup>1</sup>, Alekseev V.P.<sup>1</sup>  
Samara University, Samara, khuputdinov.vr@ssau.ru

*Keywords: additive manufacturing, selective laser melting (SLM), residual deformation, prediction, numerical simulation.*

Selective laser melting (SLM) causes residual stresses and deformations due to uneven temperature fields. This paper presents a methodology for predicting residual deformations of

a «Mixer» workpiece made of VZh159 superalloy using Simufact Additive software. Calibration specimens were used to determine deformation coefficients for the material. The predicted deformations were verified experimentally using a 3D scanner. Based on the prediction, a geometry correction was introduced, reducing maximum deviations to  $\pm 0.3$  mm. Numerical simulation is recommended for predicting deformations of thin-walled complex parts at the process planning stage.