

## ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ)

**Введение.** Создание прототипов — важнейшая часть процесса разработки, зачастую вызывающая сложности. [1] В данной работе исследуется применение аддитивных технологий для изготовления прототипов изделий с использованием стереолитографии (SLA) и фотополимерных смол.

Основная цель — изучить процесс подготовки и печати 3D-моделей на примере 3D-принтера Creality LD-006, включая выбор оборудования, программного обеспечения, настройку параметров и сравнительный анализ смол для достижения оптимальных характеристик изделия.

**Основная часть.** 3D принтер Creality LD-006 (рисунок 1) — это фотополимерный принтер от известного китайского производителя. 3D-принтер работает по технологии LCD и вышел на рынок только в 2021 году. В этой модели инженеры из Creality применили 8,9-дюймовую ЖК-матрицу, твердотельный дисплей с разрешением 4K, новую удобную ванночку для смолы, эффективную систему очистки воздуха и множество других интересных решений. Принтер обладает высокой скоростью печати и объёмной зоной построения. LD-006 станет прекрасным выбором для решения задач в сфере стоматологии, медицины, ювелирного дела и архитектуры. [2] Фотополимерный принтер Creality LD-006 — это SLA-принтер с закрытым корпусом. Размеры области печати: 120×192×250 мм, с точностью позиционирования по осям X и Y — 50 мкм, по оси Z — 10 мкм. Принтер работает с фотополимерами толщиной 1,75 мм, стеклянный стол без подогрева. Полноцветная печать отсутствует.

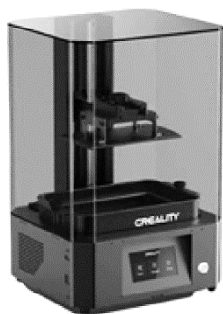


Рисунок 1 — Фотополимерный принтер Creality LD-006

Устройство оснащено сенсорным дисплеем, поддерживает USB и Wi-Fi, работает с файлами в формате .stl. Камера, автокалибровка, пауза при печати и датчик конца нити не предусмотрены. Корпус белого цвета. Карта памяти в комплект не входит, сборка не требуется. Размеры принтера: 290×325×500 мм, вес — 14,3 кг.

Рынок смол для SLA активно развивается, предлагая материалы с различными механическими, оптическими и химическими свойствами. По составу они делятся на акрилатные, эпоксидные и уретановые. Акрилатные смолы ценятся за прочность и детализацию, эпоксидные — за химическую стойкость и термостойкость, уретановые — за гибкость и ударопрочность. Для создания прототипа карниза оптимальным выбором является эпоксидная смола EpoxAcast 690 от Smooth-On благодаря её прочностным и термостойким характеристикам.

Слайсер — программа, подготавливающая 3D-модель к печати, преобразуя её в слои. Для фотополимерных принтеров (SLA, DLP, LCD) стандартные слайсеры с G-кодом не подходят, поэтому они обычно комплектуются фирменными программами с ограниченным функционалом. [3]

ChiTuBox, разработанный CBD-Tech в 2017 году, является популярной альтернативой благодаря удобству интерфейса и функционалу. Для использования программы нужно выбрать принтер (в данном случае Creality LD-006), загрузить 3D-модель в формате .stl и, с помощью инструмента «Поворот», установить поверхность, опирающуюся на стол принтера. Поверхности, выходящие за границы камеры, подсвечиваются красным. Далее устанавливаются «Поддержки» для модели, что необходимо для печати сложных элементов.

Параметры поддержек для трёхмерной печати распределяются по следующим категориям.

Для верхних поддержек: сенсорная форма отсутствует, точка контакта составляет 0,4 мм, соединение выполнено в форме конуса с верхним диаметром наконечника 0,4 мм и нижним диаметром 1,2 мм, длина соединения равна 2 мм.

Средние поддержки имеют цилиндрическую форму с диаметром 1,2 мм и углом 70 градусов. Малая форма столба выполнена в виде конуса с диаметром 0,5 мм. Верхняя и нижняя глубина составляют по 0,3 мм. Максимальное расстояние между поперечной структурой (по осям XY) — 30 мм, а высота соединения — 3 мм.

Нижние поддержки включают основание в виде подошвы с диаметром 12 мм и толщиной 1 мм. Форма контакта отсутствует, диаметр контакта — 0,6 мм, точка контакта — 0,2 мм, и контактная точка равна 1.

Для плота предусмотрена форма в виде подошвы с коэффициентом площади 110%, толщина рафта составляет 1 мм, высота плота — 1,8 мм, уклон — 30 градусов. Длина и ширина стенки равны по 2 мм. Затем с помощью инструмента «Автоматическая поддержка» слайсер сам определяет поверхности, для которых необходимы «Поддержки» и выставляет их в соответствии с ранее указанными параметрами. В итоге получаем трёхмерную модель с поддержками (рисунок 2).

Затем перейдя в «Настройки фрагмента» указываем остальные параметры, а именно: более подробные настройки 3D принтера, смолы и печати.

3D-принтер: используется модель CREALITY LD-006 с типом зеркала LCD\_mirror. Разрешение по осям X и Y составляет 3840 и 2400 пикселей соответственно. Размеры области печати — 192 мм по оси X, 120 мм по оси Y и 250 мм по оси Z. Смещение зоны сборки отключено. Выбрана эпоксидная смола EpoxAcast 690 прозрачного цвета, с плотностью 1,1 г/мл и стоимостью 98,09 руб. Параметры печати: высота слоя составляет 0,05 мм, нижних слоев — 5. Время экспозиции — 3,5 секунды, время засветки нижних слоев — 15 секунд. Переход слоя осуществляется линейно с графом 10. Режим ожидания во время печати — время отдыха, с временем после отвода — 1 секунда. Высота подъема — 7 мм, нижнее и общее расстояние отвода также 7 мм. Скорость подъема — 70 мм/мин, нижняя скорость отвода — 150 мм/мин.

После указания всех необходимых параметров, следует «Нарезка» трехмерной модели на слои. Во время данного процесса слайсер автоматически разбивает трехмерную модель и поддержки на слои. После «Нарезки» слайсер автоматически рассчитывает: примерное количество расходуемой смолы, все будущего изделия (с учетом поддержек), примерную стоимость печати (в соответствии с ранее указанной ценой в параметрах смолы) и время печати. Итоговые значения после «нарезки» трехмерной модели включают следующие показатели: объем расходуемой смолы составляет 85,696 литра, вес модели — 94,2656 грамма. Стоимость составляет 9,25 рубля, а общее время печати — 10 часов 10 минут 32 секунды.

Затем сохраняем файлы по необходимому пути в формате .ctb, который поддерживается фотополимерным принтером Creality LD-006.

**Заключение.** Использование 3D-печати на основе фотополимерных смол позволяет значительно сократить время разработки и повысить качество прототипов, что делает данный метод важным инструментом для быстрого прототипирования и малосерийного производства.

#### Список цитируемых источников

1. Полное руководство по быстрому прототипированию при разработке продукции // High Resolution SLA and SLS 3D Printers for Professionals [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://formlabs.com/ru/blog/ultimate-guide-to-rapid-prototyping/>. – Дата доступа 25.09.2024.
2. 3D принтер Creality LD-006 // 3D принтеры, сканеры, расходные материалы, услуги 3D печати [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://lider-3d.ru/catalog/3d\\_printery/3d\\_printer\\_creality\\_ld\\_006](https://lider-3d.ru/catalog/3d_printery/3d_printer_creality_ld_006). – Дата доступа 25.09.2024.
3. Обзор слайсера ChiTuBox для 3D печати // Интернет-магазин 3D принтеров, 3D сканеров, пластиковых нитей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3d-m.ru/obzor-slajsera-chitubox-dlya-3d-pechati/>. – Дата доступа 25.09.2024.

УДК 621.983.044

**С. В. Матыборский**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь*

*Научные руководители  
Е. В. Rogozina, Т. Я. Богданова*

## КРИОГЕННАЯ УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

**Введение.** На практике для дополнительного увеличения прочностных характеристик металлических изделий чаще прибегают к термической обработке (отжиг, закалка и отпуск) или к химико-термической обработке (цементация, азотирование) при высокой температуре. После обработки высокой температурой следует охлаждение детали, при котором в обрабатываемом изделии могут возникать остаточные деформации, которые приводят к дефектам внутри металлов и к последующим разрушениям. Также обработанное металлическое изделие может иметь недостаточные прочностные характеристики для долговечной работы в разных условиях. Эту проблему решается следующим методом обработки: криогенная. Эта технология была открыта в середине 20 века, но популярность пришла в современное время. Технология криогенной обработки металлических деталей, с целью повышения их ресурса, достаточно широко применяется за рубежом и в странах СНГ (в частности в России и реже в Беларуси).

**Основная часть.** Криогенная упрочняющая обработка металлических изделий представляет один из методов упрочнения металлов при помощи сверхнизкой температуры (от 0 до  $-272^{\circ}\text{C}$ ) в целях повышения износостойкости и снятия остаточных напряжений. Она включает в себя охлаждение материала до температуры жидкого азота, откуда материал приобретает свойства, а потом изделия достают из оборудования после окончания обработки. Полученные свойства материала сохраняются в течение всего срока службы.

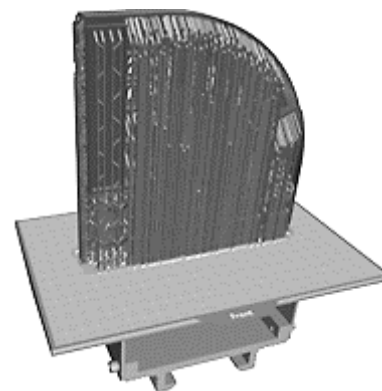


Рисунок 2 — Трехмерная модель с автоматическими «Поддержками»