

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»

Сали Темірлан Аббасұлы

«Изготовление детали на 3D принтере»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5B071200 – Машиностроение

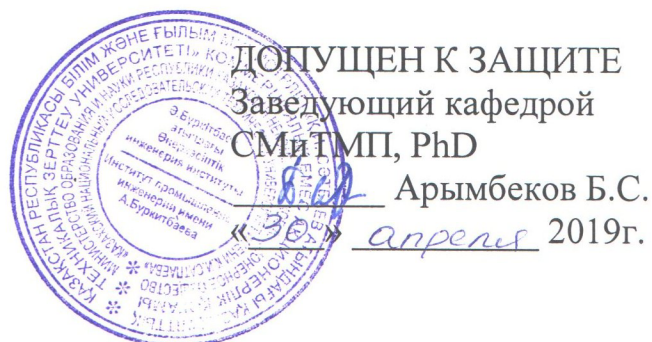
Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Изготовление деталей на 3D - принтере»
по специальности: 5В071200 - Машиностроение

Выполнил

Сали Т.А.

Рецензент

Научный руководитель
канд. техн. наук, сеньор
лектор Сушкова О.А.

Магистр технических наук
Преподаватель КазАДИ им. А.Б.Гончарова
Шакирова Ж.Н.

«19» август 2019г.



«19» август 2019г.

Алматы 2019

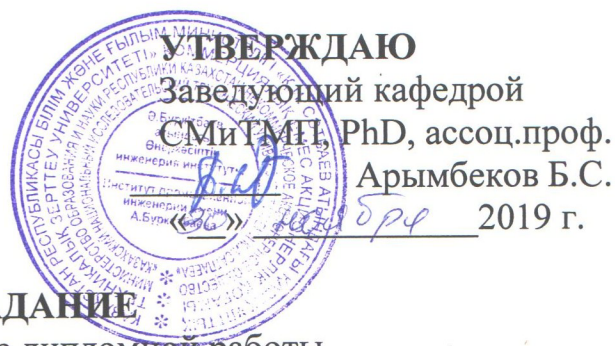
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология
машиностроительного производства»

5B071200 – Машиностроение



ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Сали Темірлан Аббасұлы

Тема: Изготовление детали на 3D принтере

приказом Ректора Университета № 1252-п от "06" ноября 2018г.

Срок сдачи законченной работы

"2" мая 2019г.

Исходные данные к дипломной работе:

Краткое содержание дипломной работы: 3D-печать и технологии печати

а) Описание процесса печати изделия на 3D-принтере

б) Традиционный изготовлений детали «Вал»

в) Проектирование маршрута изготовления детали

г) Изготовление детали «Вал» на 3D-принтере

Перечень графического материала: представлены 15 слайдов презентации
работы

Рекомендуемая основная литература: из 3 наименований

а) http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/sls-tech/

б) Технология машиностроения. Учебное пособие под редакцией д. т. н.,
проф. Мурашкина С. Л. 1, 2, 3 тома, Санкт-Петербург, 2000 г.

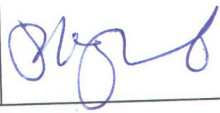
в) Справочник нормировщика машиностроителя под редакцией Е.И.
Стружестраха. Москва 1961 г.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

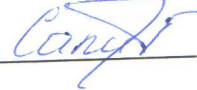
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы Общая часть	08.02.19-09.03.19	Вопланено
Изучение техпроцесса для изготовления деталей Расчеты для получения заготовки Создание 3D модели	09.03.19-12.04.19	Вопланено
Изготовление детали	15.04.19-26.04.19	Вопланено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Карпиков Р.К., лектор	30.04.2019	

Научный руководитель  Сушкова О. А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Сали Т. А.

Дата

"3" ноября 2018 г.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе были рассмотрены все виды технологий 3D-печати и сама 3D-печать в целом.

Целью данной дипломной работы являлось изготовление детали на 3D-принтере, рассмотрение различных технологий печати и особенности каждой из них, а также были рассмотрены все виды используемых материалов в 3D-печати. Произведено сравнение изготовления изделия как традиционным методом, так и методом 3D-печати. Произведены все расчеты для изготовления данного вида изделия.

Дано подробное описание изготовления печати деталей на 3D-принтере порошковым металлом, описаны свойства и характеристики материала.

В компьютерной программе Solid Works была рассчитана и создана экспериментальная модель детали «вал». На данной модели путем подбора различных материалов были произведены расчеты на деформацию, перемещение, и напряжение. Произведен статический анализ и выбран подходящий метод изготовления данной детали.

Полученная 3D-модель детали была в дальнейшем загружена в программу Repetier-Host для печати на 3D-принтере.

ANNOTATION

In this diploma work were considered all types of 3D printing technologies and 3D printing itself as a whole.

The purpose of this diploma work was to manufacture parts on a 3D printer, consideration of different printing technologies and features of each of them, and also considered all kinds of materials used in 3D printing. There was made comparison of the product manufacturing by traditional method and 3D-printing method. All calculations was done for the manufacture of this type of product.

Also, given a detailed description of the manufacture of printing parts on a 3D printer powder metal, that describes the properties and characteristics of the material.

In the computer program “Solid Works” was calculated and created an experimental model of the part "shaft". On this model, by selecting different materials, calculations were made for deformation, displacement, and stress. Static analysis was performed and a suitable method of manufacturing of this part was chosen.

The resulting 3D model of the part was later loaded into the program Repetier-Host for printing on a 3D printer.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста 3D-басып шығару технологиясының барлық түрлері және жалпы 3D-басып шығару технологиясының өзі қарастырылды.

Жалпы дипломдық жұмыстың мақсаты 3D-принтерде бөлшектер жасау, басып шығарудың түрлі технологияларын және олардың әрқайсысының ерекшеліктерін қарастыру болып табылады, сондай-ақ 3D-баспада қолданылатын материалдардың барлық түрлері қарастырылды. Бұйымды дәстүрлі әдіспен, сондай-ақ 3D-баспа әдісімен дайындау салыстырылды. Бұйымның осы түрін дайындау үшін барлық есептеулер жүргізілді.

3D-принтерде ұнтақты металмен бөлшектерді басып шығарудың егжей-тегжейлі сипаттамасы берілген, материалдың қасиеттері мен сипаттамалары көрсетілген.

Solid Works компьютерлік бағдарламасында "вал" бөлшегінің эксперименттік моделі есептеліп жасалды. Бұл модельде әртүрлі материалдарды таңдау арқылы деформацияға, орын ауыстыруға және кернеуге есептеулер жүргізілді. Статикалық талдау жүргізудің арқасында осы бөлшекті дайындаудың тиімді әдісі таңдалды.

Алынған детальдің 3D-модельі, 3D принтерде басып шығару үшін Repetier-Host бағдарламасына жүктелді.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	3D-печать и технологии печати	10
2	Описание процесса печати изделия на 3D-принтере	18
3	Традиционные изготовления детали «Вал»	21
3.1	Анализ чертежа детали	21
3.2	Выбор заготовки и обоснование метода ее получения	22
3.3	Определение припусков на механическую обработку	23
3.4	Анализ технологичности детали	23
3.5	Проектирование маршрута изготовления детали	24
4	Изготовление детали «Вал» на 3D-принтере	25
	Заключение	28
	Список использованной литературы	29

ВВЕДЕНИЕ

В XXI веке активно развивается отрасль аддитивных технологий, и по праву 3D-принтеры можно назвать актуальной и перспективной отраслью. На сегодняшний день существует множество различных видов 3D-принтеров. В 2019 году 3D-принтеры применяются практически во всех отраслях начиная от традиционного машиностроения и заканчивая медициной. Область применения 3D-принтеров расширяется с каждым днем, что приводит к доступности в ценовом диапазоне для многих предприятий.

Принцип работы 3D-принтера заключается в том, что под управлением программой строятся реальные трехмерные модели готового изделия. Большое количество различных технологий печати позволяют добиться очень высокой точности и создавать все мельчайшие детали, указанные в чертежах.

Использование 3D-принтеров в машиностроении в основном связано с созданием прототипов готовых изделий, но с развитием принципа спекания металлического порошка можно получить любую деталь сложной геометрии и по характеристикам не уступающим деталям изготовленным традиционными методами.

Трехмерная печать металлоизделий сокращает отходы, повышает надежность производства. Время на конструкторские работы, изготовление прототипов и самих изделий тратиться на порядок меньше, а продукция по качеству и прочности не уступает, а иногда даже и превосходит аналоги. На сегодняшний день многие крупные корпорации активно внедряют аддитивные технологии в собственное производство.

1 3D-печать и технологии печати

3D-печать — это определенный процесс аддитивного, то есть послойного построения изделий из всевозможных жестких материалов на базе компьютерной CAD-модели. Трехмерная модель макета STL формата запускается на 3D-принтер, который послойно формирует настоящий макет из подходящего материала. Так же 3D-печать именуют аддитивным созданием, трехмерным прототипированием, прямым цифровым созданием, выращиванием.

В основном все виды 3D-принтеров безусловно возможно распределить на три основные подгруппы в зависимости от возможностей и сфер применения. К первой группе относятся 3D-принтеры так называемые «домашние 3D-принтеры». Данный вид 3D-принтеров обусловлен не дорогим ценовым диапазоном. В основе исходного материала для печати используется «ABS» или «PLA» пластик. Отличие данных принтеров - это низкое качество продукции и не стабильное производство. Так как «домашние 3D-принтеры» часто собираются из дешевых комплектующих.

Второй тип 3D-принтеров, это так называемые профессиональные 3D-принтеры. Цена данных принтеров порядком выше, но и качество изделий соответствует ожидаемых результатов. В профессиональных принтерах используются качественные комплектующие детали, что повышает стабильность печати. Доступен большой спектр материалов с разными характеристиками.

И третий вид, это промышленные 3D-принтеры. В основном они используются на крупных производственных объектах. Отличие данных видов принтеров заключается в большой камере печати и печать различными промышленными материалами. Основной тип - это принтеры 3D-принтеры по металлу.

Существует большое количество технологий 3D-печати. Самая распространённая технология - это «FDM», рисунок 1. Данная технология используется как в дешевых домашних принтерах, так и в промышленных высоко точной 3D-печати. Принцип работы данной технологии заключается в послойном наплавлении изделия из расплавленного пластика. 3D-модель формата «STL» загружается в считывающие G-код обеспечение 3D-принтера. В программе автоматически располагается виртуальная модель изделия в рабочей камере. Приложение механическим способом генерирует составляющие запасных систем и производит подбор требуемого объема используемого материала, и еще длительность построения изделия. До начала изготовления печати изделие механически делится на послойные слои и запускается вычет движения экструдера. Вслед за этим активизируется действие конкретной 3D-печати: при высоких температурах экструдер медленно плавит филамент и слой за слоем располагает заданным параметрам G-кода. После завершения процесса построения удаляются вспомогательные поддержки [1].

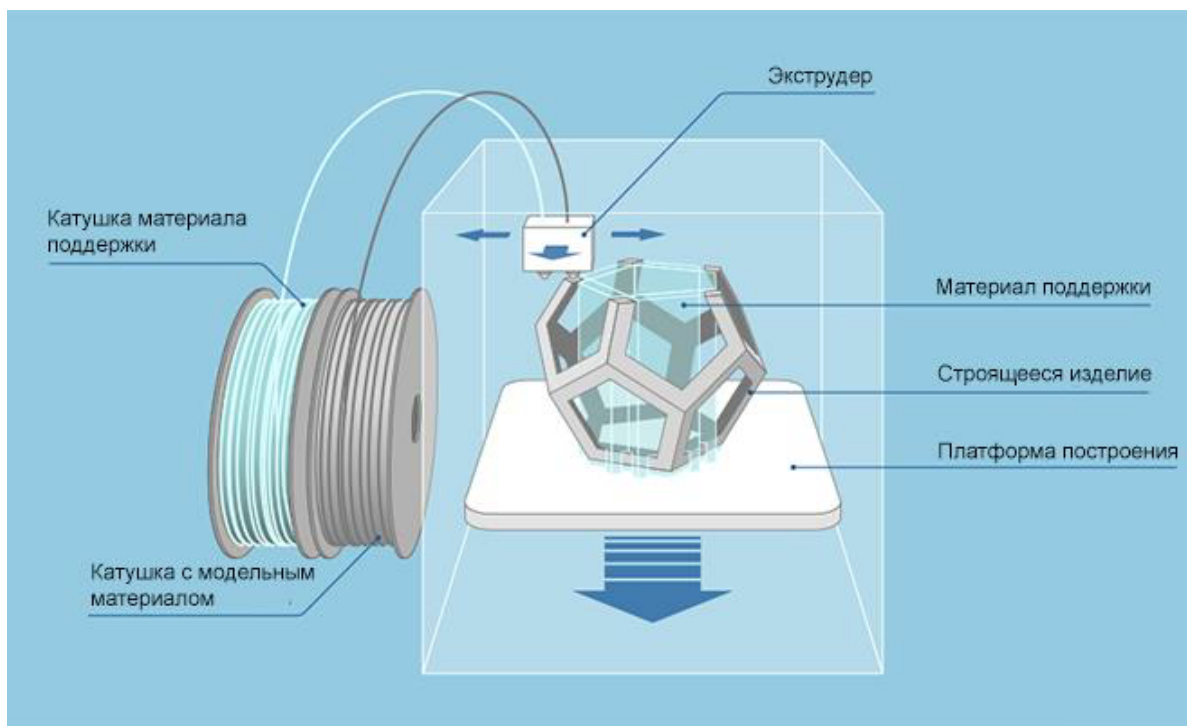


Рисунок 1 - Принцип работы FDM технологии [2]

Готовые изделия могут быть использованы в напечатанном виде или подвергнуты любому способу пост-обработки. Эффективность возведения изделий с помощью технологии вида FDM в большей степени состоит в зависимости от величины печатаемого слоя. Данная точность варьируется в пределах с 0,127 до 1 мм. Внешний слой изготовленных деталей зачастую немного ребристая (шероховатость в границах — 0,1-1 мм). Преимуществами данной технологии являются прочные детали, высокая износостойкость изделия, низкая стоимость используемых материалов, широкий спектр пост обработки.

Еще одной интересной технологией 3D-печати является, технология PolyJet. Данная технология основана в постепенном застывание водянистого фотополимерного расходного материала под излучением ультрафиолета. Основными преимуществами данной технологии является высокое качество поверхностей, скорость построения и точность. Принцип построения заключается в том, что механизм печати, называемый блоком 3D-принтера деликатным слоем (16/30 мкм) наносится филамент изделия и материалы страховки, по принципу данным арифметической 3D-модели. Слой за слоем происходит полимеризация потоком ультрафиолетовых лучей моментально после напыления. В результате образуется изделие, без применения вспомогательной постобработки наружного слоя. Изделие, изготовленное по принципу PolyJet, возможно применять незамедлительно по окончания процесса печати, рисунок 2 [3].

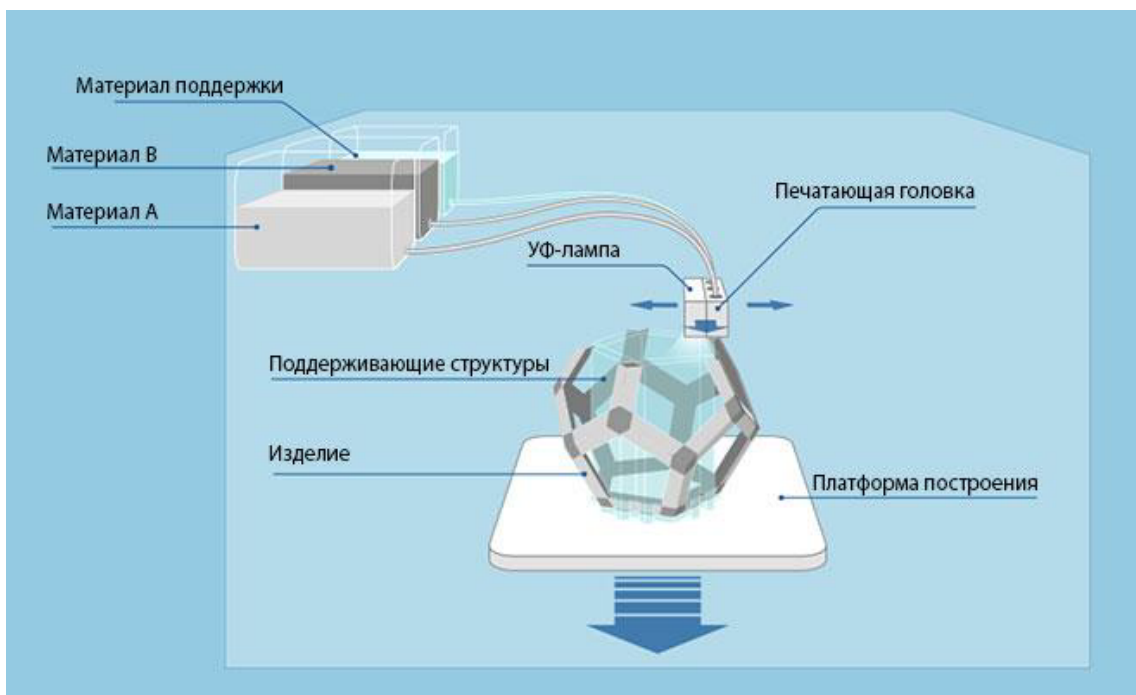


Рисунок 2 - Принцип работы технологии PolyJet [2]

Принцип PolyJet гарантирует высокую точность возведения изделия в диапазоне от 0,02-0,085 мм к объектам величиной до 50 мм. К моделям объемом от 50 мм качество возведения колеблется в диапазоне от 0,1 до 0,2 мм. Качество построения находится в зависимости от сложности изгибов изделия, характеристик ее возведения и ориентации, а еще применяемого филамента.

Далее рассмотрим технологию 3D-печати под названием «Multi Jet Modeling». Данная технология 3D-печати, основана с помощью многоструйного проектирования под воздействием материала из фотополимера или же материала из воска. Данная технология применяется в 3D-принтерах корпорацией «3D Systems». Технология изготовления похожа на струйный принцип. Базой принципа изготовления является непосредственно сам экструдер с большим количеством батареей маленьких сопел, находящихся линиями в пару рядов. численность сопел варьируется от 96 для простых типов принтеров и достигает 448 для брендовых моделей. Сопло в количестве одного — это единичная маленькая частица используемого филамента для изготовления модели. Экструдер направляется по пути используемой покрытия и покрывает слоем жидкокастного полимерного материала. Вслед за экструдером движется ультрафиолетовая лампа, при этом светит на напечатанные фрагменты филамента, по итогу получается, что материал застывает, получая форму заданной модели. Не считая главного филамента в ходе изготовления применяется дополнительный. Данная технология воска, используемая поддержкой к подвесным фрагментам изготавливаемой детали. В ходе завершения дополнительные воскообразные части удаляются в особой печи [3].

3D-принтеры, работающие по технологии MJM, могут работать с восковыми и фотополимерными материалами. Печать воском осуществляется двумя головками: одной наносится более твердый воск основной детали, второй более мягкий либо легкоплавкий для печати поддержек. Полученные детали удобно применять для создания литьевых форм, когда восковая заготовка легко выплавляется из формы при температуре в 60°C. К преимуществам можно отнести высокое качество готовых изделий. Технология MJM позволяет получать объекты с невероятно гладкими поверхностями и качественной детализацией. Построение прототипов из мельчайших капель жидкого фотополимера позволяет добиваться точности, которая, например, недоступна пластиковым 3D-принтерам. Точность изготовления изделий по технологии MJM составляет 0,016-0,050 мм, разрешение печати — до 750x750x1600 DPI (в режиме самой высокой четкости), толщина слоя - от 16 микрон. Большой выбор материалов. Как было сказано ранее, технология MJM позволяет работать как с полимерными, так и с восковыми материалами. Выбор фотополимеров позволит на одном устройстве печатать изделия с самыми разными задачами: мастер-модели, прототипы, тестовые образцы и прочее, рисунок 3.

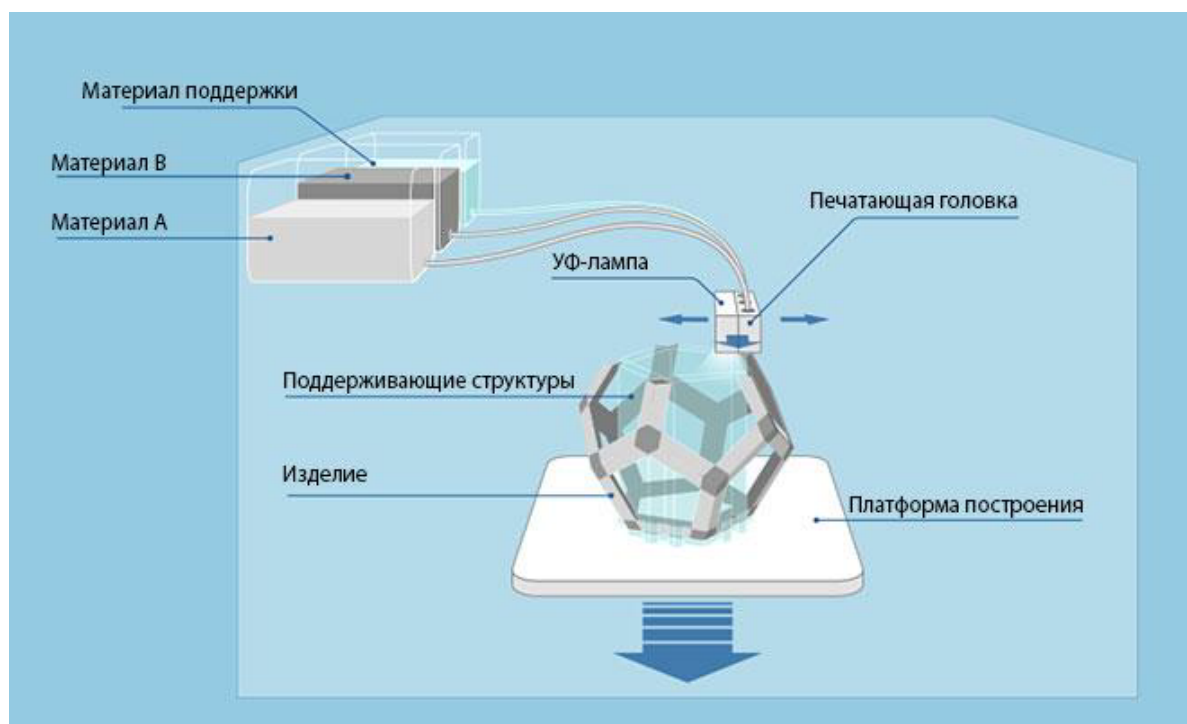


Рисунок 3 - Принцип работы технологии MJM [2]

Следующий вид технологии под названием CJP. CJP — данный вид технологии изготовления, заключается в послойном формировании склеивания и покраской порошка из нескольких материалов, в основе которых лежит пластиковый материал либо гипс. Станки, работающие по принципу CJP технологии, в основном состоят из нескольких основных компонентов — это сама камера, в ко-

торой производится изготовление модели, в данную камеру помещается используемый филамент, вторая часть - это отдел, в котором происходит очистка изделия, а также производится ликвидации остаточного филамента [3].

Создание макета производится постепенно. Изначально филамент прототипа одинаковым утонченными слоями наносятся на всю поверхность печатного стола камеры изготовления изделия. Вслед за этим поверх данного слоя покрывается соединительным веществом, соединяя и изменяя цвет фрагменты. Филамента друг с другом сообразно данной программной 3D-модели. После нанесения клея платформа смещается вниз на толщину слоя (0,1016 мм). Впоследствии изменения траектории экструдер вновь продолжает движения заданный программой, создавая изделие послойно, рисунок 4 [2].

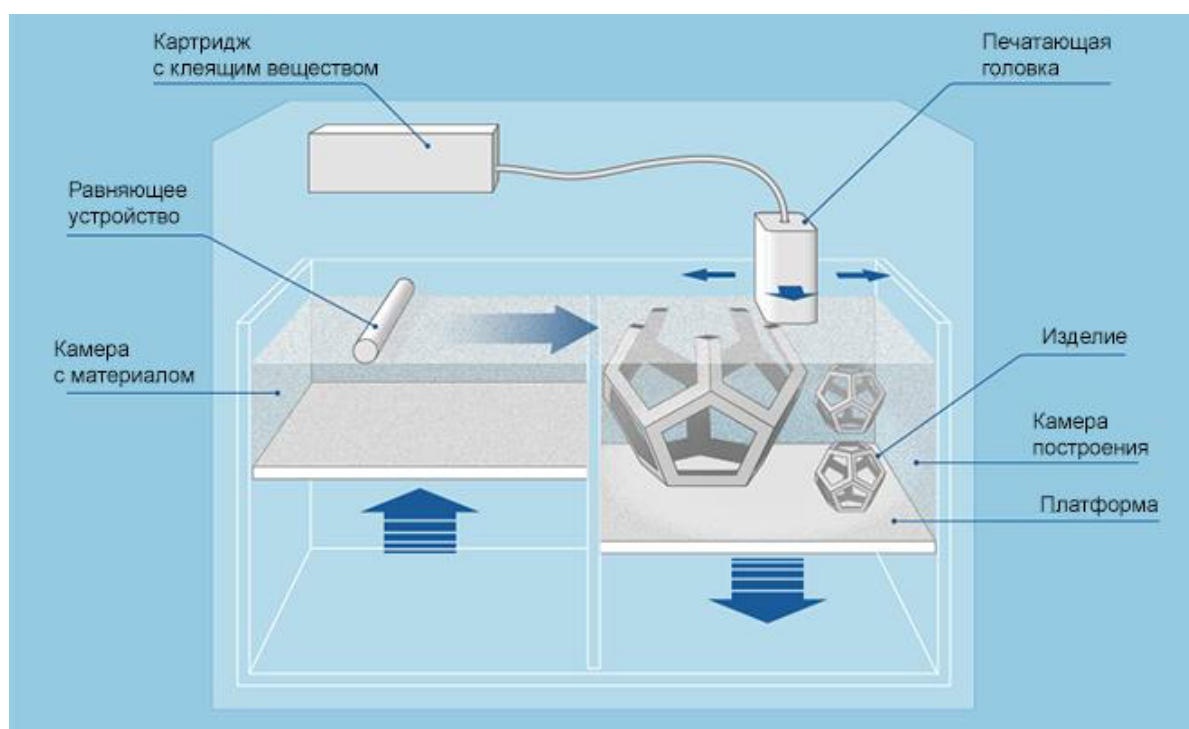


Рисунок 4 - Принцип работы технологического метода CJP [2]

Данная технология отличается от остальных дешевой производительностью изготавливаемых моделей, выполняя все характеристики и создавая с высокой скоростью качественные модели. Данные характеристики получены с помощью невысокой цены филамента и без лишних трат материала. Основной филамент используется для изготовления и для поддержания в ходе самой печати. Особенность данной технологии так же заключается в том, что данный принцип работы - это единственный в своем роде, способный использовать различные цвета палитры, называемой полиграфической CMYK. Данный вид технологии CJP дает возможность изготавливать детали разных цветов, и еще создавать на наружных слоях разнообразные текстуры с отличным качеством. Количество цветового диапазона палитры CMYK доходит до 390000 различных оттенков и

покрывается непосредственно с веществом склеивания. Корпорация 3D «Systems» - уникальная компания, производящая полноценные в цветовой гамме 3D-принтеры в данных финансовых рамках. Самый маленький размер изделия, создаваемый по принципу технологии, колеблется в пределах от 0,4 до 0,1 мм. Данная эффективность экструдеров аддитивной технологии дает возможность изготавливать изделия с геометрически сложными видами [3].

Вид данного принципа дает возможность изготавливать изделия с утонченными краями. Самый низкий показатель краев, не изменяемая формы и не подверженная деформации последствием нагрузок, достигает 0,5 мм. В данной особенности размер изготавливаемой поверхности достигает размера от 0,089 до 0,102 мм. Модели без труда поддаются постобработке, соединяются и окрашиваются. Композитный материал для данной технологии универсальный филамент «VisiJet PXL Core» светлых цветов применяемый как для создания изделия, так и для поддержки. Как и в других технологиях, остатки материала подвергаются последующей обработке вторично.

Следующий вид технологии - это так называемая SLA, что означает лазерная стереолитография, данная технология обусловлена построением жидкого филамента с его отверждением под воздействием лазера. Особенность технологии состоит в том, что в пространство с вязким фотополимером погружается специальная платформа в виде сетки, она предназначена для создания на ней будущей модели изделия. В первую очередь данная платформа помещается на определенной глубине, при которой она погружена на расстояние тонкого слоя жидкого филамента, в диапазоне от 0,05 до 0,13 мм — этот диапазон составляет размер поверхности лазерной стереолитографии. Затем активизируется лазер, влияющий только на определенные области полимера, подходящий границам данного изделия, подвергая затвердевания. Затем происходит погружение платформы на глубину равную одному слою, рисунок 5.

В последствие окончания изготовления изделия помещают в емкость, в которой находится специальный материал с помощью которого происходит утилизация не нужных фрагментов удаления лишних элементов и окончательной чистки. В конце операции происходит заключительное использование света для завершения операции. В большинстве случаев принцип технологии прототипирования, технология нуждается в поддерживающих элементах, они легко удаляются по окончанию создания детали. Главными положительными чертами и уникальностями данного вида технологии является:

- создание деталей различной геометрии;
- не сложная постобработка детали;
- большая рабочая зона построения изделия;
- небольшое количество остаточного материала;
- бесшумность принтера [3].

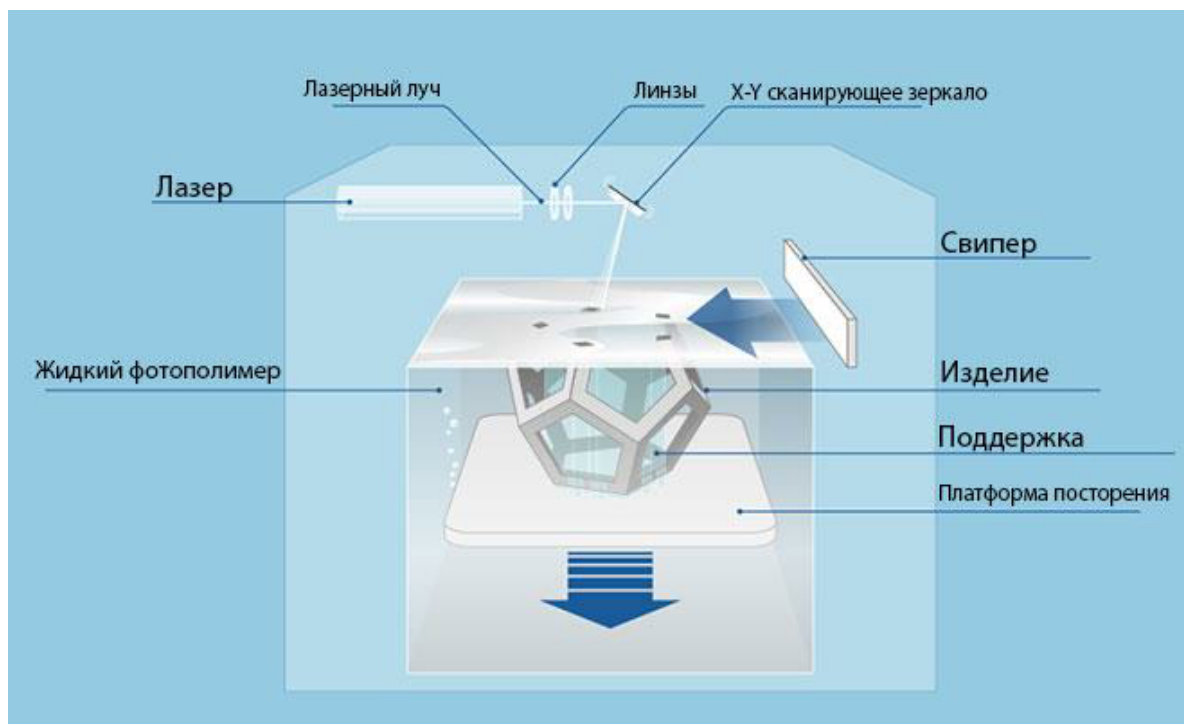


Рисунок 5 - Принцип работы технологического метода SLA [2]

Основное количество машин, использующие технологию лазерного стереолитографа, строят модели величиной, достигающей 50x50x60 сантиметров. Выше сказанная корпорация превзошла конкурентов и создала принтер, возможности которого очень велики, так как максимальные параметры создаваемого объекта достигают размера 1500x750x550 миллиметров.

Технология печати Selective laser melting тесно связана и похожа на технологию SLS. Данная технология является новейшим достижением на рынке принтеров, так как принцип работы заключается в изготовлении металлических деталей разнообразной формы при помощи лазера, который расплавляет металлический порошок по созданным CAD-моделям. При помощи данного вида технологии изготавливают детали из металла используемые в узлах и агрегатах, и в цельных конструкциях, подверженные изменению формы в ходе применения. Данный принцип работы можно назвать аддитивным производством, так как применяет улучшенный лазер, с помощью которого изготавливаются полноценные объемные модели. Именно эта технология печати составляет конкуренцию традиционным методам изготовления деталей, так как данная технология превосходит в определенных механических свойствах традиционные детали. Данная технология устраняет различные технологические цели компаний, занимающихся промышленностью, таких как авиакосмической отрасль, предприятия традиционного машиностроения и приборостроение. А также данные принтеры применяются не только на крупных предприятиях, но и в учебных заведениях для использования в научных целях [3].

Правильно данную технологию можно назвать «лазерным спеканием», но название немного не соответствует принципу данной технологии, так как используемый порошок не подвергается спеканию, а подвергается плавлению. Как и во всех принтерах, изготовление детали производится в специальной камере станка, наполненной различными газовыми соединениями на подобие аргона либо азота. Все зависит от применяемого порошкового материала. Большое количество газа потребляется в первой стадии работы, процесс очистки отделения изготовления детали, так как нужно избавиться от лишнего воздуха.

Впоследствии возведения детали совместно с пластиной изымается из отсека принтера, изъятие детали от пластины происходит путем применения механического воздействия. Как и во многих технологиях, в конце удаляются все возможные поддержки и подвергается последующей обработке.

Так как в камере доля кислорода составляет очень низкий показатель, то это приводит к избеганию так называемой оксидации используемого вещества, это дает огромную возможность печати различными дорогостоящими материалами, рисунок 6 [2].

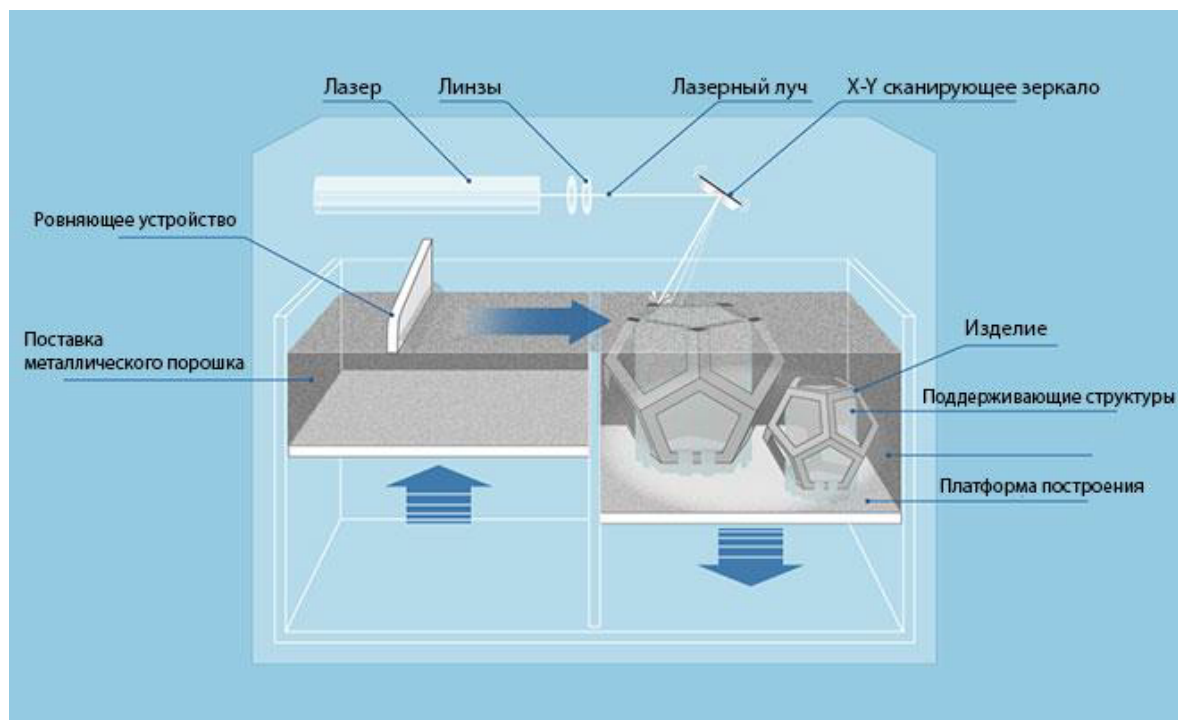


Рисунок 6 - Принцип работы технологии SLM [2]

Основные преимущества заключаются в решении разнообразных трудных вопросов. Изготовление прототипов разнообразной формы, с такой особенностью как внутренними каналами, предназначенными для охлаждения детали. Изготовление сложных изделий при этом не затрачивая финансы на дорогую оснастку для обработки металла. Происходит значительное сокращение расходного материала в период изготовления [3].

2 Описание процесса печати изделия на 3D-принтере

Технология изготовления деталей по принципу схожи с SLM. Selective Laser Sintering основан в поочередном спекании фрагментов порошкового материала до возведения физиологического изделия при помощи созданной CAD-модели. Затвердевание порошка осуществляется при помощи нескольких лучей либо единственного. В начальной стадии изготовлении модели металлический порошок нагревается практически до точки плавления, что позволяет ускорить работу данной технологии, рисунок 7 [2].

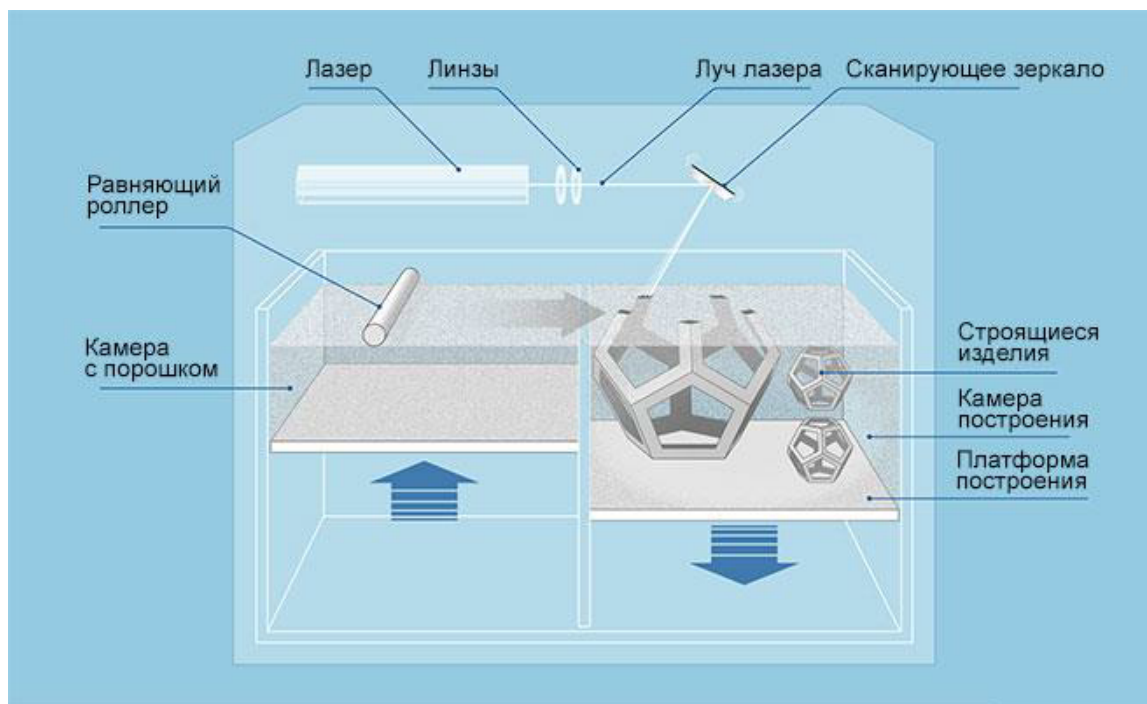


Рисунок 7 - Принцип работы SLS технологии [2]

Принцип 3D-печати металлом начинается с проверки трехмерных моделей на целостность и отсутствие ошибок при конвертации. Перед началом печати в камеру построения добавляется сырье, порошок засыпают в специальный бункер, из которого он будет поступать на стол построения. Далее оператор загружает модели в принтер и начинается сам процесс печати металлом. Лазер работает по запатентованной технологии, суть которой в том, что каждый слой разбивается на отдельные фрагменты, каждый из которых засвечивается лазером в случайном порядке [3].

Это приводит к значительному сокращению внутренних напряжений в металле и помогает избежать появления дефектов в готовых изделиях. После окончания процесса построения весь не сплавленный порошок удаляется обратно в бункер, а сам стол вынимают для проведения дальнейших операций с изделиями. Не сплавленный порошок при этом может использоваться повторно практически без потерь, рисунок 8 [2].

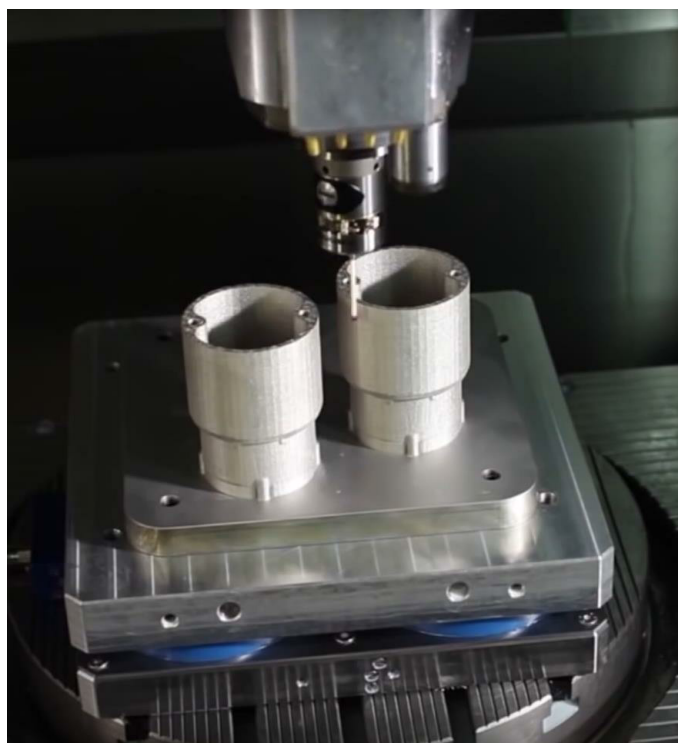


Рисунок 8 - Процесс 3D-печати металлом [2]

Далее заготовки подвергают визуальной проверки и первичным измерениям. Как правило, на данном этапе измерения проводятся в контрольных точках с помощью специальных метрологических систем. В виртуальных моделях были специально заданы припуски на механическую обработку. В дальнейшем заготовки можно подвергать любой постобработке, например, электрохимической полировки. После удаления припусков и полировки, модели подвергают оптическому контролю с использованием систем трехмерного сканирования. Данный этап позволяет определить все погрешности изделия с высокой точностью для дальнейшей механической обработки. Как и на предыдущих этапах механическая обработка может быть любой, никаких ограничений в данном вопросе технология выборочного лазерного спекания не накладывает. Когда изделие уже готово его подвергают гидродинамическим испытаниям и проверяют течение жидкости по внутренним каналам сложной формы измеряя параметры потока.

Технология 3D-печати металлом используется для получения компонентов со сложной внутренней структурой с тонкими стенками, а также для построения изделий со сложной геометрией для автомобилестроения, авиации и космических отраслей, где используются труднообрабатываемые материалы, такие как титан и жаропрочные сплавы, рисунок 9 [3].

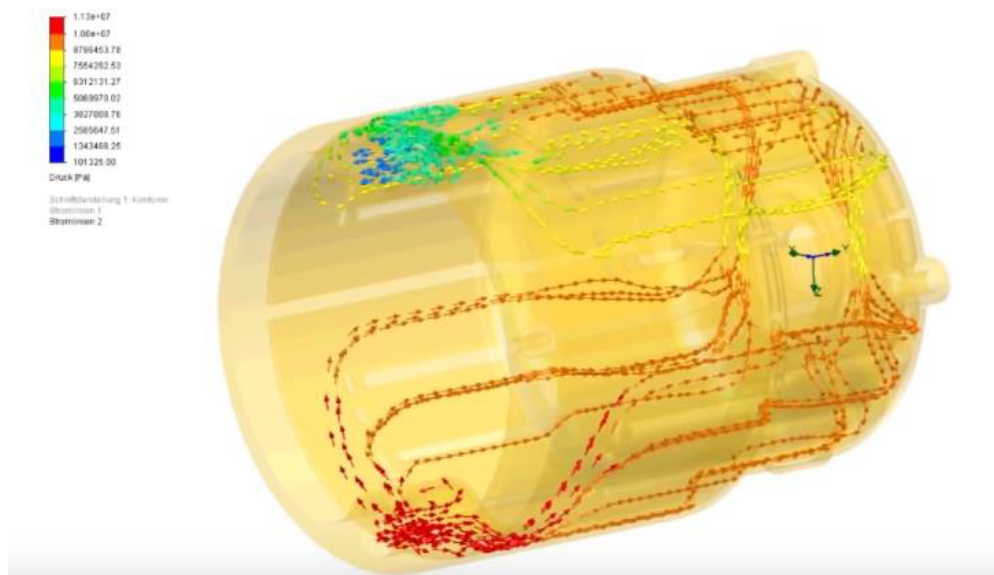


Рисунок 9 - Измерение течение жидкости по внутренним каналам [2]

Преимущества выборочного лазерного спекания [3]:

- широкий выбор материалов, которые используются для создания модели;
- возможность создания сложных моделей;
- достаточно высокая скорость печати;
- используется для мелкосерийного производства.

Недостатки:

- необходимость применения герметичной камеры и мощного лазера;
- требует предварительного длительного подогрева порошка, а также необходимо дожидаться остывания готовой модели перед удалением остатков порошка;
- необходимость постобработки готового изделия.

Самый прочный материал используемый в печати и им естественно является металлический порошок. Металлический порошок может изготавливается безусловно из любого вида металла. В большинстве случаев используют такие металлы как: нержавеющая сталь, бронза, медь, никель, а также благородные металлы. Данный вид материала используется в аддитивных технологиях, работающие по принципам SLS (селективное лазерное спекание) и SLM (селективное лазерное плавление).

Данный принцип работы SLS настроен на применение соединительных материалов, при этом получая выносливость изделия к высоким температурам и может быть подвержено химическому воздействию [2].

Выдающимся качеством данного материала является высочайшая стойкость изготовленных изделий, жаростойкость, подвергаемость последующим использованиям. Но при этом есть и недостатки изготовления изделий порошковыми металлами, в основном это сложность способа изготовления деталей. Наличие особых камер для предотвращения окисления металла, а также большая энергопотребность технологии [3].

3.2 Выбор заготовки и обоснование метода ее получения

Рассмотрим два метода получения заготовки [4]:

- из горячекатаного проката.

Заготовка: круглый пруток Ø54 мм, длиной 284 мм из горячекатаной стали, рисунок 11.

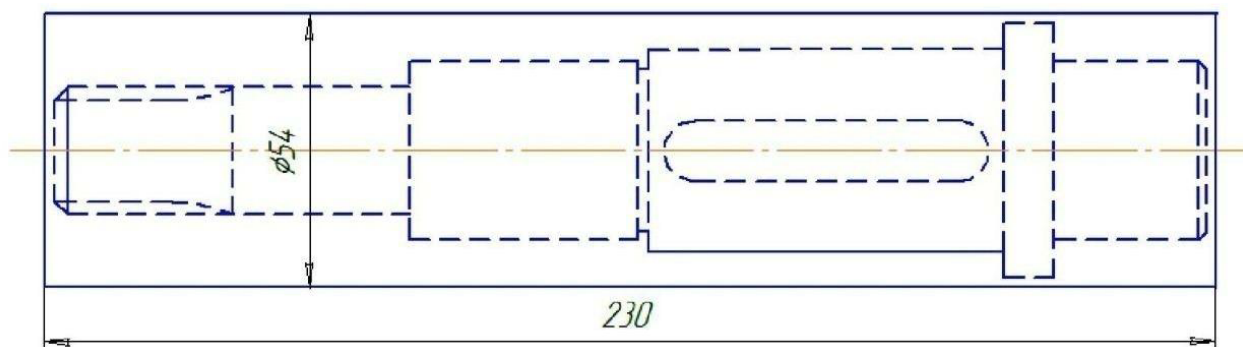


Рисунок 11 – Эскиз детали вал

Расчет размера и массы заготовки:

$$V = (230 \cdot 54^2) \frac{\pi}{4} = 5,2 \cdot 10^5 \text{ мм}; \quad (3.1)$$

$$M_3 = V \cdot \rho = 5,2 \cdot 10^2 \cdot 7,85 = 4100 \text{ гр.} \quad (3.2)$$

Коэффициент использования материала [2]:

$$k = \frac{M_{\text{дет}}}{M_3} = \frac{1,6}{4,1} = 0,4 \quad (3.3)$$

- штамповкой на горизонтально-ковочных станках, рисунок 12.

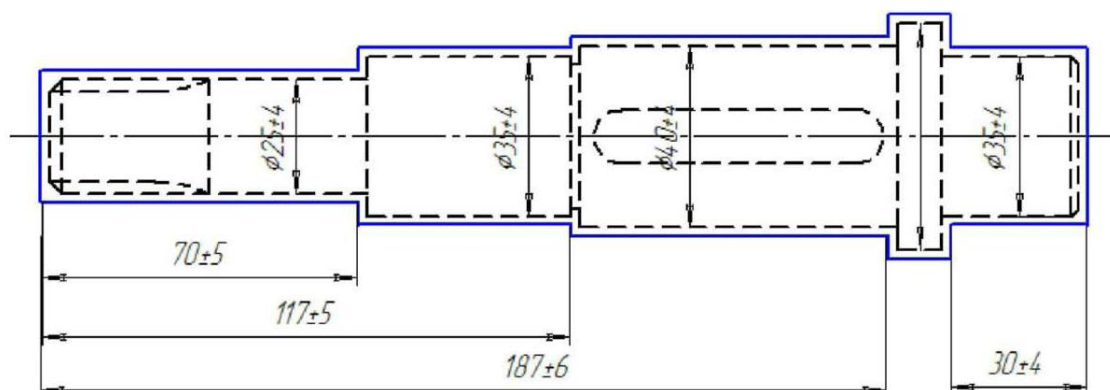


Рисунок 12 – Эскиз детали вал

Расчет размера и массы заготовки [4]:

$$V = (25^2 \cdot 70 + 35^2 \cdot 47 + 40^2 \cdot 70 + 50^2 \cdot 10 + 35^2 \cdot 30) \frac{\pi}{4} = 2,2 \cdot 10^5 \text{ мм}^3 \quad (3.4)$$

$$M_3 = V \cdot \rho = 2,2 \cdot 10^5 \cdot 7,85 = 1730 \text{ гр.} \quad (3.5)$$

Коэффициент использования материала:

$$k = \frac{M_{\text{дет}}}{M_3} = \frac{1,6}{1,73} = 0,92. \quad (3.6)$$

Таким образом, видно, что с точки зрения использования материала метод получения заготовки штамповкой более выгодный.

3.3 Определение припусков на механическую обработку

Припуском называют слой материала, удаляемый в процессе механической обработки заготовки для достижения требуемой точности и качества обрабатываемой поверхности. При штамповке припуск принимаем равным $Z=2$ мм.

Таким образом по обоим параметрам более экономичным методом получения заготовки является штамповка. Для производства данной детали берём штампованную заготовку [5].

3.4 Анализ технологичности детали

Анализ технологичности детали:

- конфигурация детали и её материал позволяют применить заготовку, сокращающую механическую обработку;
- при конструировании детали используется простая геометрическая форма (цилиндры);
- обеспечены достаточная жёсткость детали, свободный вход и выход инструмента из зоны обработки;
- оптимально заданы требования к точности и шероховатости поверхностей, наиболее грубые поверхности выполняются по 14 качеству точности;
- материал детали (Сталь 40Х) хорошо обрабатывается резанием;
- заданная точность обеспечивается комплексом оптимальных методов обработки;
- отсутствуют внутренние глухие отверстия;
- обеспечены все необходимые фаски и плавные сопряжения поверхностей;
- шлицевой участок вала – открытый.

3.5 Проектирование маршрута изготовления детали

Различают три стадии обработки: черновая, чистовая, отделочная. При черновой обработке снимают основную массу металла и обеспечивают взаимное положение обработанных и необработанных поверхностей. Так как эта стадия связана с действием силовых и температурных факторов, то после неё обычно проводятся операции термообработки для снятия внутренних напряжений.

Достигается точность обработки IT14, шероховатость поверхности $Ra=6,3-12,5$ мкм. Целью чистовой обработки является достижение заданной точности поверхности детали и их взаимного расположения. Точность размеров – IT8-10, шероховатость поверхности $Ra=1,6-6,3$ мкм. Отделочная обработка назначается для обеспечения требуемого качества поверхности и дальнейшего повышения точности. Достигаемая точность обработки IT5-7, шероховатость $Ra=0,4-3,2$ мкм. Рассмотрим вал, определим обрабатываемые поверхности и назначим стадии обработки на каждую поверхность для достижения заданной на чертеже детали точности, рисунок 13 [5].

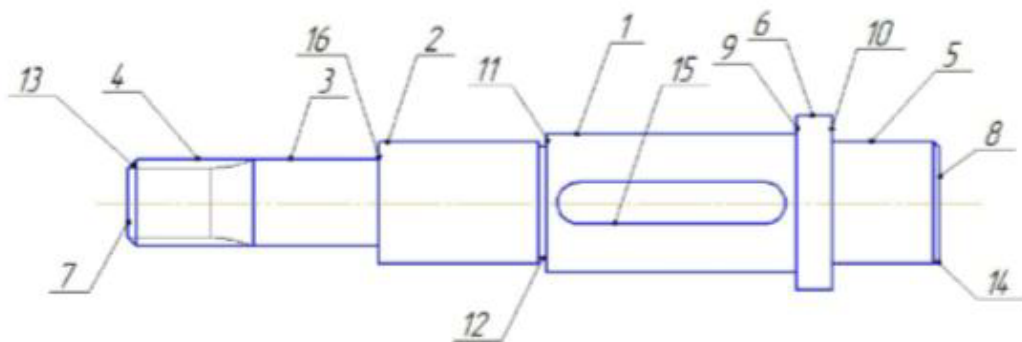


Рисунок 13 – Количество требуемых операции

Количество требуемых операций для традиционного метода изготовления детали «Вал» составляет 10, таких как:

- фрезерно-центровальная операция;
- токарно-винторезная операция (черновая);
- токарно-винторезная операция (получистовая);
- токарно-винторезная операция (чистовая);
- шлице-фрезерная;
- шпоночно-фрезерная операция;
- термическая обработка;
- центро-шлифовальная операция;
- кругло-шлифовальная операция (предварительная);
- кругло-шлифовальная операция (окончательная);

4 Изготовление детали «Вал» на 3D-принтере

Начало процесса изготовления экспериментальной модели типа «Шлицевой вал» начинается с построения в программе «Solid Works». Данная модель создавалась посредством команд выдавливания. На ступнях вала имеются два шпоночных паза для передачи вращательного движения, рисунок 14.



Рисунок 14 – 3D модель детали

По окончании процесса построения детали, приступаем к статическому анализу. Данные расчеты аналогично производятся в программе Solid Works, в разделе Simulation.

Прежде чем начать расчет, необходимо задать крепления и выбрать материал заготовки. Материалом для изготовления детали является легированная сталь, а вал будет крепиться в двух местах подшипниками, рисунок 15.

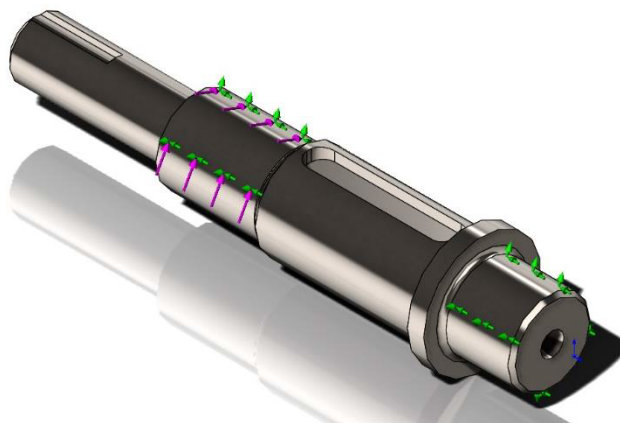


Рисунок 15 – Выбор крепления вала

Первым результатом статического анализа являются результаты напряжения. По результату анализа видно, что, наибольшее значение напряжения возникают в местах крепления с подшипниками. Полученные значения не значительны, и никак не влияют на работоспособность вала, рисунок 16.

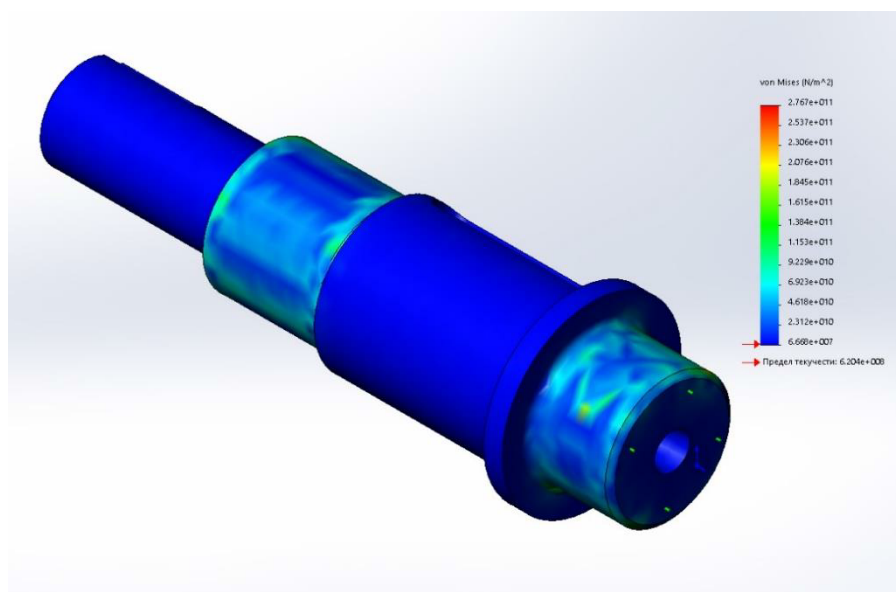


Рисунок 16 – Результат значения напряжения

После нахождения результатов напряжения, программа рассчитала значения на перемещение. По эпюре перемещения видно, что наибольшее значение перемещения возникают в местах приложения крутящего момента, рисунок 17.

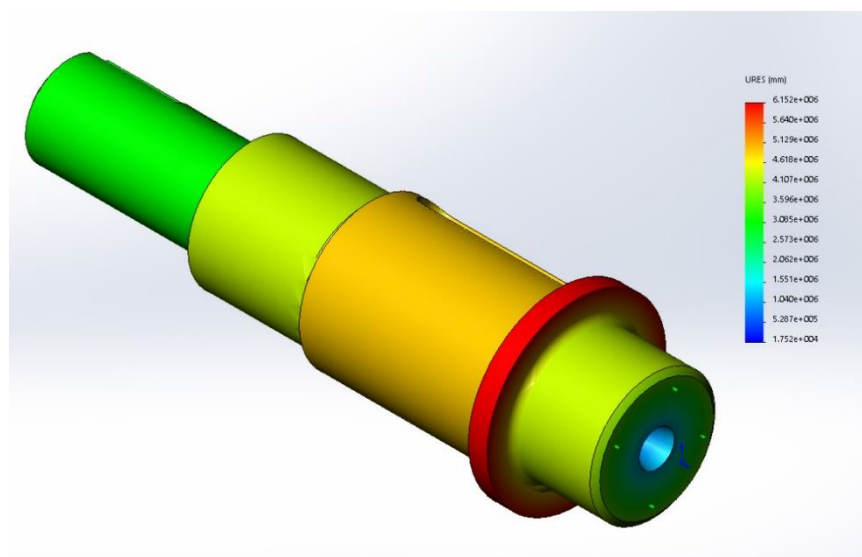


Рисунок 17 – Результат значения перемещения

Заключительным результатом, полученным в результате статического анализа, является значение деформации. Аналогично перемещению, деформация возникает в местах крепления подшипников. Значения деформации не велики для изменения формы тела вала, рисунок 18.

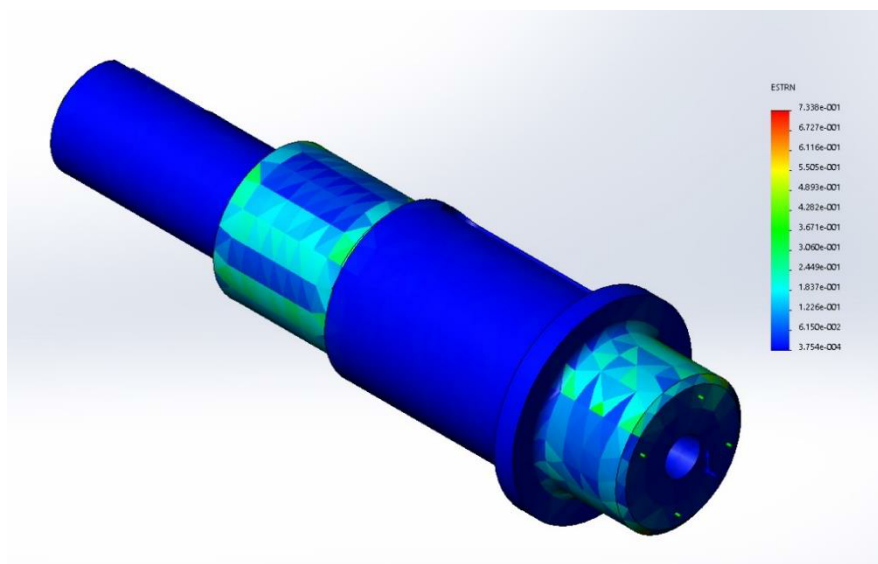


Рисунок 18 – Результат значения деформации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель данной работы заключалась в изготовлении детали на 3D принтере. В ходе данной работы была рассмотрена тема 3D-печати, подробно описываются различные технологии печати таких как FDM, PolyJet, MJM, CJP, SLA, SLM, SLS. А также представлены преимущества и недостатки каждой из технологий, различные виды материалов, используемых в каждой из технологий.

Приведён наглядный пример различий изготовления традиционной детали «Вал», произведен анализ чертежа детали, выбор заготовки и обоснования метода ее получения. Определены припуски на механическую обработку.

В программе Solid Works была создана экспериментальная модель детали и произведены расчеты на деформацию, перемещение и напряжение.

По завершению проделанной работы, была получена экспериментальная модель детали для последующего изучения и анализа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 <http://www.3dpr.ru/metallicheskij-poroshok>
- 2 http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/sls-tech/
- 3 <https://cybercad.ru/info/articles/tekhnologiya-3d-pechati-sla-lazernaya-stereolitografiya/>
- 4 Технология машиностроения. Учебное пособие под редакцией д. т. н., проф. Мурашкина С. Л. 1, 2, 3 тома. - Санкт-Петербург, 2000
- 5 Справочник нормировщика машиностроителя под редакцией Е.И. Стружестраха. – М.: Машиностроение, 1961