

Лабораторная работа № 1

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ MID-ИЗДЕЛИЯ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

Цель работы:

Получить практические навыки по созданию моделей MID-изделия в программных средах SOLIDWORKS, PRUSA-Slicer, настройки параметров модели.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Технология создания объемных схем на пластиках (3D-MID) появилась в 80-х годах прошлого века. 3D MID - изделия представляют собой отлитую деталь из термопластика со структурированной схемой проводников. Однако технология оказалась слишком передовой для своего времени - недостаточно совершенное оборудование и материалы не позволили ей получить широкое распространение и заменить традиционные плоские печатные платы. Современные, более дешевые и быстрые технологические процессы вывели 3D-MID на качественно новый уровень, по сути дав этой технологии второе рождение.

На сегодняшний день с появлением новых технологических процессов, материалов и технологий существует острая необходимость удовлетворения требованиям миниатюризации электроники и увеличения ее функциональности. Одним из решений проблемы связанной с миниатюризацией является использование пластиковых элементов конструкции, особое распространение такой способ имеет в секторе автомобилестроения, в частности автомобильной электроники, мобильных телекоммуникационных устройств и медицинской техники.

Важной особенностью 3D MID - устройств является уменьшение количества деталей в процессе производства готового изделия. К примеру, проводники могут быть нанесены непосредственно на пластиковый корпус изделия, тем самым избавляя нас от необходимости использования дополнительных печатных плат.

3D MID - устройства позволяют уменьшить число сборочных частей продукции а также ее стоимость за счет интеграции разнообразного рода сенсоров, датчиков, разъемов, кнопок, индикаторов и других элементов, благодаря возможности использования трехмерного пространства.

Существует несколько технологий создания 3D-MID-структур, каждая из которых имеет свою специфику (таблица 1.1). Трёхмерная печать может осуществляться с использованием различных материалов и разными способами, но в основе любого из них лежит принцип послойного создания (выращивания) твёрдого

Таблица 1.1 – Характеристики современных процессов 3D-MID

Процесс	Мини малая ширина дорожки, мкм	Возможность объемного формирования	Изменение рисунка	Выбор материала	Объем производства	Затраты на техническое обслуживание		Затраты на оборудование	Первоначальные инвестиции
						Средние	Высокие		
LDS	75			Средний	Любой	Высокие			Высокие
Аддитивная металлизация (ADDIMID)	-	Высокая	Простое	Большой		Средние	Низкие		Средние/Высокие
MIPTEC	50			Малый	Высокий		Высокие		
Фотолитография	30	Средняя	Средней сложности	Очень большой		Низкие	Низкие/средние		Средние
Двухкомпонентное	150	Высокая	Сложное	Малый	Очень высокий	Низкие/средние	Высокие		Очень высокие

объекта. Наибольшее распространение в массовом производстве получили методы двухкомпонентного литья и прямого лазерного структурирования (LDS).

При создании заготовки для 3D-MID методом двухкомпонентного литья деталь отливается из активированного для осаждения металла пластика. Затем участки поверхности, на которых не должно быть проводящих дорожек, заливаются обычным, неактивированным пластиком.

Около 80% всех LDS-изделий применяются в устройствах связи, в первую очередь - в мобильных телефонах (рисунок 1.2): технологии 3D-MID позволяют создавать на одном основании (крышке корпуса) сразу все необходимые полосковые антенны - GSM, GPS, WiFi и Bluetooth. Это дает возможность свести к минимуму влияние их размеров и положения на конструкцию телефона. Около 40% высокотехнологичных смартфонов, присутствующих сейчас на мировом рынке, имеют, по крайней мере, один компонент, изготовленный по технологии 3D-MID. Производство таких LDS-изделий в основном сосредоточено в странах Юго-Восточной Азии. Более сложные изделия - автомобильное оборудование, медицинская техника и др. - изготавливаются главным образом в Европе (рисунок 1.3).



Рисунок 1.2 – Мировой рынок технологий LPKF LDS

МАТЕРИАЛЫ 3D-MID

Ключевой компонент в технологиях 3D-MID - пластик, на который наносится металлическое покрытие. Технологии покрытия пластиков металлами известны уже давно. Постоянно совершенствуясь, они получили широкое распространение в самых различных отраслях промышленности. Следующим шагом развития этих технологий стала селективная металлизация, которая лежит в основе 3D-MID.



Рисунок 1.3 – Примеры изделий 3D-MID: антенна мобильного устройства (а); миниатюрное электронное устройство (б); деталь рукоятки мотоцикла (в)

Для 3D-MID подходят многие пластики, которые доступны на мировом рынке (таблица 1.2). Все пластики можно разделить на три группы: аморфные (ABS, PC), полукристаллические (PA, PP) и жидкокристаллические (LCP). Пластики последней группы отличаются от остальных тем, что сохраняют кристаллическую структуру даже будучи расплавленными, и более текучи в этом состоянии. Такие полимеры имеют значительно лучшие характеристики, значимые для 3D-MID, однако по сравнению с остальными пластиками их стоимость наиболее высока. Для получения оптимального сочетания свойств полимера и его стоимости в некоторых случаях смешивают различные пластики.

Если на пластиковое основание монтируются кристаллы микросхем, очень важно подобрать пластик, коэффициент температурного расширения (КТР) которого близок к КТР кристаллов. В противном случае из-за неравномерного теплового расширения основания и кристаллов при термоциклировании может нарушиться целостность паяных соединений и самих кристаллов. Также нужно учитывать, что некоторые пластики гигроскопичны и изменяют размеры под действием атмосферной влаги. Для того чтобы пластик стал пригодным для 3D-MID, в него необходимо добавить специальные присадки. Для технологии LDS это металлоорганические комплексы, которые активируются лазерным лучом. Однако следует иметь в виду, что присадки могут отрицательно влиять на важные для 3D-MID свойства, например, антипирены могут ухудшить адгезию металла к пластику. Перед выбором пластика и присадок необходимо проверить их совместимость с технологиями 3D-MID.

Таблица 1.2 – Пластики для 3D-MID

Материал	Обозначение	Прочность металлизации на отрыв		Пая	
		Химическое осаждение	Горячее тиснение		Групповая п
Полипропилен	PP	+	+	-	
Акрилонитрилбутадиенстирол	ABS	+	+	-	
Поликарбонат	PC	+	+	-	
Олигоэтилентерефталат	PET	-	+	-	
Этилвинилтерфталат	PVT	+	+	0	
Полиамид	PA	+	+	0	
Полифенилен					

Прочность на отрыв: "+" - больше 0,8 Н/м, "0" - в интервале

Для сборки изделий 3D-MID применяются паяльные пасты с низкой температурой оплавления и токопроводящие клеи. Паяльные пасты выбирают, исходя из свойств конкретного пластика. Для монтажа кристаллов методом flip chip иногда применяются анизотропные токопроводящие клеи, проводимость которых зависит от направления.

ПРИНЦИП ПРОЕКТИРОВАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ

Детали, полученные механической обработкой, отличаются по внешнему виду от деталей, полученных литьем. У них имеются типичные острые наружные и внутренние грани с малыми закруглениями углов, резкие изменения толщин сечений - без переходов простые полости, симметричные вдоль одной оси, большей частью в виде тел вращения. Для деталей, получаемых литьем, такая форма не пригодна и во многих случаях недопустима. При таких формах возникают литейные дефекты - усадочные раковины, наружные и внутренние трещины, которые снижают прочность и плотность деталей. Отливки должны быть закругленной формы с плавным переходом различных толщин; массивные узлы отливки необходимо облегчать. Необходимость изменения формы детали (частичной или полной) связана с закономерностями технологии литья. При охлаждении жидкого материала

изменяется его объем, что следует учитывать при выборе размеров отливки и ее сечений, особенно там, где соединяются между собой стенки различной толщины.

На рисунке 1.4 показаны примеры правильных решений и примеры неудачного сопряжения стенок отливки, приводящего к возникновению усадочных пороков.

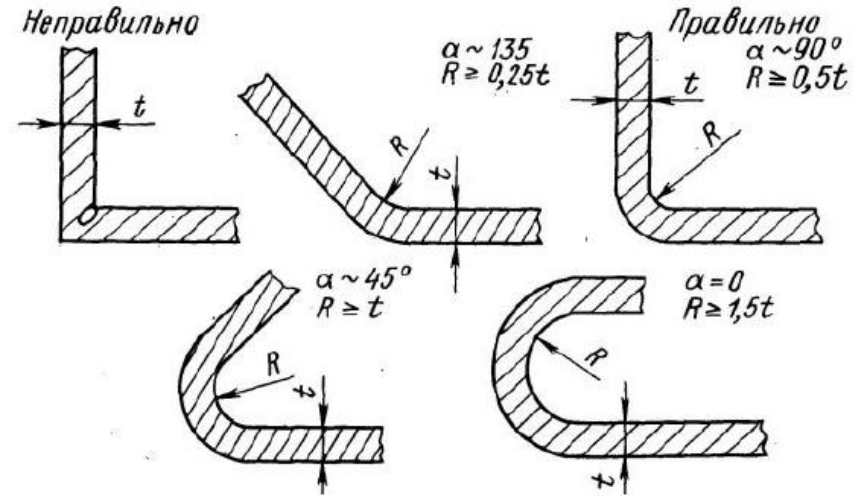


Рисунок 1.4 - Неправильное и правильное сопряжения стенок одинаковой толщины

В отливках, подвергаемых при эксплуатации динамическим нагрузкам, необходимы плавные переходы толщин стенок. При сопряжении двух стенок различной толщины следует пользоваться рекомендациями, приведенными на рисунке 1.5.

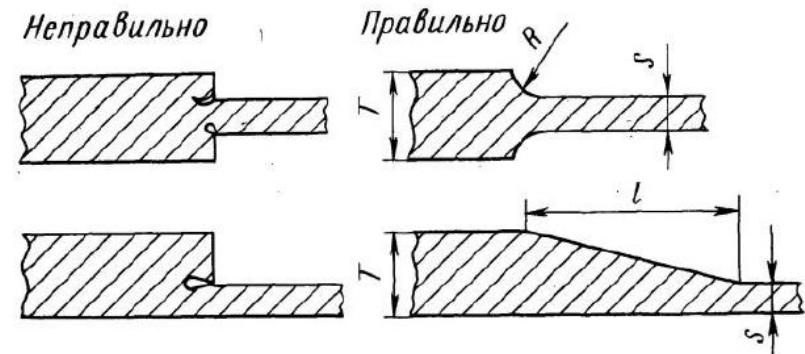


Рисунок 1.5 – Неправильное и правильное сопряжения стенок разной толщины

На рисунке 1.6 показан пример соединения под углом около 90° двух стенок различной толщины, на рисунке 1.7 тавровое соединение.

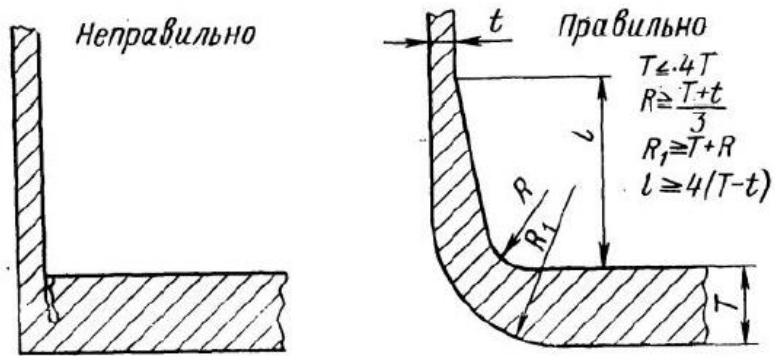
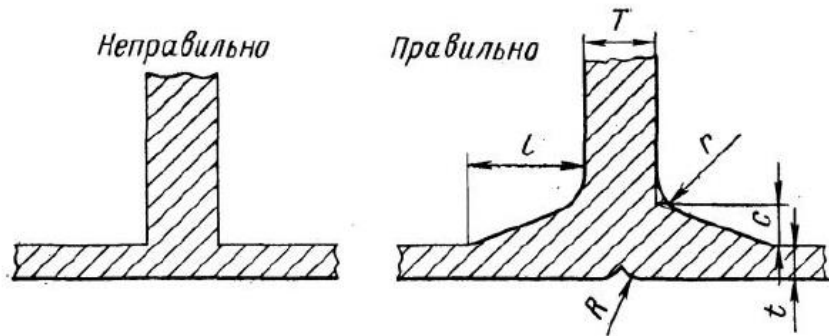


Рисунок 6 - Неправильное и правильное сопряжения стенок разной толщины, расположенных под углом 90°



$$t \leq 4t; \quad l \geq 4(T-t); \quad c = T-t; \quad r = \frac{T+t}{3}; \quad R = T-r$$

Рисунок 1.7 - Сопряжение стенок, перпендикулярных друг другу

Из всех приведенных схем следует, что в конструкциях не должно быть местных узлов - скоплений материала и острых углов. Используя правильные приемы при конструировании отливки, устраняются резкие перепады температур при охлаждении и затвердевании материалов, и предупреждается образование литейных дефектов.

В настоящее время существует большое множество CAD программных продуктов, способных проектировать цифровые модели любой сложности. Каждая из программ обладает теми или иными недостатками в виде погрешностей проектирования, которые напрямую влияют на качество изделий (образцов), получаемых при последующем выращивании на установках 3D прототипирования (3D принтерах).

Программная среда PRUSA-Slicer

Пакет PRUSA-Slicer – бесплатная программ, с открытым исходным кодом для настройке печати 3D-моделтq, оптимизированная под возможности принтера PRUSA i3 (рисунки 1.10-1.11).

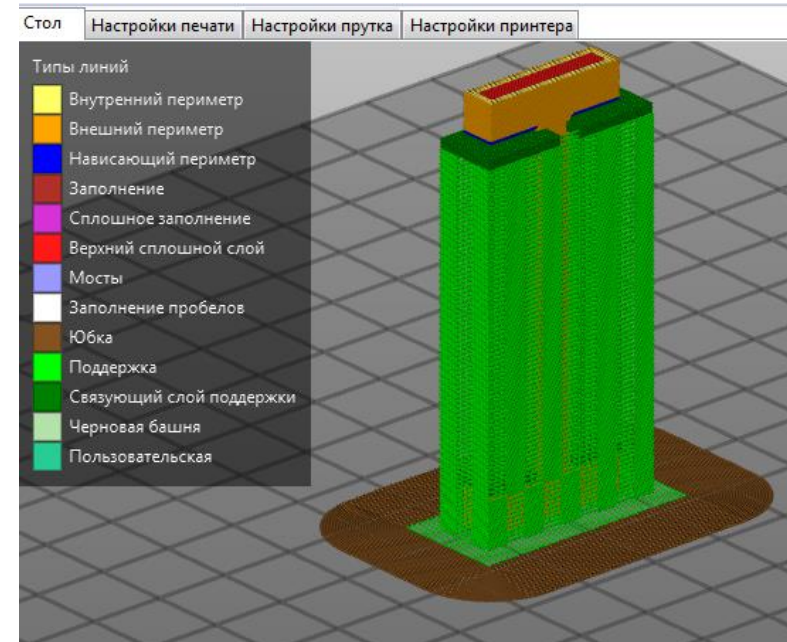


Рисунок 1.10 – Загруженная модель в программу prusa-slicer.

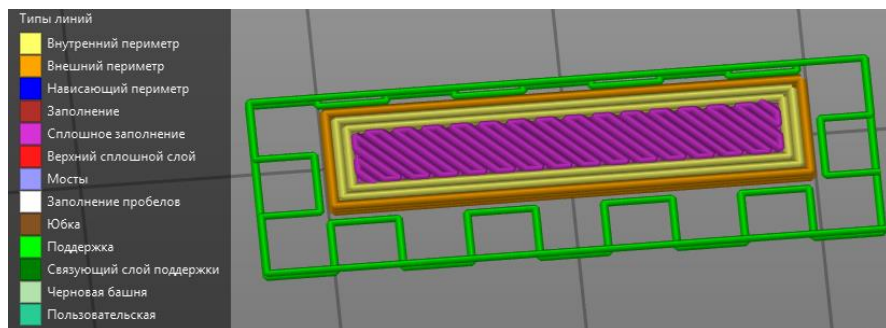


Рисунок 1.11 –Отображение слоев модели 2-6.

На рисунке 1.12 изображен интерфейс меню «Настройки печати–слои и периметры». Параметр «высота слоя», зависит от диаметра экструдера, для стандартного размера экструдера в 0,4мм обычно выбирается из предела 0,2-0,4. Массивные модели, для экономии материала печатают с полостями внутри. Настройка вертикальные оболочки регулирует количество слоев по контуру, которые будут плотно прилегать друг к другу. Настройка горизонтальные оболочки-регулирует количество горизонтальный слоев со сплошным заполнением.

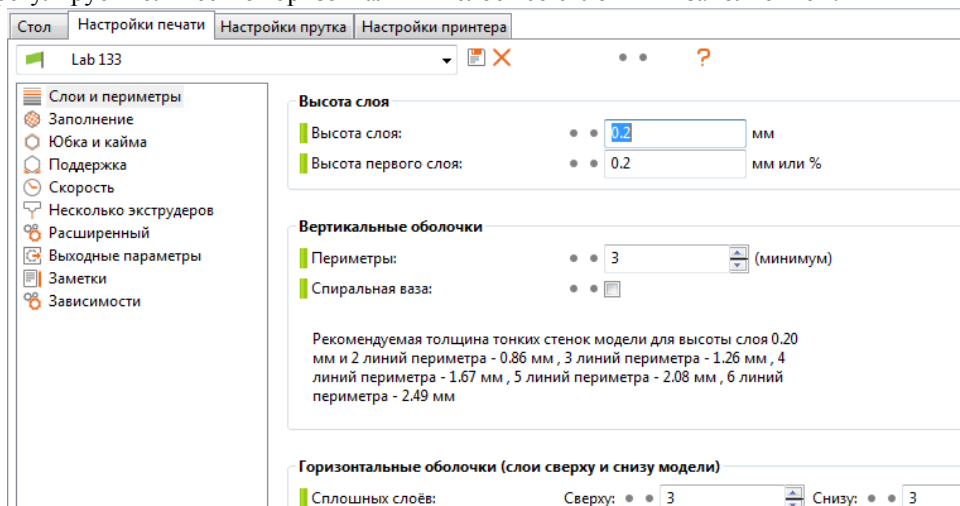


Рисунок 1.12 – Интерфейс меню «Настройки печати–слои и периметры»

На рисунке 1.13 изображен интерфейс меню «настройки печати–заполнение». Параметр плотность заполнения позволяет регулировать плотность заполнение материалом внутренние области модели, для экономии материала обычно устанавливается меньше 100. Шаблон заполнения – позволяет выбрать тип

заполнения. Возможно выбрать из 13 вариантов. Данные параметры подбираются индивидуально под модель.

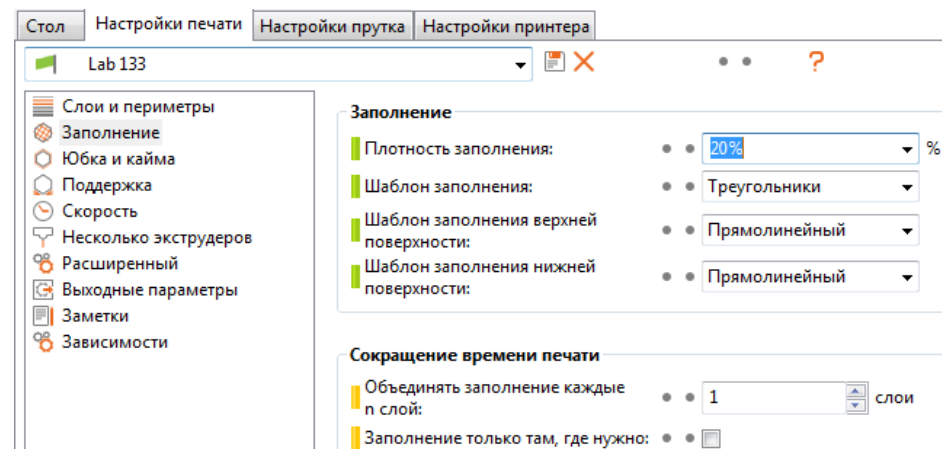


Рисунок 1.13 – Интерфейс меню «Настройки печати–заполнение»

На рисунке 1.14 изображен интерфейс меню «Настройки печати–Юбка и кайма». В данном меню идет настройка печати первого слоя. Для лучше адгезии модели с поверхностью стола обычно печатается одинарный слой определенной ширины – «юбка». Юбка изображена на рисунке 1.10. Параметр ширина каймы – регулирует ее ширину.

На рисунке 1.15 изображен интерфейс меню «Настройки прутка–Профиль прутка». В данном меню настраивается диаметр провода, а также температура стола и экструдера. При печати больших моделей температуру первого слоя делают больше температур последующих слоев, для лучшей адгезии материала с подложкой. Данная настройка более критична для PLA-пластика. Для наших целей достаточно установить одну температуру.

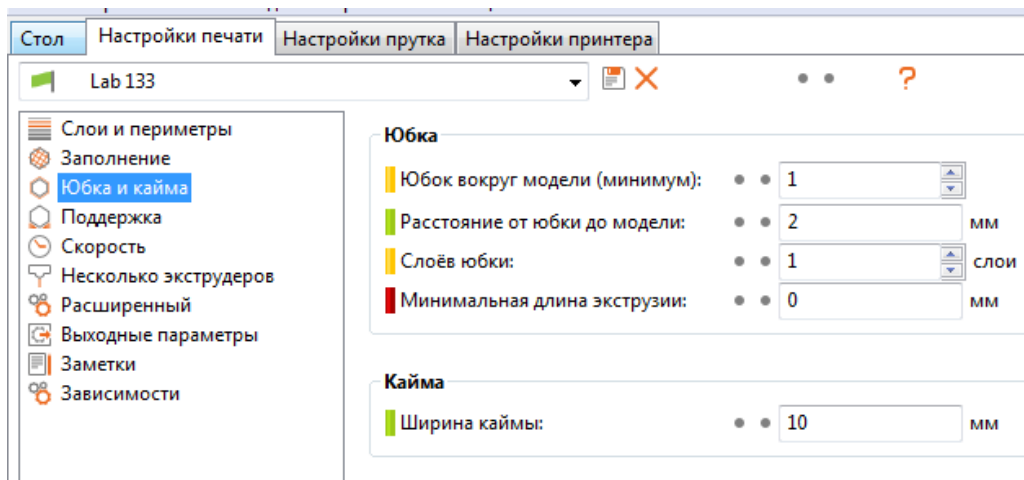


Рисунок 1.14 – Интерфейс меню «Настройки печати–Юбка и кайма»

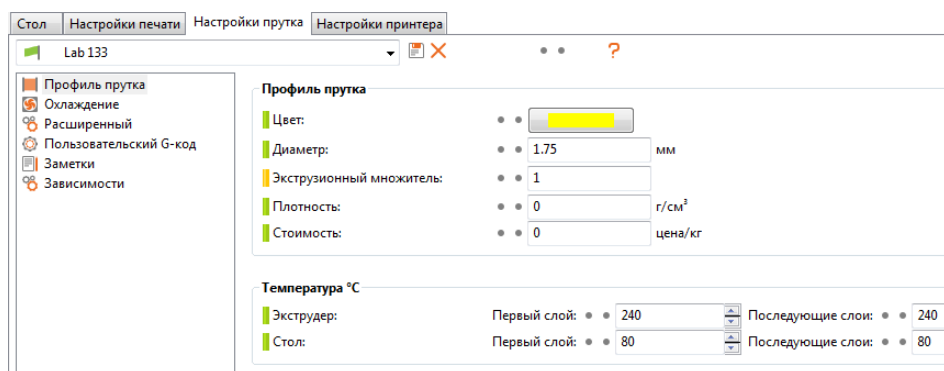


Рисунок 1.15 – Интерфейс меню «Настройки прутка–Профиль прутка»

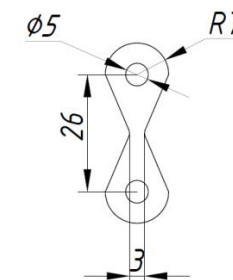
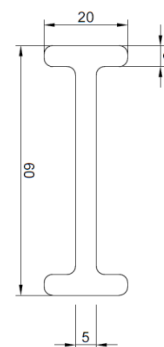
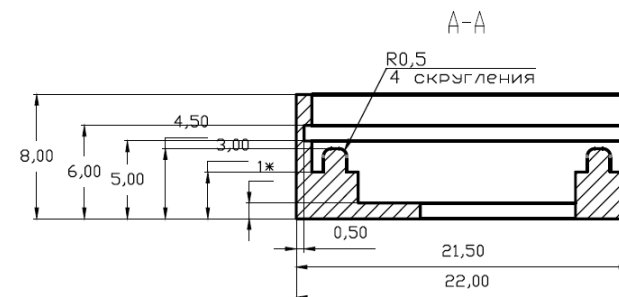


Рисунок 1.16 – Модель контроля прочности №1. Толщина модели 3мм.

Рисунок 1.17 – Модель контроля прочности №2. Толщина модели 3мм.



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получите номер модели у преподавателя (рисунки 1.16-1.17), а также геометрическое положение модели при печати – горизонтальное или вертикальное (рисунок 1.18). И согласно этим данным создайте модель в среде SolidWorks. Сохраните модель в формате .stl.
2. Проведите импорт модели в среду PRUSA-Slicer. Файл →Импорт→Загрузить STL→указать путь к файлу
3. Получите номер варианта у преподавателя. И настройте модель в программе PRUSA-Slicer согласно варианту (Таблица 1.3).

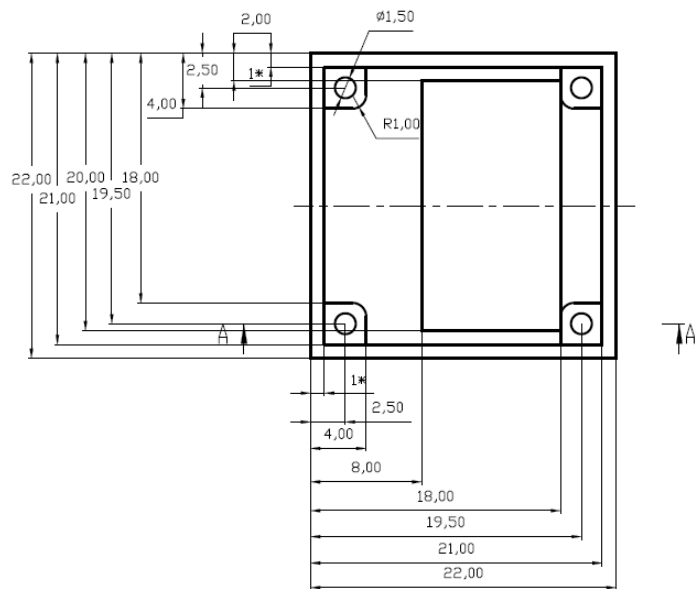


Рисунок 2.18 – Корпус для экрана

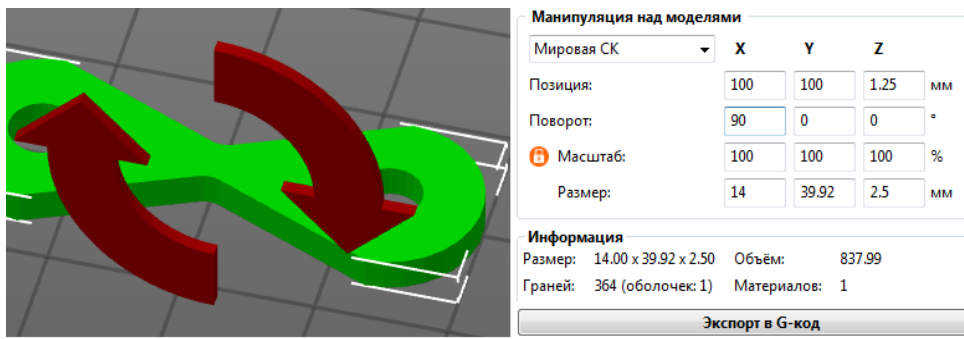


Рисунок 2.9 – Настройка ориентации модели в меню «Стол»

Таблица 3 – Список заданий по вариантам

Вариант	Высота слоя	Температура Экструдера	Температура стола
1	0,2	270	80

2	0,25	270	80
3	0,3	270	80
4	0,35	270	80
5	0,2	250	80
6	0,25	250	80
7	0,3	250	80
8	0,35	250	80
9	0,2	230	80
10	0,25	230	80
11	0,3	230	80
12	0,35	230	80
13	0,2	270	75
14	0,25	270	75
15	0,3	270	75
16	0,35	270	75
17	0,2	250	75
18	0,25	250	75
19	0,3	250	75
20	0,35	250	75
21	0,2	230	75
22	0,25	230	75
23	0,3	230	75
24	0,35	230	75
25	0,2	270	70
26	0,25	270	70
27	0,3	270	70
28	0,35	270	70
29	0,2	250	70
30	0,25	250	70

31	0,3	250	70
32	0,35	250	70
33	0,2	230	70
34	0,25	230	70
35	0,3	230	70
36	0,35	230	70

4. В меню «Стол» произведите экспорт модели в G-код (рисунок 1.18). Сохранить модель на SD card.

Содержание отчета

1. Чертеж детали.
2. Скриншоты физической модели
3. Скриншоты настройки внутреннего заполнения, внешних слоев, материала поддержки, температуры экструдера и рабочего стола.
4. Таблица расчета времени печати при различных настройках.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой MID-изделия.
2. Какие геометрические параметры нужно соблюдать при производстве 3D-MID изделий?
3. Сфера применения 3D-MID изделий.
4. Настройка печати и параметров модели в программе PRUSA-Slicer.
5. Технологии и материалы в 3D печати.

Литература

- 1.Фрайке, Й. *3D-MID*. Материалы технологии, свойства: пер.с англ. Яз.; под ред. И.А. Волкова – СПб.: ЦОП «Профессия», 2014 – 336с.
2. Кондрашин Л.Л., Лямин А.Н., Слепцов В.В. Современные технологии изготовления трехмерных электронных устройств. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. - 150 с.
3. Тебеньков В.Н. Исследование системы лазерной модификации материалов в технологии 3D MID . СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,2016 –76с.
4. Смелов В.Г. Исследование точности печати на 3D принтере: методические указания к лабораторной работе / Р.А. Вдовин, В.Г. Смелов. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. - 50 с.