

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЫЖИГАЕМЫХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FDM ПЕЧАТИ

Вдовин Р.А., Балякин А.В., Гончаров Е.С., Злобин Е.П.
Самарский университет, г. Самара, goncharov.es@ssau.ru

Ключевые слова: FDM, выжигаемая модель, отливка, PLA, шероховатость, точность.

Первым шагом в данном исследовании стал выбор детали для изготовления, которая соответствует требованиям:

1. Деталь должна иметь промышленное применение;
2. Конструкция может подвергаться изменениям, в тоже время она должна быть пригодна для серийного производства.
3. Сложность изготовления металлической пресс-формы для неё.

С учетом этих требований выбрана деталь: корпус камеры сгорания ГТУ. Внешний вид с габаритными размерами отливки выбранной детали представлен на рис.1. К выжигаемой модели предъявляются следующие требования по точности изготовления: допуск на отклонение формообразующих поверхностей ± 1 мм, на габаритные размеры модели $\pm 1,2$ мм; допуск на отклонение размеров элементов литниково-питающей системы ± 3 мм. По шероховатости поверхности не более Rz 80.

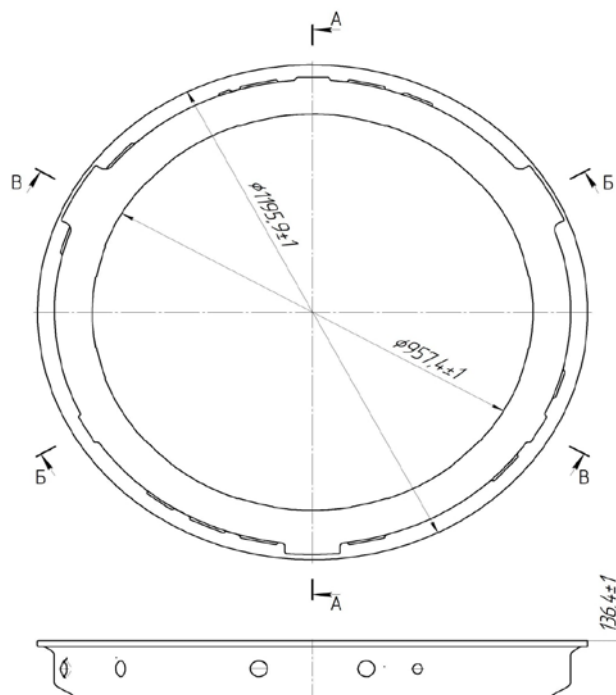


Рис. 1. Внешний вид и габаритные размеры отливки детали без литниково-питающей системы

Для изготовления физической мастер-модели в FDM принтере, была создана 3D-CAD модель с учётом усадки материалов. После этого 3D-CAD модель преобразована в формат STL. Следует отметить, что описанные выше действия не являются производственной частью [1-4]. Цель работы состоит в том, чтобы понять, обеспечивает ли технология FDM изготовление точных копий для дальнейшего их использования в качестве выжигаемых моделей в литейном производстве для промышленности. Входными параметрами для настоящего исследования являются материал модели; стоимость изготовления, время изготовления и производительность, точность размеров и шероховатость изготовленных моделей.

Материал используемый в данном исследовании PLA пластик (полилактид). Материал используется для печати объектов, применяемых в литье по выжигаемым моделям, массовая доля золы менее 0.1% от массы напечатанного объекта при выжигании его при температуре

700°C. Основные параметры печати на 3D принтере: температура сопла 215°C; температура стола 70°C; обдув обязательно.

Для измерения параметров шероховатости и параметров волнистости на напечатанных деталях использовали профилограф Hommel – Etamic Tester W55. Измерения проводили на образцах свидетелях, изготавливаемых одновременно с выжигаемой моделью и на тех же режимах. Результаты измерения шероховатости представлены в табл. 1.

Табл. 1. Результаты измерения шероховатости поверхности

Направление измерения	Измеряемый параметр, мкм	Номер измерения			Среднее значение
		1	2	3	
Вдоль направления выращивания	Ra	16,54	16,75	16,3	16,53
	Rz	66,2	67,3	68,5	67,3
Перпендикулярно направлению выращивания	Ra	0,51	0,29	0,65	0,48
	Rz	2,1	1,16	2,6	1,95

Наружные измерения линейных размеров образцов производились с помощью штангенциркуля ШЦ-2-1500, имеющего цену деления 0,05 мм и штангенрейсмаса ШРЦ- 600 имеющего цену деления 0,01 мм. Результаты измерения приведены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты измерения выжигаемой модели отливки из пластика PLA

Сечение (рис.1)	Номер измерения			Среднее значение	Примечание
	1	2	3		
$\phi 957,4 \pm 1$ (min 956,4 – max 958,4)					
А-А	958,2	958,2	958,3	958,2	В допуске
Б-Б	958,1	958,2	957,9	958,1	
В-В	958,2	957,9	957,6	957,9	
$\phi 1195,9 \pm 1$ (min 1194,9 – max 1196,9)					
А-А	1196,0	1195,9	1196,0	1196,0	В допуске
Б-Б	1196,1	1197,0	1195,1	1196,1	
В-В	1195,9	1196,5	1196,4	1196,3	
$136,4 \pm 1$ (min 135,4 – max 137,4)					
А-А	135,9	136,0	136,1	136,0	В допуске
Б-Б	136,0	135,9	136,0	136,0	
В-В	136,2	136,4	136,4	136,3	

Были рассмотрены два варианта печати модели отливки: целиком, с ЛПС и с разделением на отливку и ЛПС. В обоих случаях используется сопло диаметром 1 мм, высота слоя 0,5 мм. Печать отливки вместе с ЛПС занимает время примерно 44 дня, при этом на печать поддержки уходит порядка 43 килограмма пластика и примерно 27 дней от общего времени печати. Во втором случае (с разделением на отливку и ЛПС) времени потребуется 30 дней, суммарный расход пластика на поддержку составляет 22,6 кг и 15 дней от общего времени печати. Время печати самой детали составляет 8 дней 15 часов, расход пластика на поддержку составляет 2,4 кг. Большое количество времени непрерывной печати усложняет контроль за принтером, увеличивает вероятность сбоев и непредвиденных обстоятельств, таких как отключение электричества, окончание пластика, резкий перепад температур и влажности в комнате из-за смены погоды. Экономия по времени печати составляет 3 дня, а по материалу 18 кг.

На основании проделанной работы, изготовленных выжигаемых моделей, предназначенных для литейных процессов, можно сделать следующие выводы:

- Оценка размеров, напечатанной модели, изготовленной по технологии FDM, соответствуют допустимому диапазону отклонений.

- Описанный выше метод получения выжигаемых моделей лучше для использования в опытном и мелкосерийном производстве, для которого стоимость производства пресс-форм и другой оснастки больше, чем печать на 3D принтере.

Список литературы

1. Вдовин Р.А. Разработка и внедрение в производство цифровой гибридной технологии изготовления лопаток ГТД на основе методов быстрого прототипирования // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьева. — 2019. — № 4 (51). — С. 47-52
2. Балякин А.В., Вдовин Р.А., Безсонова Е.М. и др. Анализ параметров процесса Polyjet для изготовления мастер-моделей с помощью планирования эксперимента // Современные наукоемкие технологии. — 2018. — № 8. — С. 21-26
3. Вдовин Р.А., Агаповичев А. В., Балякин А.В. и др. Разработка методики литья из жаропрочных сплавов сложных деталей малоразмерных газотурбинных двигателей с применением аддитивных технологий // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. — 2014. — № № 5-3 (47). — С. 19-25
4. Балякин А.В., Смелов В.Г., Чемпинский Л.А. Применение аддитивных технологий для создания деталей камеры сгорания // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2012. № 3-2 (34). С. 47-52.

Сведения об авторах

Вдовин Роман Александрович, к.т.н., доцент, Область научных интересов: Литье металлов и сплавов, получение монокристаллических отливок.

Балякин Андрей Владимирович, старший преподаватель, Область научных интересов: 3D печать, быстрое прототипирование, прямое лазерное выращивание

Гончаров Евгений Станиславович, аспирант, Область научных интересов: 3D печать, прототипирование, постобработка пластиков.

Злобин Евгений Петрович, студент магистратуры, Область научных интересов: 3D печать, постобработка деталей, изготавливаемых аддитивными технологиями.

PRODUCTION OF BURNABLE MODELS USING FDM PRINTING

Vdovin R. A., Balyakin A.V., Goncharov E. S., Zlobin E. P.

Samara National Research University, Samara, Russia, goncharov.es@ssau.ru

Keywords: FDM, consumable pattern, casting, PLA, roughness, precision.

In the article, the authors analyzed the technological capabilities of FDM technology that can be effectively used for the manufacture of consumable pattern for casting. This method is considered economical for single production, because it does not require a manufacturing of production tooling. However, the surface roughness of models made by FDM printing is worse compared to the surface roughness of wax models produced in the traditional way using metal molds. The authors measured the surface roughness in the longitudinal and transverse directions and confirmed the acceptable surface quality for most parts manufactured in mechanical engineering. The paper estimates the cost of manufacturing and the production time of the consumable pattern.