

Внедрение аддитивных технологий в голографии и литографии

А. Р. Ахметов

АО «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики»,
Казань, Россия

В докладе рассмотрено изготовление элементов и инструментов с использованием аддитивных технологий. Представлено сравнение получения изделий на 3D-принтере и фрезерно-токарным способом. Показано, что 3D-печать в рамках проделанных работ для голографии и литографии превзошла фрезерно-токарный способ по следующим параметрам: оперативность, эргономичность, гибкость, себестоимость.

Ключевые слова: производство, 3D-печать, голография, литография.

Цитирование: Ахметов, А. Р. Внедрение аддитивных технологий в голографии и литографии / А. Р. Ахметов // HOLOEXPO 2021 : XVIII Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — С. 169–172.

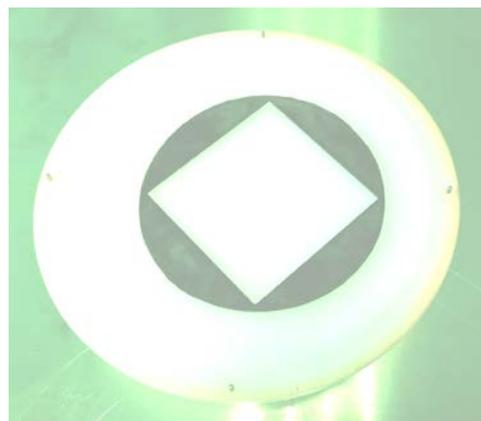
Трехмерная печать активно развивается и внедряется в разные сферы человечества. Опрос 1000 руководителей и технологов предприятий, проведенный французской компанией Sculpteo, показал, что 93% респондентов рассматривают 3D-печать как конкурентное преимущество, и этот показатель продолжает расти из года в год [1]. Поскольку трехмерная печать начинает применяться в самых разных отраслях, она становится все более важным условием сохранения конкурентоспособности.

В предыдущей статье [2] были подняты следующие задачи, которые могут быть решены с помощью 3D-печати в отделе дифракционных решеток АО «НПО ГИПО»:

- обеспечение доступными оправами дифракционных оптических элементов любой формы и размеров, в зависимости от рабочей зоны 3D-печати;
- снижение затрат на покупку импортных компонентов при построении оптических стендов и узлов;
- производство тары для продукции;
- модификация оптических приборов, стендов и расширение ассортимента продукции.

Использование 3D-печати принтера с рабочей зоной 300×300×400 мм на базе полимерных материалов позволило достичь следующих результатов:

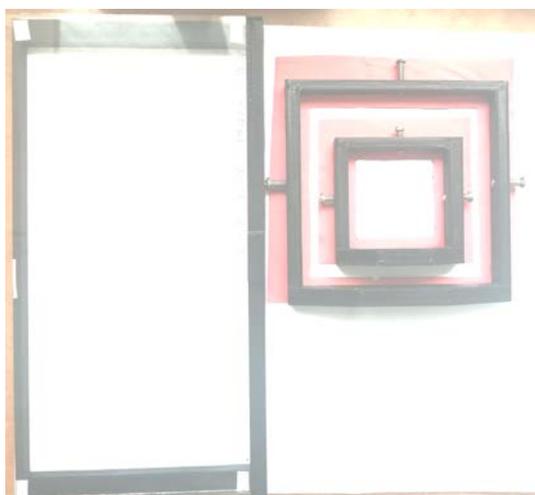
- а) создание посадочного крепления (рис. 1а) и рамки для центрирования детали в центрифуге в случае нестандартного заказа (рис. 1б),
- б) создание технологических рамок и реек необходимых размеров и форм (рис. 2),
- в) повышение эргономичности и создание специальных инструментов, ускоряющих процесс измерения и центрирования рисунков трафарета, используемых в литографии (рис. 3).



а) крепежная база для вакуумного прижима в центрифуге: заводская из фторопласта (белая), распечатки на 3D-принтере (кремового и черного цвета)

б) распечатка рамки для центрирования заготовок в центрифуге

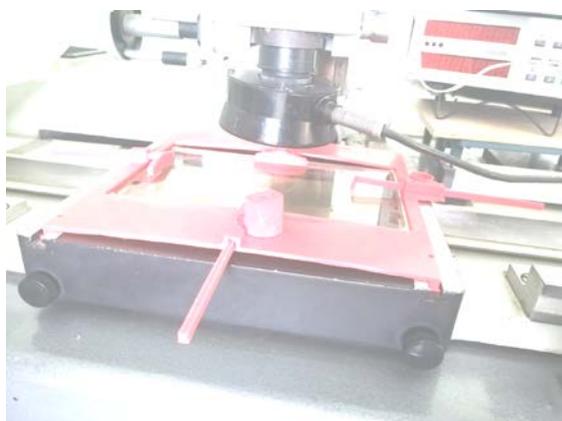
Рис. 1. 3D-печать для литографии



а) технологические рамки для различных размеров заготовок: 220×160 мм (слева), 120×120 мм (справа) и 60×60 мм

б) рейки для прижима в оправу крупных заготовок дифракционных решеток

Рис. 2. 3D-печать для литографии



а) модуль для ДИП-1 для фиксации трафарета и центрирования детали вдоль изображения

б) рамка с прижимной системой заготовок для литографии

Рис. 3. Вспомогательные инструменты

Табл. 1. Свод данных элементов, полученных разными способами

Название	Материал	Метод	Длительность изготовления	Трудоемкость, Т	Цена сырья, ЦС	Вес продукта	Вес сырья, ВС	Норма часа, НЧ	Себестоимость, С
			часов	часов	руб./кг.	кг.	кг.	руб./час	руб.
Вакуумный крепеж для заготовок	ПА	Т-Ф	96	8	350	0,063	0,1	326,5	2767,00
	Clotho-ABS	3D-п.	3	3	4000	0,0198	0,021	326,5	1096,50
Технологическая рамка трех размеров	ПА	Т-Ф	24	16	350	0,206	0,25	326,5	5551,50
	ПЛА	3D-п.	10	10	1790	0,123	0,125	326,5	3598,75
Модуль для ДИП-1	ПА	Т-Ф	168	32	350	1,13	1,250	326,5	11374,25
	АБС	3D-п.	10	10	1100	0,427	0,450	326,5	3892,00

3D-п. — метод 3D-печати, Т-Ф — токарно-фрезерный метод, АБС — тройной блок-сополимер акрилонитрил-бутадиен-стирол, ClothoABS — стеклонаполненный АБС, ПА — полиамид, ПЛА — полилактид,

Модуль для ДИП-1 (двухкоординатный измерительный прибор) позволяет устранить влияние человеческого фактора при расположении заготовки ограничителей на трафарете. При работе без этого модуля сложно вручную подводить детали с точностью до 10 мкм.

Большая часть деталей, полученных аддитивным способом, используется не как прототипы, а как завершённые инструменты, поэтому, снижается стоимость процесса изготовления оптических деталей.

Данные, полученные при изготовлении изделий различными способами, представлены в табл. 1. Результаты показали, что себестоимость деталей, полученных 3D-печатью, в 2–3 раза ниже, чем обычным способом. Цена принтера 215000 руб., токарно-фрезерного станка 280000 руб, длительность эксплуатации в расчетах вели на 5 лет. Амортизация (Ам) 3D-принтера — 11 руб./час, токарно-фрезерного станка — 15 руб./час.

Внутреннюю себестоимость рассчитывали по следующей формуле.

$$C = Am * T + T * НЧ + ЦС * ВС$$

Одна из причин снижения себестоимости связана со снижением времени на изготовление изделия. Длительность изготовления токарно-фрезерным способом в табл. 1 имеет высокие значения, что обуславливается не только техническими особенностями исполнения деталей, но и затратой времени на частую смену насадок и изменение настроек станка. Оперативность — это один из важных показателей для коммерческой работы, и аддитивный метод демонстрирует это преимущество.

Необходимо отметить, что в случае с насадкой для центрифуги (рис. 1а), важным условием использования является низкая масса. При увеличении веса заготовки с насадкой происходит биение двигателя. Низкая масса достигается благодаря возможности регулирования заполнения определенной формы в определенной закономерности с помощью аддитивной технологии послойного нанесения. Поэтому конструкция насадки (рис. 1а) выстраивалась по гироидной форме (трехмерная волна), а заполнение полимерным материалом составляло 20%. Благодаря этому требовалось меньше материала, и достигалась равномерность центробежных сил. Снижение количества материала позволило снизить себестоимость детали, и это при том, что стоимость сырья для 3D-печати выше в 2–5 раз, по сравнению с листами полимерных материалов для токарно-фрезерной установки.

Таким образом, применение 3D-принтера способствует:

- ускорению выполнения задач,
- снижению себестоимости исполнения задач и экспериментов,
- упрощению выполнения сложных форм путем регулирования плотности изделия,
- созданию эргономичных элементов и узлов, упрощающих технологические процессы.

Использование 3D-печати подтвердило эффективность развития отдела дифракционных решеток АО «НПО ГИПО». 3D-печать по своей функциональности дополняет изготовление, чем замещает токарно-фрезерные технологии. Практически каждая задача в голографии и литографии является уникальной, что требует гибкости, скорости и рентабельности в их решении. Поэтому 3D-печать идеально подходит для решения технологических задач в нашей области.

Список источников

- [1] «Состояние рынка 3D-печати» перевод статьи «State of 3D Printing» / URL: https://www.sculpteo.com/en/get/report/state_of_3d_printing_2018
- [2] **Ахметов, А. Р.** Анализ аддитивных технологий в приборостроении гражданского направления / А. Р. Ахметов // НОЛОEXPO 2020 : XVII международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — С. 166–170.