Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing

Обучителен модул 1

Въведение в 3D принтирането и възможните апликации в обучението на зрително затруднени лица

Ръководство за T4VIS-In3D обучителен курс

Публикувано от
T4VIS-In3D проект

Проектът „T4VIS-In3D“ е съфинансиран от „ERASMUS +“
Програма на Европейската комисия

Подкрепата на Европейската комисия за изготвянето на настоящата публикация не представлява одобрение на съдържанието, което отразява гледните точки само на авторите и не може да се търси отговорност от Комисията за всяка употреба, която може да бъде използвана за информацията, съдържаща се в нея.
Това Ръководство е публикувано от консорциума на проект T4VIS-IN3D.

Licensing
“Trainers for Visually Impaired Students Introduce 3D Printing” is licenced under:
Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

Отпечатано:
Април 2021 от Berufsförderungswerk Düren gGmbH

Консорциум на проект T4VIS-In3D:

Berufsförderungswerk Düren gGmbH (Project co-ordination)
Karl-Arnold-Str. 132-134, D52349 Düren, Germany, http://www.bfw-dueren.de

FUNDACION ASPAYM CASTILLA Y LEON
C/ SEVERO OCHOA 33, LAS PIEDRAS 000, 47130, SIMANCAS VALLADOLID, Spain,
https://www.aspaymcyl.org/

HILFSGEMEINSCHAFT DER BLINDEN UND SEHSCHWACHEN OSTERREICHS
JAGERSTRASSE 36 - 1200, WIEN, Austria, https://www.hilfsgemeinschaft.at/

Instituttet for Blinde og Svagsynede, IBOS
Rymarksvej 1 - 2900, Hellerup – Denmark, https://www.ibos.dk

Istituto Regionale Rittmeyer per i ciechi di Trieste
Viale Miramare 119, 34136 Trieste, Italy, http://www.istitutorittmeyer.it/

NRCB
24 Landos Str., Plovdiv, 4006, P. Box 11, Bulgaria, http://www.rehcenter.org

Content

1. История на 3D печат 4
1.1 Развитие на 3D процесите 4
1.2 Предишни методи 9
1.3 Предимства на of 3D печата 10
1.4 Необходими ресурси 13
1.5 Предимства и недостатъци на различните методи за придобиване на готови файлове 16
1.5.1 Файлове от хранилища 16
1.5.2 Самостоятелно проектирани файлове с CAD програми – 16
1.5.3 Пре-програмиране с 3D скенер 16
2 Въведение в FDM и SLA 3D технологии за печат 17
2.1 Конструкция и функционалност на FDM принтерите 17
2.1.1 Нишки 19
2.1.2 Необходими инструменти 20
2.1.3 Необходимо оборудване за безопасност 20
2.2 Конструкция и функционалност на SLA принтерите 21
2.2.1 Смоли 25
2.2.2 Необходими инструменти 25
2.2.3 Необходимо оборудване за безопасност 25
2.3 Сравнение на методите за печат на SLA и FDM за създаване на тактилни учебни материали 26
3 Препроектиране с 3D скенер 27
3.1 Пример за достъпно решение за 3D сканиране 27
3.2 Strip light scanner 28
3.3 Image-based methods 29
4 List of illustrations 37
5 Bibliography 38

1. История на 3D печат

От началото на хилядолетието 3D печатът става все по-популярен. Тази технология става все по-широко разпространена в промишлеността, а също и в икономическите сектори, които практически не участват в производството.

Машините стават все по-мощни, лесни за ползване и рентабилни.

Въпреки че според медиите 3D печатът е развит отскоро, разработките датират от 80-те години. Причината за нарастващото значение на 3D печата е, че патентите от 80-те години изтекоха в началото на хилядолетието. По-нататъшното развитие в областта на хардуера и софтуера може да бъде продължено без лицензионни такси или законови ограничения.

1.1 Развитие на 3D процесите

Д-р Хидео Кодама от Общинския индустриален изследователски институт в Нагоя - Япония беше един от първите, които изследва принципа на оформяне с помощта на лазерен лъч.

Още през 1980 г. той подава патент (JPS56144478A) и описва системата си по следния начин: "Вана с фотополимерен материал е изложена на ултравиолетова светлина. Светлината втвърдява материала във ваната, създавайки модел слой по слой."

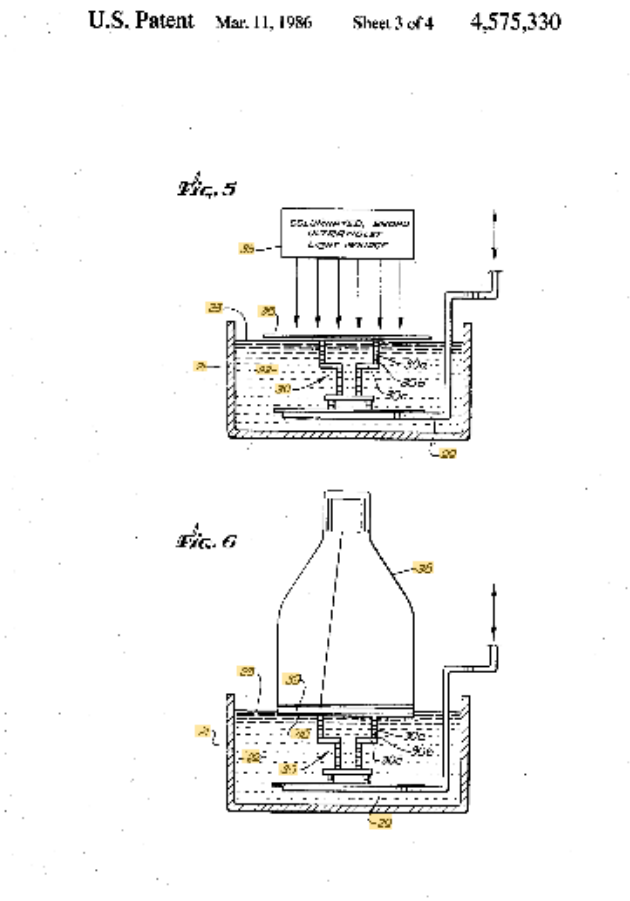
Процесът на стереолитография (съкратено. SLA) също работи на този принцип. За съжаление, поради проблеми с финансирането, той не успя да регистрира патента си изцяло в рамките на едногодишния срок след подаване, което не му отреди място в историята на 3D печата.

Фигура 1 Ранен SLA принтер SLA 1 (Reference: ResearchGate)

В началото на 80-те години Чарлз Хъл работи за малка компания, която използва UV светлина, за да заздрави пластмасовата повърхност на маси; за

ремонт на покривни, подови настилки и други подобни. Ефектът, който UV светлината има върху фоточувствителните повърхности, очарова Хъл.

През 1984 г. той открива оптималната връзка между UV светлината и фотополимерите и кандидатства за патент заедно с други свои колеги. Патент (US4575330)



Фигура 2 Графика на патента на Чарлз Хъл

През 1989 г. Карл Декард подава друга заявка за патент за процеса лазерно синтероване за 3D печат. В този процес пластмасовият прах се разтопява с лазер. Патент (US4863538). Това съответства на процеси на селективно лазерно синтероване в основата на прахообразно легло - (SLS) или селективно лазерно топене - (SLM).

През 1989 г. Скот Крымп подава заявка за патент (US5121329) за процеса на моделиране на разтопени депозити (FDM), който е много разпространен днес. В този процес пластмасата се топи и след това се нанася на слоеве. Днес FDM процесът се използва широко и има висока гъвкавост в разнообразието на

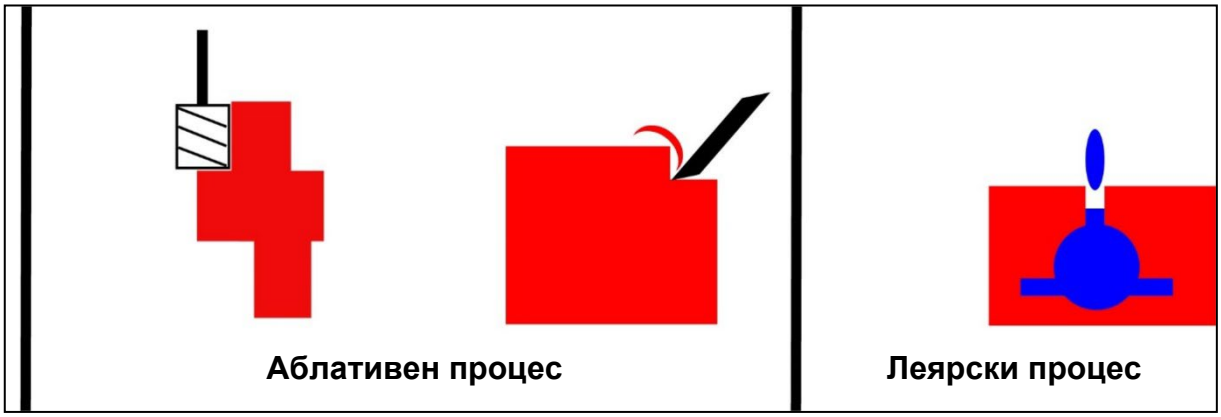
материали. Междувременно се предлагат и FDM принтери за производство на метални компоненти.
Въз основа на факта, че при триизмерния печат компонентът винаги се създава в последователни слоеве, техническият термин "добавяне на слой" възниква като синоним на 3D печат.

1.2. Разлики между традиционните и адитивните производствени процеси.

Традиционните процеси са аблативни и леярски. В аблативните процеси се използват инструменти за създаване на компонента от блок материал. Това изисква машини с подходящи инструменти и наличие на охлаждащи течности.

При процесите на леене течният материал се излива в леярската форма. Материалът обикновено се втвърдява чрез охлаждане. След това излишъкът трябва да бъде отстранен и втвърденият материал в отливните канали трябва да бъде изваден.

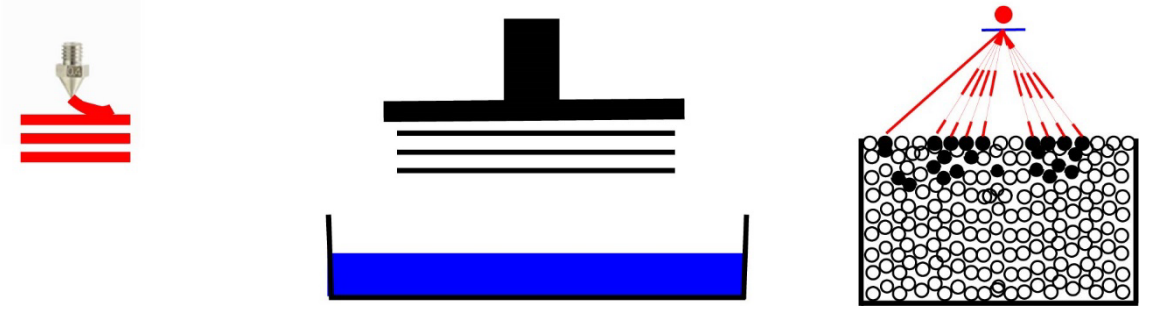
Формата на детайла не се определя само от дейността. Дизайнерите също трябва да вземат предвид докъде могат да достигнат инструментите. Този "метод, съвместим с машината" частично ограничава свободата на формата.



Фиг.3 Традиционни процеси

Тези процеси изискват повече материал отколкото се нуждаят компонентите. Аблатните или отлети остатъци могат да бъдат рециклирани, но изискват по-високи материални разходи при доставката.

При адитивните производствени процеси компонентите се създават слой по слой. Освен 3D принтер, за производството не са необходими други инструменти. Материалът се нанася или втвърдява само във формата на компонента. Материални отпадъци или се произвеждат само в много малка степен, или изобщо не се получават.



FDM процес **SLA процес** **Прахово базиран процес**

Фигура 4. Адитивен процес

Този процес предлага възможност за изработване на модели със свободна форма.

Фигура 3 Свободна форма. Двата модела са изработени в един процес.

Това спестява суровина, усилие за сглобяване и тегло на компонента.
Друго предимство на 3D печата е рентабилното производство на прототипи и малки количества.
Понастоящем адитивните производствени процеси също имат някои недостатъци. Това са:

1. сравнително бавен процес
2. ограничен размер на компонента
3. понякога е необходима последваща обработка на компонентите

В обозримо бъдеще адитивното производство е допълнителен производствен процес, който допълва конвенционалните процеси, но няма да ги замени. Що се отнася до производството на тактилни учебни материали, 3D печатът представлява значително подобрение по отношение на качеството, разнообразието и рентабилността на материалите, които ще се произвеждат.

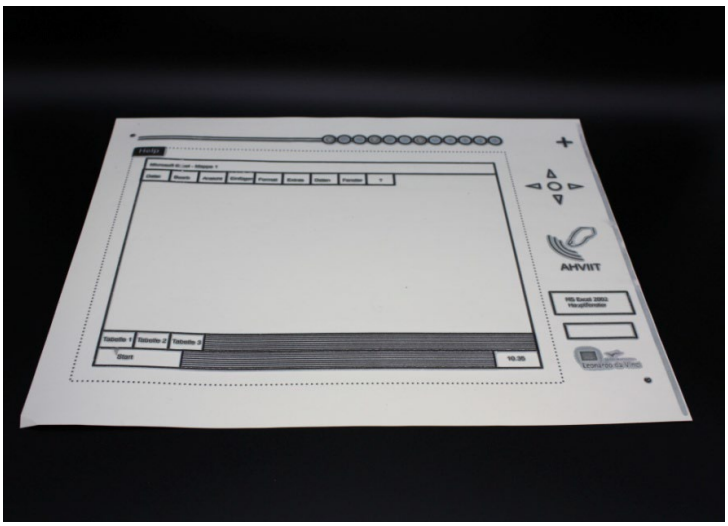
2. Подходяща технология за 3D печат за производство на тактилни учебни материали

1.2 Предишни методи

В сравнение с предишните методи за производство на тактилни учебни материали, 3D печатът предлага значителни предимства. Предишните процеси са предимно:

1. използване на подуваща хартия
2. термоформоване с пластмасово фолио

В първия процес лист, съставен от подложка от хартия и термопластичен материал се нагрява. Почернените участъци на този лист се удебеляват (или „подуват“) чрез нагряване с така наречения „фюзер“.
Това удебеляване зависи от потъмняването и обикновено не е по-голямо от 1,5mm. Сивите нюанси не могат да бъдат представени, както и не е възможно да се реализират по-сложни триизмерни изображения.



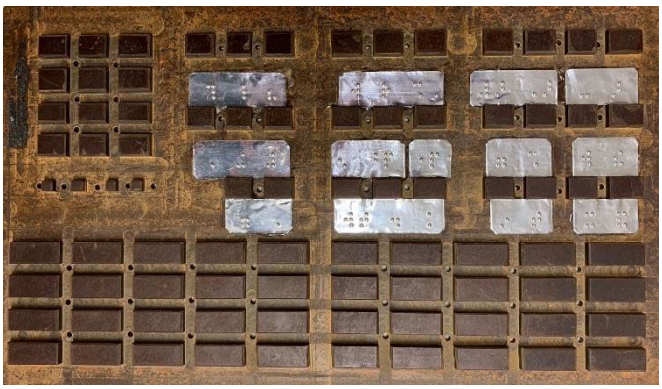
Фигура 4 Компютърен екран, направен върху подуваща хартия

Почернянето на листа може да се извърши с всяка фибро писалка или мастилено-струен принтер. Всяка проста графична програма може да се използва за създаване на прости графики. При честа употреба изображенията се износват бързо и трябва да бъдат заменени.

В процеса на термоформоване пластмасов филм се поставя върху триизмерна матрица, нагрява се, изтегля се върху матрицата чрез вакуум и се формира. Филмът е отпечатък от матрицата. Този процес позволява реализирането на голям брой копия. Богатството на детайлите обаче зависи от мащаба, тъй като процесът на формоване не позволява фини щамповки.

Фигура 5 Модел на клавиатура, направен на термоформ

Досега матриците бяха създавани ръчно, което отнемаше много време. Поради това и промените в модела отнемаха много време или дори изискваха цялостен редизайн на матрицата.



Фигура 6 Матрица на клавиатурата от по-горната фигура.

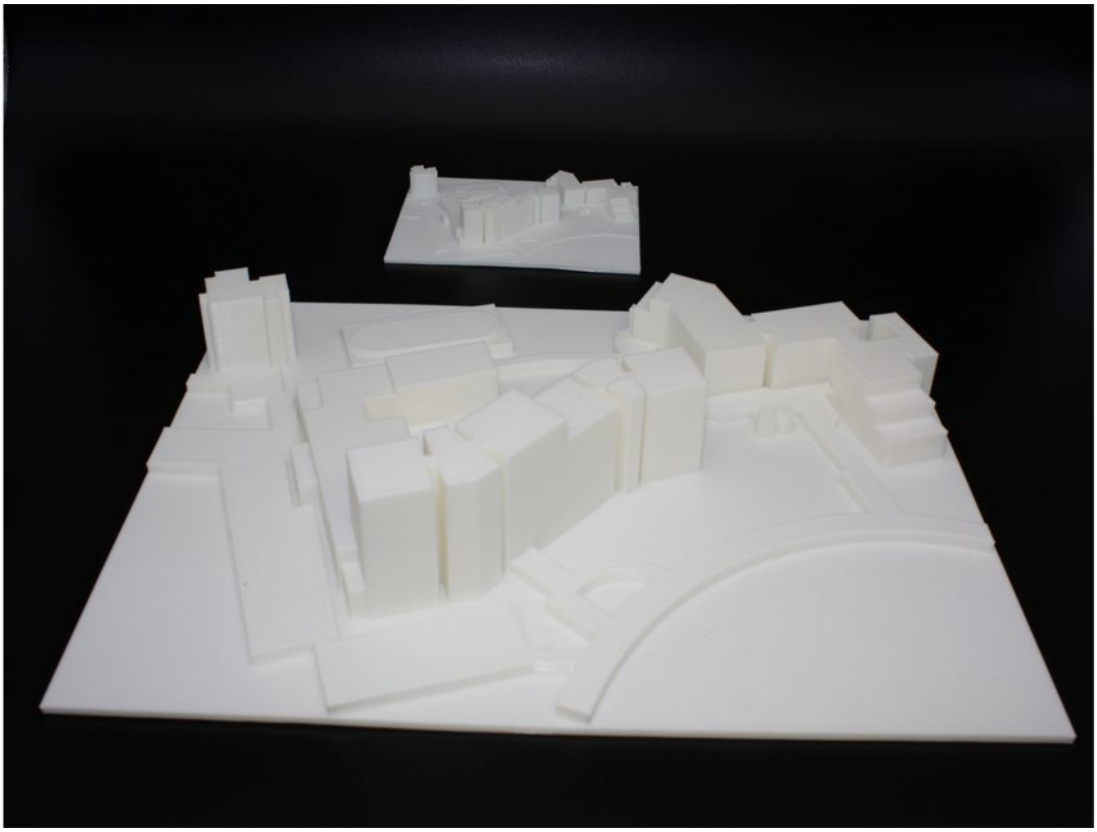
Ако сте оборудвани с термоформоваща машина и 3D принтер, е много по-лесно да произведете необходимите форми с CAD програма и 3D принтера.

1.3 Предимства на of 3D печата

В сравнение с описаните по-горе методи, 3D печатът предлага значителни предимства за производството на тактилни учебни материали, които са много подробни и относително евтини. По същество всичко, което е необходимо за производството, е 3D принтерът и неговите материали, както и софтуерът CDA. Не се изискват разнообразни инструменти и материали за производството на матрици.

В сравнение с учебните материали, изработени от термоформиращи се фолиа или подуваща хартия, тактилните модели от 3D принтера позволяват значително увеличени и детайлни коти, тела и текстури на повърхността. Котите, телата, както и текстурите могат да бъдат цифрово адаптирани и променяни много лесно според изискванията.
Освен това е възможно да се произвеждат модели от един и същ файл в различни мащаби.

Фигура 7 тактилна карта, отпечатана на 3D принтер



Фигура 8 3D модел от същия план на предишната фигура

Друго предимство на 3D печата е възможността да се произвеждат модели от различни материали. Гъвкави и твърди материали могат да се комбинират на един модел, за да се получат диференцирани тактилни отпечатъци. Това може да бъде изгодно за медицински модели. Възможно е също да се произвеждат модели в различни контрастни цветове. Това е удобно за хора с тежки зрителни увреждания, които все още могат да използват зрението си.

Тактилни планове за ориентиране също могат да бъдат създадени много лесно и евтино от цифрови карти като OpenStreetmap или други налични приложения.

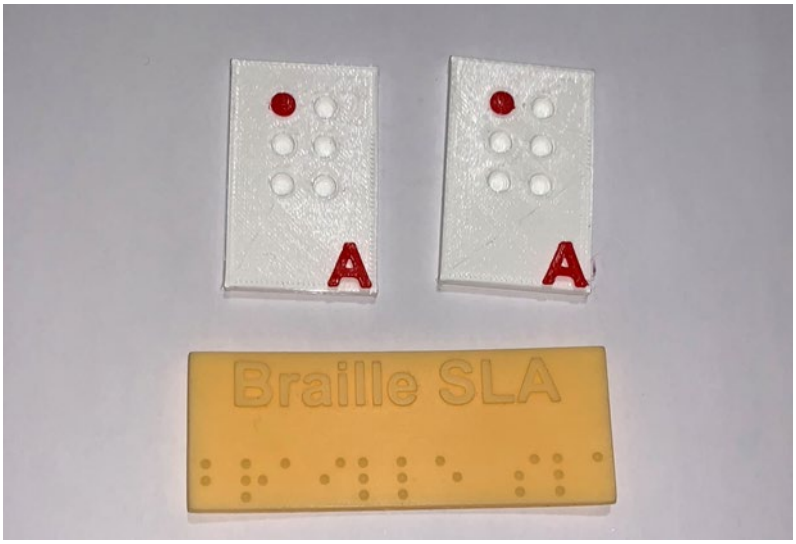
Фигура 9 Тактилни модели на клетъчни структури

По този начин тактилните детайли могат да бъдат представени дори в по-малки модели, които не са постижими при другите производствени методи.

Сравнително простата възможност за създаване на 3D модели също улеснява създаването на индивидуални решения с тактилни елементи. Поради малкия брой единици това не е рентабилно за производствените предприятия.

Фигура 10 Обозначения на врати със знаци и на Брайл

В контекста на тактилните обучителни медии за незрящи, често се намират индивидуални решения за обучение на Брайлово писмо. В много случаи тези разработки е трябвало да бъдат произведени ръчно от материали като дърво или картон. Тези материали са трудни за работа и понякога невъзможни за почистване. При 3D печата почти няма ограничения за дизайна и избора на пластмасов материал



Фигура 11 Пример за Брайлови обучителни табелки

1.4 Необходими ресурси

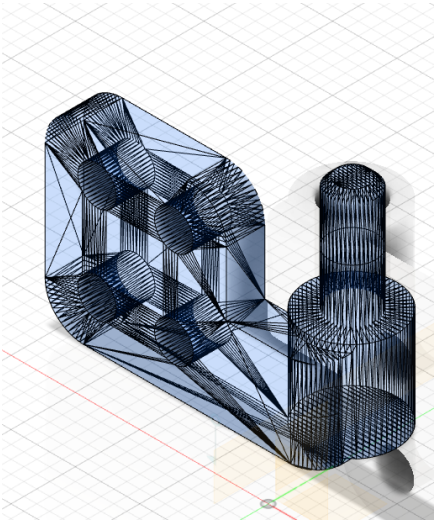
За производството на тактилни учебни материали се нуждаете от поне един подходящ 3D принтер. Принтери за моделиране от вида FDM и стереолитографски принтери (SLA) са подходящи за направа на тактилни учебни материали.

Те вече се предлагат в ценови диапазон от 650 евро за производство на компоненти с подходящ размер и качество. По принцип колкото по-голямо е инсталационното пространство, толкова по-скъп е принтерът.

Технологията на принтера ще бъде обяснена в глава 3.

Въпреки че хардуерът на принтера в крайна сметка произвежда моделите, необходимият софтуер е също толкова важен.

Отправната точка за 3D печата е файл, който отговаря на интерфейса STL. STL означава стерео литография или стандартен триангулационен/теселационен език. Форматът STL описва повърхността на 3D тела с помощта на триъгълни фасети и по този начин е математически структуриран.



Фигура 12 Триъгълни фасети на STL файл

Такъв STL файл може да бъде получен по различни начини:

1. Получавате файла от налична база данни, наричана още хранилище. Добре известни хранилища са напр. Thingiverse, MyMiniFactory, Cults,
2. Конструирате модела с CAD софтуер и експортирате конструкцията като STL файл.
3. Заснемате тяло с 3D скенер.

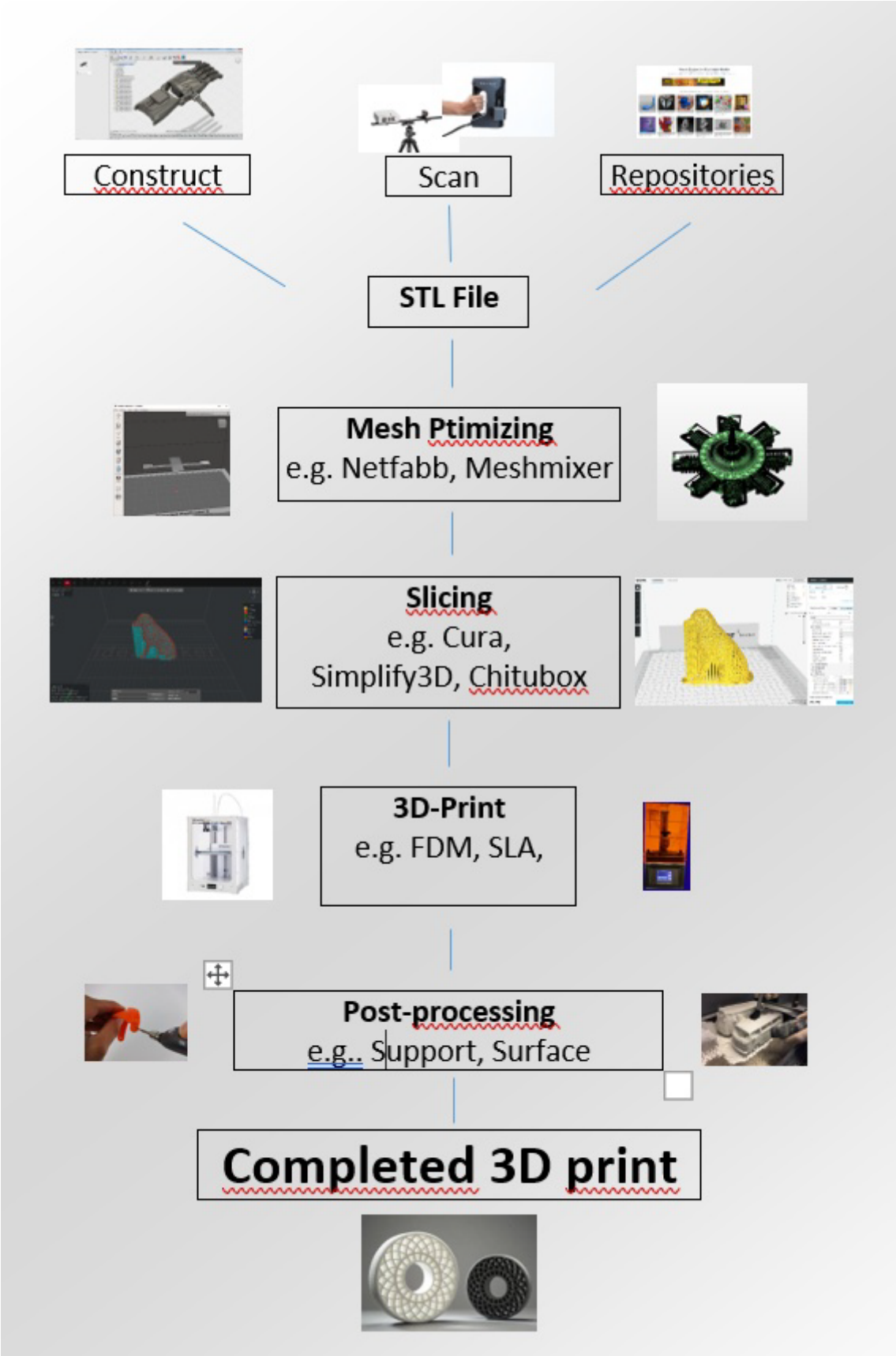
Този STL файл се използва за генериране на файл, който може да бъде прочетен от 3D принтера. Файлът съдържа специфични за устройството параметри, които позволяват моделът да се изгражда слой по слой. Това се прави с програми, които обикновено се доставят с устройствата и са описани с термина "слайсър". Добре известни продукти са например: Cura, Simplify3D или Repetier Host.

Със специалната задача да произвеждаме тактилни учебни материали, ще бъде неизбежно да се научим сами да конструираме модели. Това се прави с подходящ CAD софтуер.

Известно приложение с отворен код е FreeCad . Този софтуер е много изчерпателен и мощен. Той обаче не е фокусиран върху този начин на производството.

Лесно решение е браузърното приложение Thinkercad на Autodesk. Въпреки това, той не е подходящ за по-сложни дизайни.

За нашия проект използваме софтуера Autodesk Fusion360. Този софтуер предлага специални функции за този начин на производство и е достъпен за образователни институции и студенти с безплатен лиценз.



Фигура 13 Пътят на 3D печата

1.5 Предимства и недостатъци на различните методи за придобиване на готови файлове

1.5.1 Файлове от хранилища

Най-лесният начин е да се вземат готови и подходящи проектирани файлове от хранилищата. Те само трябва да бъдат конвертирани за 3D принтера и след това отпечатани.

Всъщност вече има много файлове за целевата група и те също отговарят на изискванията. Почти винаги обаче е проблематично, ако Брайловият текст е част от дизайна. Тъй като много от тези файлове, които се съхраняват в хранилища произхождат от англоговорящия свят, те не могат да се използват без ограничения.

Освен това готовите проектирани файлове, които обикновено се записват като STL файлове, могат да бъдат редактирани само в ограничена степен.

1.5.2 Самостоятелно проектирани файлове с CAD програми –

Изграждането на собствени модели със сигурност е най-трудоемкото решение, тъй като трябва да се вземат предвид не само времето за изработка, но и тестовете за оптимален печат. Собствените дизайни изискват определено количество знания от потребителя. Опитът обаче учи, че само този подход предлага индивидуални и оптимални решения.

1.5.3 Пре-програмиране с 3D скенер

Друг метод за получаване на STL файлове е използването на 3D скенери. Предпоставка обаче е съществуването на подходящ триизмерен шаблон и 3D скенер, или цифров фотоапарат и подходящ софтуер за фотограметрия. Междувременно се предлагат и подходящи приложения за смартфони и таблети.
Не бива, обаче да смятаме, че 3D сканирането може да се използва директно без последваща обработка. В почти всички случаи грешките в сканирания модел трябва да бъдат коригирани с програми за корекция като: Autodesk Meshmixer.

Също така трябва да се има предвид, че дори обикновени 3D скенери или подходящи смартфони или таблети могат да надхвърлят цената на 3D принтера.

2 Въведение в FDM и SLA 3D технологии за печат

3D принтери, които използват моделиране на разтопени депозити (FDM), стереолитография (SLA) или цифрова обработка на светлина (DLP), са подходящи за производството на тактилни учебни материали. Подходящи устройства вече са на разположение за по-малко от 1000 €, и с тях може да се постигнат добри резултати.

Поради кратките иновационни цикли тук не се разглеждат конкретни производители и типове модели. Тази глава по същество описва стандартизираните възли, работни елементи и материали. Обяснени са и основните и независими от модела оперативни стъпки.

Точната работа на 3D принтерите трябва да бъде взета от приложените инструкции за експлоатация и съответните инструкции за безопасност.

2.1 Конструкция и функционалност на FDM принтерите

Simply explained, the FDM process works like a hot glue gun, with which several layers of adhesive strands are joined together.

The FDM process uses strands of plastic with a diameter of 2.85 or 1.75mm. The generic term for these plastics is "filament" and is independent of the plastic or diameter used.

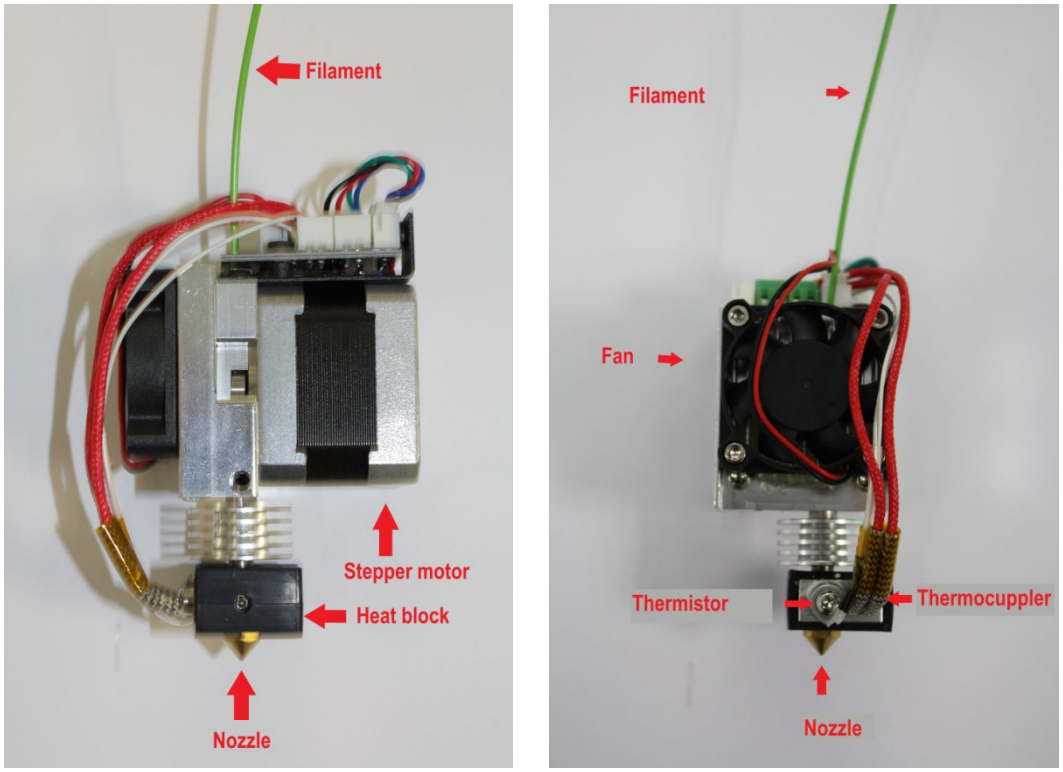
The filament is fed into an assembly called an "extruder" by a stepper motor. Extruders are constructed differently. However, they all have a heating element in which the filament is brought to temperature. The correct temperature is controlled by a thermal sensor (called: Thermistor). The filament is pressed through the nozzle by the continuous transport by a stepper motor. As a standard, nozzles with a 0.4 mm diameter bore are used. However, the filament thickness is considerably less and can be as thin as 0.05mm. The extruder is movable and applies the melted filament layer by layer tot he build plate.

Просто обяснено, процесът FDM работи като пистолет за горещо лепене, с който няколко слоя лепилни нишки са свързани заедно.

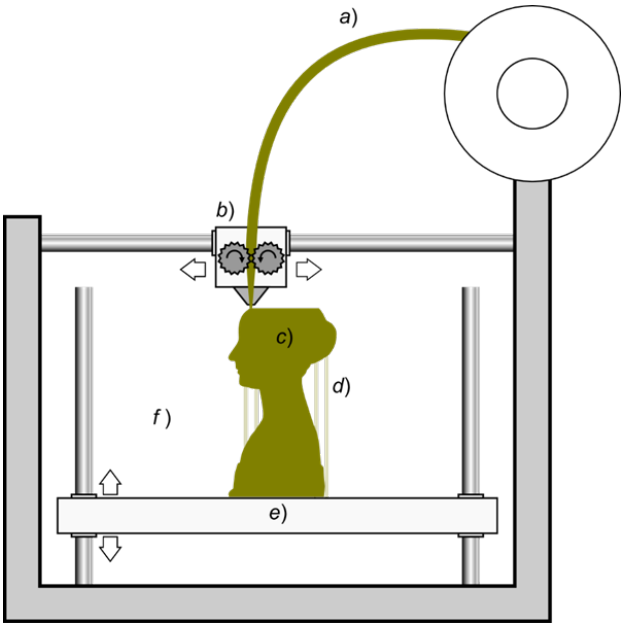
Процесът FDM използва пластмасови нишки с диаметър 2,85 или 1,75 мм. Общият термин за тези пластмаси е "нишка" и не зависи от използваната пластмаса или диаметър.

Нажежаемата нишка се подава в модул, наречен "екструдер" от стъпков двигател. Екструдерите са конструирани по различен начин. Всички те обаче имат нагревателен елемент, в който нишката се довежда до температура. Точната температура се контролира от термичен сензор (наречен: Термистор). Нишката се притиска през дюзата чрез непрекъснат транспорт от стъпков

двигател. Стандартно се използват дюзи с отвор с диаметър 0,4 mm. Дебелината на нишката обаче е значително по-малка и може да бъде толкова тънка, колкото 0,05 мм. Екструдерът е подвижен и нанася разтопената нишка по слой върху изграждащата плоча.



Фигура 14 Структура на екструдера: вляво – поглед отстрани; вдясно – поглед отпред



Фигура 15 Функционалност на FDM принтер (Scopigno R.,et.al., 2017)

Схематично представяне на екструдирането: нишка (a) от пластмасов материал се подава през нагрята движеща се глава (b), стопява се и се екструдира, като се отлага слой след слой в желаната форма (c). Движеща се платформа (d) се спуска след отлагането на всеки слой. За този вид технология са необходими допълнителни вертикални опорни конструкции (e) за поддържане на надвиснали части. (Уикипедия 2021)

3D принтерите разполагат със собствена електроника за управление. За много устройства това се основава на едноплатната архитектура Arduino. Операционната система е основно операционната система Marlin с отворен код. Отворената хардуерна и софтуерна структура позволява на всички производители да адаптират системите към своите принтери, без да се налага да плащат лицензионни такси. Това също има много положителен ефект върху цената на принтерите.
USB носителите и / или SD картите с памет се използват като носител за съхранение на файлове. По-евтините устройства също са оборудвани с LAN или WLAN интерфейс за прехвърляне на файлове за печат директно от компютъра към 3D принтера. Тези интерфейси също така дават възможност за управление на 3D принтера чрез Интернет. Популярни приложения за контролери са например OctoPrint или AstroPrint.

2.1.1 Нишки

Ако FDM принтерът няма нагряваща плоча за изграждане, единственият избор на материал обикновено е полиактид (PLA) и други нишки, базирани на този основен материал. PLA обаче е напълно достатъчен за производството на тактилни учебни материали. Той има много предимства, но и някои недостатъци.

Предимства

+ Лесен за боравене
+ Широка гама от цветове
+ Устойчив на ултравиолетови лъчи
+ Висока стабилност
+ Суровина на биоматериална основа
+ Лесно се почиства с вода или алкохол
+ Няма мирис по време на обработката
+ Нетоксична повърхност

Недостатъци

- Устойчив на температура само до 55 ° C
- По-ниска устойчивост на удар

Ако 3D принтерът има нагряваща плоча, други нишки като ABS или PETG също могат да бъдат обработени, което компенсира недостатъците на PLA. Обработката на тези материали обаче е малко по-трудна и изисква известен опит от оператора. Освен това тези материали се отпечатват при по-високи температури, които екструдерът трайно може да генерира.

2.1.2 Необходими инструменти

Най-важните инструменти за направата на първите компоненти са:

1. пинсети за отстраняване на остатъците от нишки от дюзата
2. клещи за отделяне на нишката
3. шпатула за освобождаване на компонента от строителната плоча

Фигура 16 Най-важните инструменти

Други инструменти също могат да бъдат полезни за довършване на компонентите. Това са:

1. калайджийски нож за отстраняване на поддържащия материал и чепаци
2. фреза
3. пластмасово лепило
4. акрилна боя и грунд

2.1.3 Необходимо оборудване за безопасност

Въпреки че работата с FDM принтери е относително безпроблемна, се изискват следните лични предпазни средства (ЛПС):

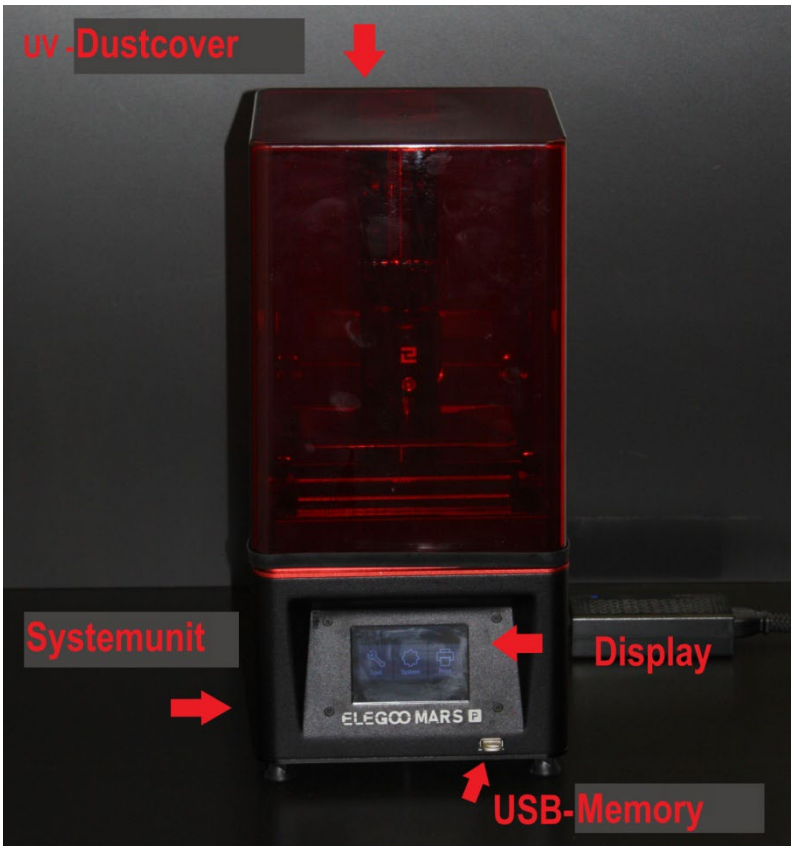
1. FFP2 маска, когато работите близо до принтера (напр .: зареждане на нагреваема нишка, проверка на налягането), за да се избегне вдишването на емисии от нагрятата нишка.
2. предпазни очила при обработка на компонента или почистване на дюзата.
3. устойчиви на нарязване ръкавици за обработка на компонентите с фреза.

2.2 Конструкция и функционалност на SLA принтерите

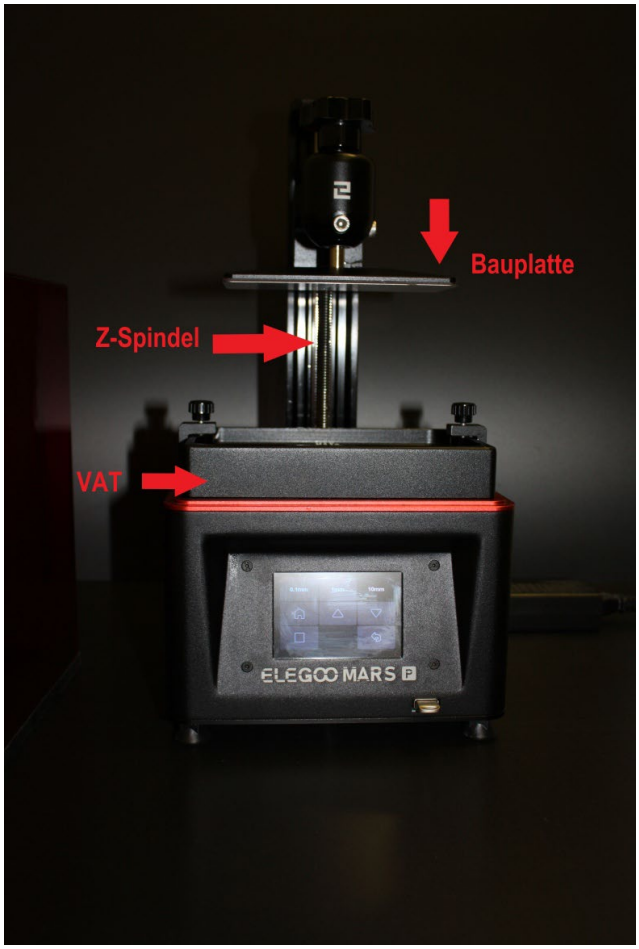
Дизайнът на SLA принтерите е много по-опростен в сравнение с FDM принтерите по отношение на броя на движещите се възли.

По същество принтерът се състои от системен блок, който съдържа необходимата електроника, експозиционен блок и работни елементи. Отгоре има шпиндел с резба, който държи платформата за изграждане в Z-оста. Директно в горната част на системния блок е резервоарът, който съдържа течния фотополимер (наричан още смола). Тези контейнери имат прозрачно дъно, през което експозицията и втвърдяването се извършва чрез UV светлина или лазер.

За да се предпази смолата от светлина по време на работа, горният блок е затворен с филтър срещу UV светлина.

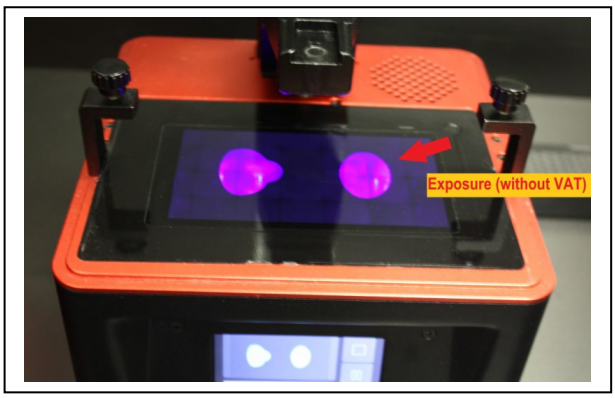


Фигура 17 Сглобен SLA принтер с капак



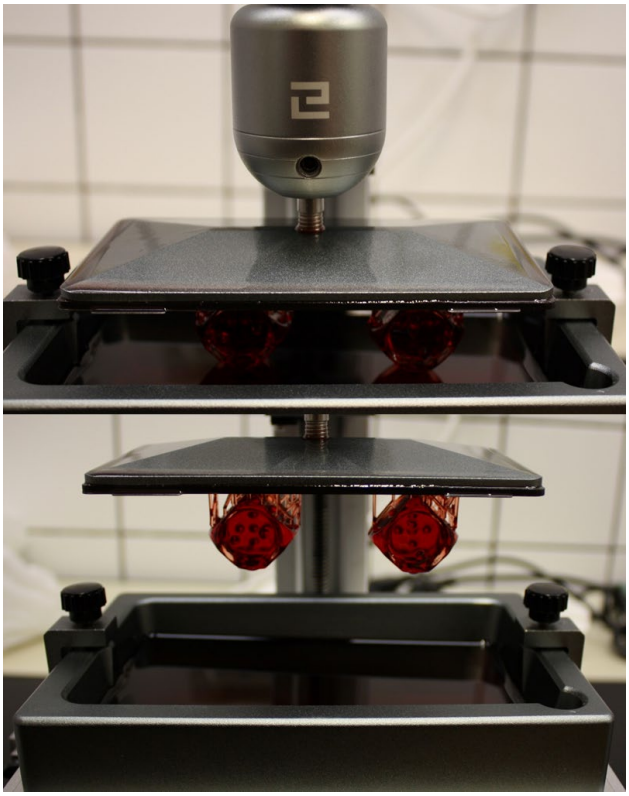
Фигура 18 SLA принтер без капак

Дебелината на слоя на SLA принтерите може да варира от 0,01 до 0,05 mm. След втвърдяването тези слоеве обикновено не се виждат с просто око. Повърхността е гладка и следователно много подходяща за брайлово писмо.



Фигура 19 фаза на експозиция при SLA принтирането. За по-добра визуализация резервоарът е премахнат

Процесът на печат еледният: Строителната плоча се потапя в резервоара за всеки слой. След това се извършва експозицията и смоленият слой се втвърдява и прилепва към предварително генерирания слой. Разстоянието между прозрачната основа трябва да се регулира точно, в противен случай няма да има достатъчно сцепление с плочата за изграждане.



Фигура 20 процес на SLA принтиране

SLA принтерите също имат интерфейси с памет. Често се използват USB флашки. Някои SLA принтери с ниска цена също имат LAN и/или WLAN интерфейси.

За разлика от FDM печат, SLA процесът изисква значително повече материали и инструменти за последваща обработка.

Компонентите, залепнали върху изграждащата плоча трябва първо да се почистят в изопропанолова баня (препоръчително 99%). След този процес на почистване моделът трябва да изсъхне.

След почистване на обработвания детайл, неизползваната смола трябва да се напълни обратно в бутилката чрез лаков филтър.
След това резервоарът трябва да бъде добре почистен с изопропанол.

Тъй като материалът все още не е напълно втвърден, компонентът трябва да се втвърди в UV камера за втвърдяване. И накрая, компонентът трябва да бъде запечатан с лак с UV защита. Това предотвратява пожълтяването на компонента при излагане на светлина.

Тук се вижда, че този производствен процес отнема значително повече труд, материал и пространство, отколкото процеса FDM. Освен това емисиите от изопропанола и смолата изискват добре вентилирано работно пространство или още по-добре вентилационна система.

Фигура 23 SLA почистваща станция с три вани

Фигура 21 UV камера за втвърдяване на Фирма XYZ

2.2.1 Смоли

Всички производители на принтери предлагат подходящи смоли за своите устройства. Те са за определен диапазон от дължини на вълната, който принтерът поддържа. Стандартните смоли се предлагат в различни цветове и също така прозрачни версии. Различните смоли могат да изискват различно време за полагане на слой. Тези данни могат да бъдат намерени в съответните технически листове на производителите.
Съществуват и други производители, които произвеждат специални смоли, които компенсират недостатъците, споменати в глава 3.3. Освен това тези смоли отговарят на специални изисквания от медицинския и стоматологичния сектор. За щастие тези специални смоли вече се предлагат и за евтини SLA принтери. Докато те преди бяха достъпни само за устройства от 3000 евро, гамата от продукти, предлагани от производителите, доказва, че устройствата с по-ниски цени стават все по-важни в професионалните приложения.

Не трябва обаче да се забравя, че тези специални смоли често струват 8-10 пъти повече от стандартните смоли.

2.2.2 Необходими инструменти

За да премахнете компонентите от строителната плоча и почистите монтажната плоча и резервоарите за смола, имате нужда от следните инструменти и материали:

- Пластмасова шпатула
- Изопропанол 99% в бутилка и спрей
- Хартиени кърпи
- Най-малко една пластмасова вана, която може да побере използваната плоча и да е пълна с изопропанол за почистване на компонента.

За премахване на поддържащия материал и довършване на компонента:

- Остри пинсети
- Нож или скалпел
- Нож за обрязване
- Шкурка тип 500

2.2.3 Необходимо оборудване за безопасност

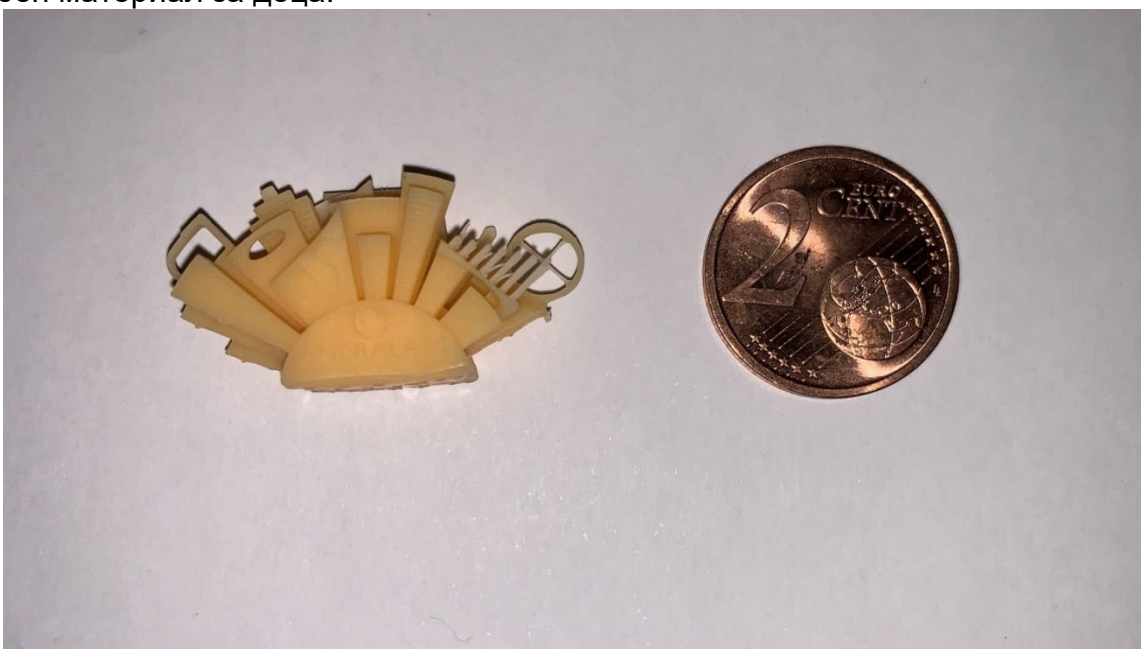
По принцип необходимото защитно оборудване може да се намери в информационните листове за безопасност на принтера и използваните смоли.

- При работа със SLA принтери обикновено се препоръчват следните лични предпазни средства (ЛПС):
- FFP2, по-добра маска FFP3 за защита от емисиите на смолата и изопропанола.
- Еднократни ръкавици
- Предпазни очила
- Работао или лабораторна манта
- Устойчиви на нарязване ръкавици

2.3 Сравнение на методите за печат на SLA и FDM за създаване на тактилни учебни материали

Когато сравняваме SLA с FDM принтирането по отношение на тактилни учебни материали, има два аспекта, които трябва да се разгледат първо:

1. повърхността при SLA е много по-гладка, отколкото при FDM печат.
2. материалът при SLA е по-чуплив и може да се използва само в ограничена степен за функционални модели с механични натоварвания
3. могат да бъдат отпечатани по-филигранни и по-малки детайли.
4. използваният материал не е безопасен и следователно не е подходящ като учебен материал за деца.



Фигура 22 Представяне на детайл, изработен чрез SLA принтиране

3 Препроектиране с 3D скенер

3.1 Пример за достъпно решение за 3D сканиране

Използването на 3D сканиране става все по-привлекателно с мобилните устройства, тъй като използваната тук технология става все по-усъвършенствана и по-добра в техническо отношение.

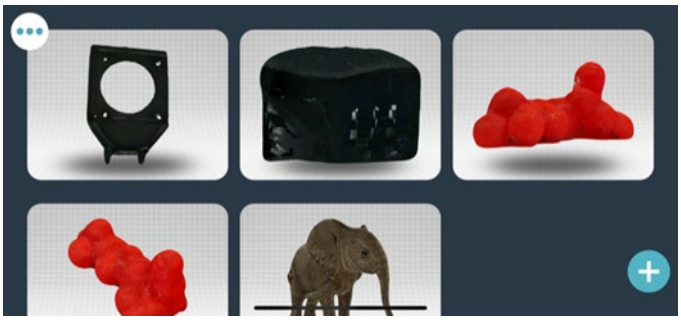
Един пример за евтино приложение за смартфон и таблет е QLONE (www.qlone.pro) . Цената по време на пускането е около € 45. Приложението е достъпно за iOS и Android. Решението осигурява добри и лесни за използване резултати

QLONE е предназначен за модели до 15 cm³. Изисква решетка, която може да бъде изтеглена от началната страница на производителя. Тази решетка може да бъде отпечатана на различни размери хартия.

След това моделът, който ще се сканира, трябва да бъде позициониран в центъра на тази решетка.

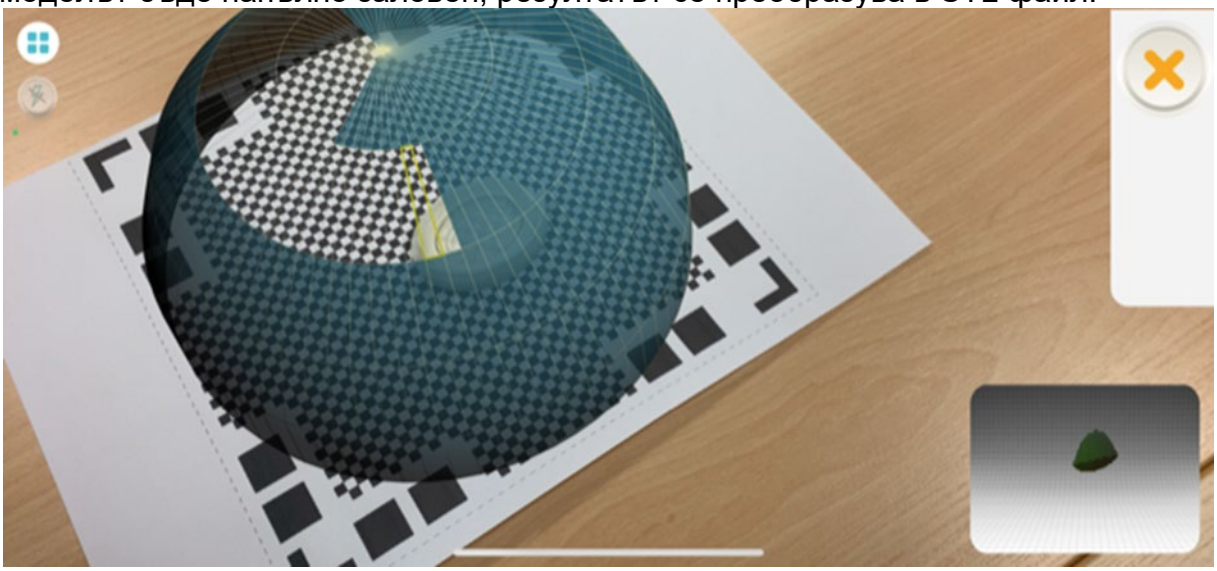
Фигура 23 QLONE решетка с модел

Приложението предлага опция за запазване на сканираните модели в база данни и изпращането им като STL файлове по имейл.



Фигура 24 Екранна снимка на iOS устройство със сканирани елементи в QLONE

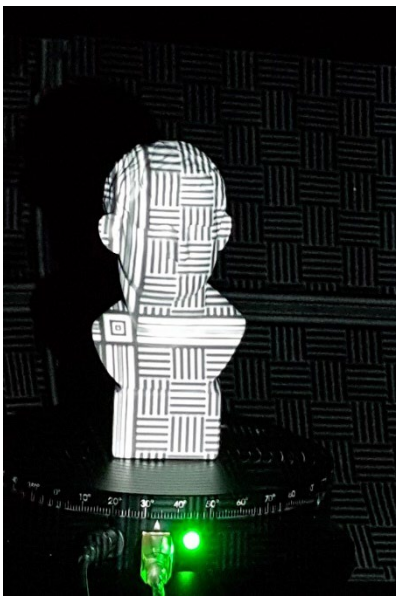
Когато използвате приложението за скенер, софтуерът ръководи потребителя да оптимизира сканирането. Виртуален купол е показан над модела. След това потребителят трябва да заснеме модела на 360° няколко пъти с камерата. След това правилно заснетите области се показват прозрачно. След като моделът бъде напълно заловен, резултатът се преобразува в STL файл.



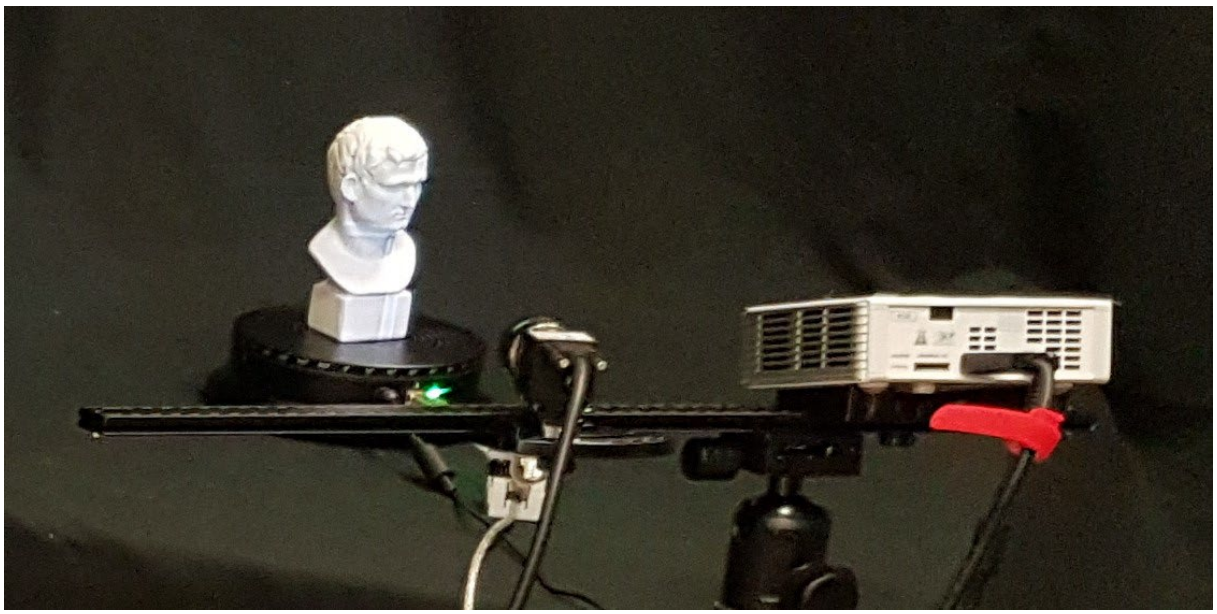
Фигура 25 Процес на сканиране. Вижда се полукуполът на сканирането, който е завършен

3.2 Лентов светлинен скенер

С лентови светлинни скенери променящите се ивици се проектират върху обекта, който ще се сканира, с помощта на VGA проектор. Обектът се завърта на 360°. Различните модели на ивици позволяват на специалния софтуер да изчисли повърхността. Тъмните или прозрачни предмети често нямат или имат недостатъчно отражение. Следователно те трябва или да се напръскат със спрей от креда, или да се покрият със специални отразяващи точки.



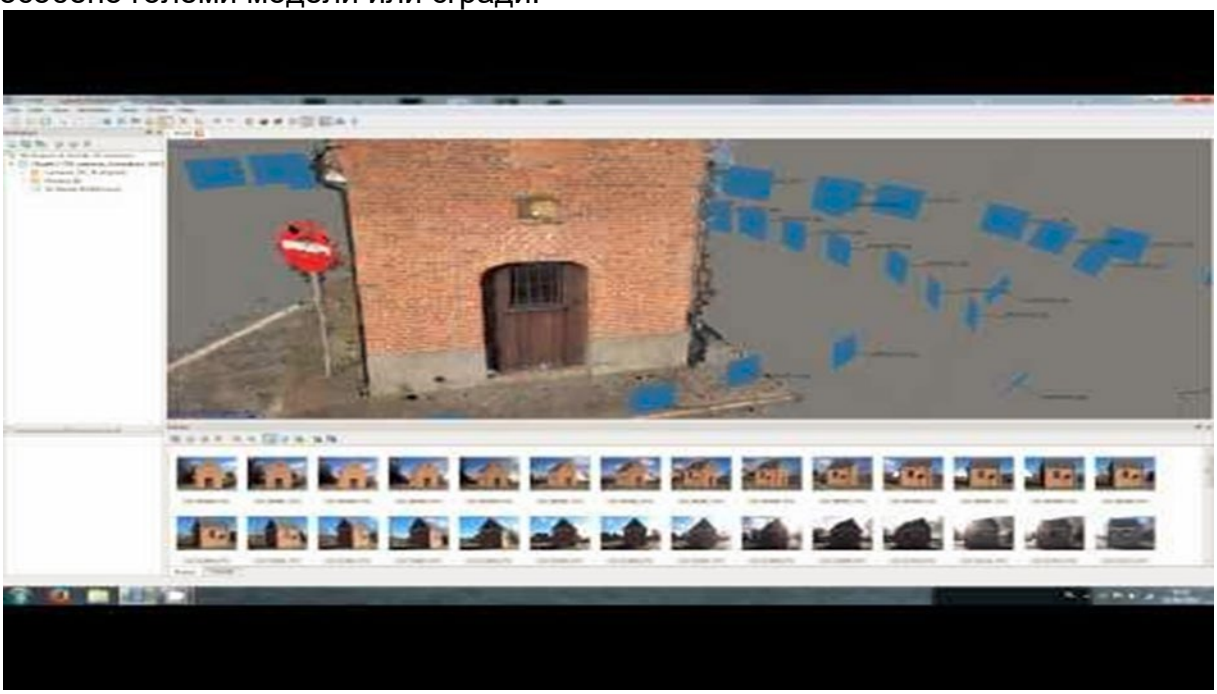
Фигура 26 Проекция на шарка на ивица



Фигура 27 Скенер със светлинна лента - VGA лъч между камерите

3.3 Методи, базирани на изображения

Методите, базирани на изображения, се основават на принципа на фотограметрията. Тук обекта се снима от различни позиции и се сглобява като 3D модел с помощта на софтуер. Днес дроновете се използват за сканиране на особено големи модели или сгради.



Фигура 28 Софтуер за фотограметрия 3DZephyr

Терминологичен речник

3D писалка (3Doodler)
3D-писалката е писалка, която екструдира течна пластмаса от екструдер, който е интегриран във върха на писалката. Скоростта и количеството на екструдираната пластмаса могат да бъдат контролирани от потребителя в повечето случаи. След като течната пластмаса е екструдирана, тя започва бързо да изсъхва. По този начин от пластмаса могат да се нарисуват триизмерни обекти. Ако пластмасата с форма на нажежаема нишка се промени в различен цвят по време на употреба, могат да бъдат създадени многоцветни обекти. Понастоящем 3D писалка с двоен екструдер не е известна.
3D химикалките за първи път спечелиха световно внимание, когато първият прототип на 3Doodler беше представен от Максуел Боуг и Питър Дилуърт в началото на 2012 г. Идеята за 3D писалката се роди от дефектен 3D печат. И двамата изобретатели стартираха кампания за масово финансиране на Kickstarter под компанията "WobbleWorks" с цел да достигнат 30 000 долара. Целта за финансиране беше постигната само след няколко часа. На 25.03.2013 г., в края на кръга за финансиране, „WobbleWorks“ събра над 2 милиона долара за своя 3Doodler. През януари 2015 г. беше реализиран наследникът 3Doodler 2.0. Оттогава на пазара се появиха множество нови модели от широк кръг производители..[1]

3D селфи
3D селфито е автопортрет, направен с 3D принтер. Резултатът е отпечатана фигура на едно или повече лица, която се отпечатва въз основа на предварително създадена снимка. Важна междинна стъпка е да конвертирате снимката в CAD файл преди 3D печат. Това изисква 3D софтуер, който изгражда 3D модел от 2D изображението. След това данните се изпращат към 3D принтер, който изгражда селфи слой по слой .[2]

ABS нишка
ABS нишка за 3D принтери (акрилонитрил бутадиен стирен) е синтетичен терполимер и принадлежи към аморфните термопласти. В FDM процеса на 3D печат, ABS нишката е еднакво важна като PLA нишката, но се различава от нея по някои параметри.
ABS нишката има висока топлоустойчивост и твърда, устойчива на надраскване повърхност. Поради многото си добри свойства, ABS пластмасата се използва в много битови и потребителски продукти извън 3D принтера.
ABS нишката е малко по-трудна за обработка от PLA нишката. Най-голямата трудност е силната склонност към деформация - тук помага нагрята печатна плоча и/или затворено място за инсталиране на принтера.
За да се предотврати преждевременно отделяне на отпечатъка от печатащата плоча, правилната печатна основа е от решаващо значение. Тук има допълнителни помощни средства като постоянни печатни плочи или лепилен спрей. [3]

[1] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/3d-stift/ (07.05.19)
[2] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/3d-selfie/ (07.05.19)
[3] https://www.filamentworld.de/produkt-kategorie/abs-filament-3d-drucker/ (07.05.19)

Autodesk Fusion 360
CAD Софтуер
- Базиран в облак
- За Mac и PC

Монтажна плоча, печатащо легло, загреваемо печатащо легло
Печатащото легло е един от най-важните компоненти на 3D принтера. Това е областта, върху която са изградени обектите слой по слой. В зависимост от вида на принтера, печатащото легло е неподвижно или се движи хоризонтално или вертикално. Печатащото легло е от централно значение за резултата от печата. Първият слой на печатания обект трябва да се прилепва добре към печатащото легло. От друга страна, обектът трябва лесно да се извади от печатащото легло след 3D печата. Тези изисквания често не бяха изпълнени от обикновените 3D принтери в ранните години на нискобюджетните 3D принтери. С по-нататъшното развитие и оптимизиране на устройствата през последните години, значително по-добри печатащи легла вече са вградени в устройствата или могат да бъдат преоборудвани. Загреваемите печатащи легла, така наречените топлинни легла, също са изиграли значителна роля за това. Добре известните марки за легла под налягане включват BuildTak, Aptotec и SainSmart. [4]

Cura
Режещ софтуер

Цифрова обработка на светлината (DLP)
Digital Light Processing е друга технология за 3D печат, базирана на смола. Използва се от DLP 3D принтери. Тук обектът е създаден от цифров светлинен процесор, който служи като UV източник на светлина и втвърдява фотореактивната смола. Проекторът, вграден в 3D принтера, може да бъде например видеопроектор, чиято резолюция определя и разделителната способност на 3D печата. Поради светлинния проектор скоростта на печат на DLP 3D принтерите обикновено е по-висока, отколкото при другите процеси на 3D печат. Светлинният прожектор втвърдява смолата слой по слой.
DLP процесът е много подобен на SLA процеса и се основава на индуцирано от светлина втвърдяване на фотореактивни смоли. При SLA принтерите обаче обикновено се използва лазер. В този урок и двата процеса се наричат просто SLA процес.

Директно производство
Компоненти с характеристики на краен продукт

Директно / RapidTooling
Адитивно производство на вложки за инструменти, инструменти, габарити и форми

Екструдер, двоен екструдер,

[4] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/druckbett/ (07.05.19)

Екструдерът е компонентът на 3D принтера, който кара разтопената нишка да излезе от дюзата на машината. Намотка се върти в тръба и транспортира пластмасовата нишка - или друг материал за печат - върху печатащото легло. Екструдерът е прикрепен към релсите за движение (или рамената, в случай на триизмерен 3D принтер) на 3D принтера и се върти по осите x, y и z. В процеса на печатане материалът се изтласква равномерно от екструдера и обектът за отпечатване се изгражда слой по слой.
Екструдерът е съществен компонент на екструдирането, процес, при който ковките материали като пластмаси, керамика, биомаса, храни и също метали непрекъснато се изтласкват от формиращия отвор под налягане. [5]

Нишка
При триизмерния печат под нишка се разбира пластмасови нишки, подобни на конци, които изграждат обекта, който ще се отпечатва слой по слой с помощта на екструзия. Нишките се използват като материал за печатане при моделиране на разтопено отлагане (FDM) / производство на разтопени нишки (FFF). Доминиращите нишки на пазара са ABS и PLA. PLA е по-подходящ за начинаещи, защото е по-лесен за печат. При обекти за печат с ABS повърхността може да се изглади например с ацетон, което води до много атрактивни резултати. Проблеми като "ефект на изкривяване" не възникват при PLA.
От няколко години на пазара се предлагат все по-гъвкави нишки. Това са термопластични еластомери (накратко TPE), т.е. пластмаса, която може да издържи натоварвания като опън или натиск, да се деформира и да се върне в първоначалната си форма при освобождаване на товара. Като пример може да се даде гумената топка. [6]

Моделиране на разтопено отлагане (FDM), производство на разтопени нишки (FFF)
Процесите FDM и FFF принадлежат към процесите на екструдиране. Процеси, които притискат непрекъснато термопластичния материал, нагрят до тестено състояние през една или повече дюзи и депозират получената нишка по определен начин върху субстрат. Енергията в материала е достатъчна за стопяване на основата по такъв начин, че след охлаждане да се създаде постоянна връзка. [7]

G-код
В контекста на 3D печата, G-код се отнася до команди за печат, които се генерират от софтуер за команди под формата на инструкции към 3D принтер. Следователно G-кодът може да се разбира като език между компютъра /CAD софтуера и 3D принтера.
Има различни начини за подготовка на G-кодове за използване при 3D печат. При нарязването например има код за всеки слой. Може да се работи с библиотека, която прави печатането на сложни модели по-контролируемо. G-кодовете също могат да бъдат написани от производителя и дори могат да

[5] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/extruder/ (07.05.19)
[6] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/filament/ (07.05.19)
[7] Gebhardt, Andreas: Additive Fertigungsverfahren, Carl Hanser Verlag, München, 2016, S.259

бъдат променяни по време на процеса на печат. Находчивите производители също използват G-кодове за ремонт на своите 3D принтери. Това винаги е така, когато са необходими команди, които софтуерът за управление не съдържа .[8]

IDEX
IDEX се отнася до двойни екструдери, които могат да печатат независимо един от друг. С IDEX е възможно да отпечатате една част с две нишки или да отпечатате две по-малки части едновременно с един от екструдерите.

Слой
При 3D печат слой е всеки отделен слой, с който 3D принтерът изгражда обекта слой по слой. Голям брой слоеве води до напълно наслоен 3D обект. Термините размер на слоя и височина на слоя често се използват във връзка със слоевете. Това се отнася до височината на един слой, с който 3D принтерът изгражда обекта. Височината на слоя зависи от използвания 3D принтер и е едно от основните свойства на продукта за 3D принтерите.

Изравняване
- Подравняване на печатащото легло/платформата
- Изравняване на разликите между различните нива

MeshMixer
Безплатен софтуер за 3D моделиране и проста оптимизация на мрежата от Autodesk.

Дюза

При 3D печатането дюзата е част от екструдера, т.е. печатащата глава. Материалът за консумация, който в техническия жаргон също се нарича нишка, се пресова през дюзата и се нанася слой по слой върху плочата за изработка или печатащата плоча. При повечето 3D принтери дюзата може да бъде заменена. По време на процеса на отпечатване дюзата обикновено е много гореща. В зависимост от използвания материал, но също така и в зависимост от размера на отвора, от време на време могат да възникнат запушвания, които трябва да бъдат отстранени. В същото време дюзата ще прояви признаци на износване с течение на времето и след това трябва да бъде заменена. Отворът на дюзата трябва да бъде избран в съответствие с използвания материал и обекта, който ще се произвежда.

Като стандарт повечето производители обикновено прибягват до дюзи, чийто отвор е с диаметър 0,4 mm. Изборът на размер на дюзата може да повлияе както на времето за печат, така и върху качеството на печат .[9]

[8] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/g-code/ (07.05.19)
[9] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/nozzle/ (07.05.19)

PETG

Нишка

PETG е съкращението на полиетилен терефталат, модифициран с гликол. PETG нишката превъзхожда другите нишки в много свойства. Той съчетава положителните свойства на PLA и ABS.

Тъй като PETG е много издръжлив, има силни механични свойства, огнезащитен, устойчив на много химикали и лесен за печат.

Скоростта на печат за PETG нишка варира в зависимост от температурата на печат, колкото по-гореща е печатащата глава, толкова по-бързо 3D принтерът може да отпечата PETG. [10]

PLA

Нишка

Полилактидите (съкратено: PLA) са синтетични полимери, които принадлежат към полиестерите. От тях се прави пластмаса, която се получава от регенериращи източници (като царевично нишесте). Това прави PLA биосъвместима суровина. 3D печатната нишка често не е чист PLA, а така наречената PLA смес, чиято основна структура е обогатена с добавки за получаване на определени желани свойства. [11]

[10] https://www.filamentworld.de/produkt-kategorie/special-filament/petg-filament (07.05.2019)
[11] https://www.filamentworld.de/3d-druck-wissen/was-ist-pla/ (07.05.2019)

PVA

Нишка

Поливиниловият алкохол (съкращение PVA или PVOH) е термопластична пластмаса, която се получава като бял до жълтеникав прах най-вече чрез осапуняване (хидролиза) на поливинилацетат (PVAC). PVA е водоразтворим и следователно е подходящ като поддържащ материал за 3D печат.

Селективно лазерно топене (SLM)

Селективното лазерно топене (SLM) е генеративен производствен процес, който принадлежи към групата на процесите на топене с лъчи и на прахообразно легло. Селективното лазерно топене често се нарича още 3D печат и следователно е производствен процес на добавяне.

В процеса на SLM материалът се нанася като прах върху основната плоча и се стопява с лазерния лъч. Материалът се втвърдява и основната плоча се понижава с дебелината на слоя, за да може да се нанесе нов прах. 3D софтуер (вж. Също CAD) се използва за създаване на данни за насочване на лазерния лъч. След това обектът се изгражда от SLM 3D принтера от много отделни слоеве. Тази слойна конструкция се повтаря, докато всички слоеве прах се претопят. Формата на обекта се получава от областите, където прахът се отлага от машината и се топи от лазера.

В края на производството произведеният продукт се освобождава от прахови остатъци и е готов за употреба. В повечето случаи се използват серийни материали без свързващи вещества, тъй като те могат да бъдат пулверизирани.

При селективното лазерно топене не са необходими (отливки) форми, което създава геометрична свобода. Времето за производство е намалено, което води до по-ниски разходи за съхранение и производство.

Селективно лазерно синтероване (SLS)

Селективното лазерно синтероване е техника на адитивно производство (AM), която използва лазер като източник на енергия за синтероване на прахообразен материал. Подобна е на селективното лазерно топене и принадлежи към процесите на прахообразно легло. SLS и SLM са екземпляри на една и съща концепция, но се различават в техническите детайли. В процеса на SLM агрегатното състояние на праха се променя чрез топене, прахът се втечнява и когато се охлади, става твърд. В процеса на SLS лазерът свързва само праха.

Нарязване

За да се подготви за печат, обектът трябва да бъде оптимално подравнен върху строителната платформа и разделен на височинни слоеве. Това се нарича нарязване.

Стереолитография (SLA или STL)

В стереолитографията, втвърдяваща се със светлина течна пластмаса (фотополимер), например синтетична или епоксидна смола, се втвърдява на тънки слоеве чрез лазер. Това се прави във вана, пълна с основните мономери на светлочувствителната пластмаса. След всяка стъпка детайлът се спуска с няколко милиметра в течността и се връща в положение, което е размерът на слой под предишния. Течната пластмаса се разпределя равномерно върху предходния слой. След това лазер, управляван от движещи се огледала, се движи върху втвърдяващата се повърхност на новия слой. [12]

[12] Fastermann, Petra: 3D-Druck/Rapid Prototyping, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2012, S. 121

STL файлов формат
STL файловете описват мрежестите повърхности като списъци с геометрични елементи. Тялото е съставено от три триъгълни повърхности, състоящи се от нормала и 3 оси, които са описани с техните координати.
Файловият формат STL предоставя на CAD програмите геометрична информация, за да могат да произвеждат триизмерни обекти с помощта на 3D печат.[13]

Поддръжка
Допълнително генерирани структури за поддръжка на моделни части с опори. Без тази структура такива части биха се срутили.

Резервоар
Компонент на SLA принтера. Резервоарът за смола е прозрачен контейнер, разположен в средата на 3D принтера Formlabs 2. Изработен е от акрил, блокиращ UV лъчите. Резервоарите, съдържащи течна смола, могат да бъдат извадени и поставени отново много бързо и лесно. Освен това капакът за многократна употреба дава възможност за подреждане на няколко резервоара, които вече са били напълнени със смола. Това означава, че смолата, останала след 3D печат, може да се съхранява безопасно и лесно извън 3D принтера Formlabs 2. Добре е да има резервоар за смола за всеки вид смола. По този начин можете да решите спонтанно по всяко време с кой материал искате да работите. IGo3D препоръчва да смените резервоарите за смола след 2-3 литра разход на смола.
VAT е терминът, използван за резервоарите за принтери за цифрова обработка на светлина (DLP). Тук дъното се състои от сменяем прозрачен филм.

Thingiverse
Thingiverse е онлайн платформа за обмен на данни за цифров дизайн (CAD), която може да се използва за 3D принтери, лазерни резачки, CNC фрези и други машини. Thingiverse е една от най-популярните платформи в света за движение „направи си сам“. Качените файлове на Thingiverse.com са с отворен код и основно са обект на CC и GPL лицензи. По-голямата част от файловете, качени на Thinigverse, са с цел ремонт. Но бижута, декоративни предмети и творчески идеи могат да бъдат намерени и в безброй варианти на Thingiverse, които могат да бъдат разпечатани от всеки у дома, използвайки 3D принтер. Собственикът на Thingiverse е MakerBot. Създателите на Thingiverse са основателите на MakerBot - Зак Смит и Бре Петтис. Платформата е онлайн от ноември 2008 г. и е достъпна на английски език. Thingiverse е основана от Зак Смит. [14]

Z-Wobble/Z-Wobble
Z-Wobble (алтернативно изписано Z-Wobble) възниква, когато страничните сили действат върху гайката на резбовия прът. Това може да доведе до завъртане на оста Z в някои 3D принтери. В резултат на това екструдерът се измества в посока Y и Z.

[13] https://www.sculpteo.com/de/glossar/stl-definition-de/ (29.04.2019)
[14] https://www.3d-grenzenlos.de/glossar/thingiverse/ (25.04.2019)

4 Списък на илюстрациите

Фигура 1 Ранен SLA принтер SLA 1 (Reference: ResearchGate)..... 4
Фигура 2 Графика на патента на Чарлз Хъл..... 5
Фигура 5 Свободна форма. Двата модела са изработени в един процес..... 8
Фигура 6 Компютърен екран, направен върху подуваща хартия..... 9
Фигура 7 Модел на клавиатура, направен на термоформ..... 10
Фигура 8 Матрица на клавиатурата от по-горната фигура. 10
Фигура 9 тактилна карта, отпечатана на 3D принтер..... 11
Фигура 10 3D модел от същия план на предишната фигура..... 11
Фигура 11 Тактилни модели на клетъчни структури 12
Фигура 12 Обозначения на врати със знаци и на Брайл 12
Фигура 13 Пример за Брайлови обучителни табелки 13
Фигура 14 Триъгълни фасети на STL файл..... 14
Фигура 15 Пътят на 3D печата..... 15
Фигура 16 Структура на екструдера: вляво – поглед отстрани; вдясно – поглед отпред..... 18
Фигура 17 Функционалност на FDM принтер (Scopigno R.,et.al., 2017)..... 18
Фигура 18 Най-важните инструменти..... 20
Фигура 19 Сглобен SLA принтер с капак..... 21
Фигура 20 SLA принтер без капак..... 22
Фигура 21 фаза на експозиция при SLA принтирането. За по-добра визуализация резервоарът е премахнат 22
Фигура 22 процес на SLA принтиране..... 23
Фигура 24 UV камера за втвърдяване на Фирма XYZ..... 24
Фигура 25 Представяне на детайл, изработен чрез SLA принтиране 26
Фигура 26 QLONE решетка с модел..... 27
Фигура 27 Екранна снимка на iOS устройство със сканирани елементи в QLONE 27
Фигура 28 Процес на сканиране. Вижда се полукуполът на сканирането, който е завършен..... 28
Фигура 29 Проекция на шарка на ивица 28
Фигура 30 Скенер със светлинна лента - VGA лъч между камерите..... 29
Фигура 31 Софтуер за фотограметрия 3DZephyr..... 29

5 Библиография

Scopigno R., Cignoni P., Pietroni N., Callieri M., Dellepiane M. (2017). "Digital Fabrication Techniques for Cultural Heritage: A Survey". *Computer Graphics Forum* **36** (1): 6–21. DOI:10.1111/cgf.12781. read: 24.03.2021

Wikipedia (2021); 3D printing processes; https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing_processes#Material_extrusion; read: 01.05.2021