

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ **Юрій ПЕТРАКОВ**
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Покращення внутрішньої структури деталей виготовлених методом адитивної технології»

Виконав:

студент 6 курсу, групи MT-91мп

Демків Тарас Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник **доцент, к.т.н., доцент Лапковський С.В.**
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент **доцент каф. КМ, к.т.н., доц. Кривавий О.М.**
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

(підпис)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент 
(підпис)

Київ – 2020__ року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ПЕТРАКОВ**

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

_____ **Демісову Тарасу Васильовичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Покращення внутрішньої структури деталей виготовлених методом адитивної технології»

науковий керівник к.т.н., доцент Ланковський С.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 03 » листопада 2020р. № 3205-с

2. Термін подання студентом дисертації « 13 » грудня 20__р.

3. Об'єкт дослідження Структура деталі

4. Вихідні дані 3-D - моделі деталей

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Покращення

РЕФЕРАТ

Демків Т.В. Покращення внутрішньої структури деталей виготовлених методом адитивної технології: магістерська дис.: 131. Прикладна механіка. Технології машинобудування/ Демків Тарас Васильович. - Київ, 2020 р. 78 с.

Магістерська дисертація містить 78 сторінок, 28 рисунків, 13 таблиць, 14 літературних джерел.

Актуальність теми: галузь адитивних технологій на сьогоднішній день стрімко розвивається, витісняючи з кожним днем більш старі методи обробки ті виготовлення деталі.

Метою та задачами дослідження є дослідження методів покращення структури деталей виготовлених методом адитивних технологій відносно інших методів виготовлення та обробки деталей.

Об'єктом дослідження є 3Д принтери.

Предметом дослідження є технічні та конструктивні параметри пристрою та добавок.

Наукова новизна отриманих результатів:

— Досліджено, проаналізовано та порівняно адитивний метод виготовлення деталі з іншими видами виготовлення

Апробація результатів дисертації та публікації. Протягом роботи над магістерською дисертацією було опубліковано одну статтю:

Лапковський С.В., Демків Т.В. Покращення внутрішньої структури деталі при виготовленні методом адитивних технологій. XVI Международной научно-практической конференции «Наука и образование – 2020». Publishing House “Education and Science” s.r.o. (Чехия, Прага)

Ключові слова: АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ, 3Д ПРИНТЕР, ДОБАВКИ, ДРУК, ТЕХНОЛОГІЇ.

ABSTRACT

Demkiv. Improving the internal structure of parts made by the method of additive technology: master's thesis .: 131. Applied Mechanics. Technologies of mechanical engineering / Demkiv Taras Vasyliovych. - Kyiv, 2020 78 p.

The master's dissertation contains 78 pages, 28 figures, 13 tables, 14 literary sources.

Relevance of the topic: the industry of additive technologies is rapidly developing today, displacing with each passing day the older methods of processing and manufacturing parts.

The purpose and objectives of the study are to study methods for improving the structure of parts made by the method of additive technologies in relation to other methods of manufacturing and processing of parts.

The object of study is 3D printers.

The subject of research is the technical and design parameters of the device and additives.

Scientific novelty of the obtained results:

- The additive method of manufacturing a part with other types of manufacturing is researched, analyzed and compared

Approbation of dissertation and publication results. While working on one article was published in the master's dissertation:

Лапковський С.В., Демків Т.В. Покращення внутрішньої структури деталі при виготовлені методом адитивних технологій. XVI Международной научно-практической конференции «Наука и образование – 2020». Publishing House “Education and Science” s.r.o. (Чехия, Прага)

Keywords: ADDITIVE TECHNOLOGIES, 3D PRINTER, ADDITIVES, PRINTING, TECHNOLOGIES,

ЗМІСТ

1. ВСТУП.....	8
1.1. Історія створення, та хронологія розвитку 3Д принтерів.....	9
1.2. Класифікація 3Д принтерів.....	11
1.2.1. Початкова сировина.....	11
1.2.2. Технологія друку.....	12
1.2.3 Область застосування.....	13
1.3. Принцип роботи, та будова 3Д принтерів.....	15
1.4. Основні технології промислового 3Д друку.....	17
1.5. Матеріали, які використовуються в 3Д друку.....	20
1.5.1. Пластмаси	20
1.5.2. Порошки.....	24
1.5.3. Смоли.....	25
1.5.4. Метали	26
1.5.5 Вуглецеве волокно	28
1.5.6. Графіт і графен.....	28
1.5.7. Нітинол	29
2. АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ	30
2.1 Задачі, які вирішуються за допомогою адитивних технологій.....	30
2.2 3Д принтери по металу.....	30
2.2.1. Принцип роботи.....	30
2.2.2. Параметри.....	34
2.2.3. Область підтримки і орієнтація деталей.....	36
2.2.4. Витратні матеріали для SLM і DMLS.....	39
2.3. Адитивні технології в авіабудуванні.....	42
2.4. Адитивні технології в автомобілебудуванні.....	45
2.5. Адитивні технології в медицині	48
3. ПОКРАЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРИ ВИГОТОВЛЕНІ АМ.....	55
3.1 Порівняння технологій виготовлення деталі АМ і фрезеруванням.....	58

3.2 Порівняння технологій виготовлення деталі АМ і литтям	63
4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	67
4.1 Опис ідеї проекту.....	67
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	68
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	69
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	72
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	74
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

ВСТУП

Застосування нових технологій - головний тренд останніх років в будь-якій сфері промислового виробництва. Кожне підприємство в світі прагне створювати більш дешеву, надійну і якісну продукцію, використовуючи найдосконаліші методи і матеріали. Використання адитивних технологій - один з найяскравіших прикладів того, як нові розробки і обладнання можуть істотно поліпшувати традиційне виробництво.

Технологічний прогрес сприяє виробництву безлічі корисних речей для побуту, здоров'я і безпеки людини, наприклад адитивні технології в авіабудуванні допомагають створювати більш високоекономічний і легший по вазі авіатранспорт, при цьому його аеродинамічні властивості зберігаються в повному обсязі

1.1. Історія створення, та хронологія розвитку 3D принтерів

Перші задокументовані дані тривимірного друку простежуються на початку 1980-х років у Японії. У 1981 році Хідео Кодама намагався знайти спосіб розробити швидку систему створення прототипів. Він запропонував пошаровий підхід для виготовлення, використовуючи світлочутливу смолу, полімеризовану ультрафіолетовим світлом.

Хоча Кодама не зміг подати вимогу про патент на цю технологію, йому найчастіше приписують заслуги першого винахідника цієї виробничої системи, яка є ранньою версією сучасної машини SLA.

Кілька років по всьому світу троє французьких дослідників також прагнуло створити машину для швидкого створення прототипів. Замість смоли вони прагнули створити систему, яка затверджувала рідкі мономери до твердих речовин за допомогою лазера.

Як і Кодама, вони не змогли подати патент на цю технологію, але їм все ще приписують розробку системи. Того ж року Чарльз Халл подав перший патент на стереолітографію (SLA). Американський будівельник меблів, який був розчарований тим, що не міг легко створювати дрібні деталі на замовлення, Халл розробив систему для створення 3D-моделей шляхом затвердіння світлочутливої смоли шар за шаром. У 1986 році він подав заявку на патент на цю технологію, а в 1988 році заснував корпорацію 3D Systems. Перший комерційний 3D-принтер SLA, SLA-1, був випущений його компанією в 1988 році. Але SLA не був єдиним процесом виробництва добавок, який досліджувався в цей час.

У 1988 році Карл Декард з Техаського університету подав патент на технологію селективного лазерного спікання (SLS). Ця система плавила порошки замість рідини за допомогою лазера. Моделювання плавленого осадження (FDM) також було запатентовано приблизно в той самий час Скоттом Крапом. FDM, яку також називають виготовленням плавлених

ниток, відрізняється від SLS та SLA тим, що замість світла нитка безпосередньо видавлюється із нагрітої насадки. Технологія FFF стала найпоширенішою формою тривимірного друку, яку ми спостерігаємо сьогодні.

Ці три технології - не єдині типи методів 3D-друку, які існують. Але вони є основою, яка служить фундаментальними елементами, які закладають основу для розвитку технологій та еволюції галузі.

1990-ті - 2010: Зростання

У 90-х роках багато компаній та стартапів почали з'являтися та експериментувати з різними технологіями виробництва добавок. У 2006 році був випущений перший комерційно доступний принтер SLS, який змінив гру з точки зору створення виробничих деталей на замовлення. На цей час інструменти САПР також стали більш доступними, що дозволило людям розробляти 3D-моделі на своїх комп'ютерах. Це один з найважливіших інструментів на ранніх етапах створення 3D-друку. У цей час машини сильно відрізнялися від тих, якими ми користуємося зараз. Вони були складними у використанні, дорогими, та вимагали подальшої обробки деталей. Але інновації просувались щодня, вдосконалювались та винаходились нові методи та практики.

Зрештою, у 2005 році, Open Source, надав людям більше доступу до технології 3D друку. Доктор Адріан Боуер створив проект RepRap , який був ініціативою з відкритим вихідним кодом щодо створення 3D-принтера, який міг би створити ще один 3D-принтер, разом з іншими 3D-друкованими об'єктами.

У 2008 році була надрукована перша протезна нога, що просунуло 3D-друк у центр уваги і представило цей термін мільйонам людей по всьому світу. Потім, у 2009 році, патенти FDM, подані в 80-х роках, потрапили у суспільне надбання, змінивши історію тривимірного друку та відкривши двері для інновацій. Оскільки технологія стала тепер доступнішою для

нових компаній та конкуренції, ціни на 3D-принтери почали знижуватися, а 3D-друк ставав дедалі доступнішим.

3D-друк зараз:

У 2010-х роках ціни на 3D-принтери почали знижуватися, роблячи їх доступними для широкої громадськості. Разом із зниженням цін зростала також якість та зручність друку.

Матеріали, які використовували принтери, також еволюціонували. Зараз є різноманітні пластмаси та нитки, які широко доступні. Такі матеріали, як вуглецеве та скловолокно, також можна друкувати у форматі 3D. Деякі творці навіть експериментують із друкарськими матеріалами, такими як шоколад або макарони !

У 2019 році було добудовано найбільшу у світі функціональну 3D-друковану будівлю . Зараз 3D-друк постійно використовується при розробці слухових апаратів та інших додатків у галузі охорони здоров'я , і багато галузей та секторів впровадили цю технологію у свій повсякденний робочий процес .

Можна з упевненістю сказати, що історія тривимірного друку все ще пишеться. Щодня створюються нові інновації та ідеї.

1.2. Класифікація 3Д принтерів

1.2.1. Початкова сировина

Для кожної технології 3D-друку необхідний матеріал, який відповідає певним умовам друку, інакше принтер просто не зможе працювати коректно. В якості сировини можуть виступати компоненти різної природи і консистенції:

- Порошок - це може бути подрібнений в пудру метал (титан, сталь, алюміній і т.д.), дерево, пісок, пластик, кераміка - все залежить від призначення майбутнього виробу і типу роботи принтера;
- Гіпс - окрема категорія порошкової сировини, що включає в себе, власне, гіпс, а також подрібнений цемент, шпаклівку і інші матеріали подібного типу. Призначений тільки для обладнання, що працює з додаванням сполучної речовини для вихідної сировини. Гіпсовий порошок використовують переважно для виготовлення малих скульптурних об'єктів та інтер'єрних прикрас
- Віск - використовується переважно в ювелірному виробництві;
- Пластикова нитка - один з найпопулярніших матеріалів для екструзійних 3D-принтерів;
- Фотополімерна смола - в'язка маса, що твердіє під впливом ультрафіолетового випромінювання;
- Металевий дріт - дешевший замінник порошкових металів. Може бути олов'яна, нікелева, алюмінієва, титанова і т.д .;
- Фольга, папір, поліетиленова плівка - для моделей устаткування, що працюють за методом склеювання сировини;
- Харчові продукти - тісто, сирна, шоколадна або марципанова маса, глазури і креми.

1.2.2 Технологія друку

Методи пошарового створення об'ємних виробів залежать від технологічних особливостей устаткування і сировини. Розробка нових принципів друку ведеться безперервно, тому з кожним роком їх ставатиме все більше, а поки застосовуються такі:

- Екструзія (FDM-технологія) - через сопло термальної камери на друковану платформу пошарово видавлюється розплавлена пластикова, воскова або харчова вихідна матеріал;
- Лазерна спікання (методи SLS і DMLS) - звичайна або металева порошкова маса розплавляється і спікається під дією лазерного променя;
- Стереолітографія (SLA) - в основі методу також лежить лазерне випромінювання, але сировиною для створення виробів служить фотополімерна смола;
- Ламінування (LOM) - склеювання між собою великої кількості шарів матеріалу, наприклад, паперу, з одночасним вирізуванням контура об'єкта на кожному шарі;
- Електронно-променеве плавлення (EBF) - металевий дріт (20 видів металів, в тому числі нікель, титан, вольфрам і т.д.) плавиться під дією електронного випромінювання;
- Струйне моделювання (PolyJet або MJM) - технологія, подібна до Стереолітографії, але більш універсальна - в якості сировини використовується широкий спектр матеріалів: від рідкого фотополімерного пластику до воску;

1.2.3. Область застосування

Ще на початку століття обладнання для тривимірної друку було дуже дорогою екзотикою, доступною тільки великим компаніям і дослідницьким лабораторіям, а зараз вже нікого не здивуєш 3D-принтером в домашній майстерні. Випуском подібного обладнання і комплектуючих для його самостійної збірки займаються вже понад 300 компаній по всьому світу. Конструкція і технічні характеристики принтерів принципово відрізняються

в залежності від їх призначення. Всі моделі, що випускаються умовно можна розділити на 4 категорії:

- Домашні - низькопродуктивні прості і зрозумілі в управлінні апарати, які можна зібрати самостійно з комплекту деталей. Дозволяють створювати найпростіші вироби, працюють на основі пластикової нитки. Підходять для ентузіастів, яким цікаво розібратися з новою технологією і радувати близьких друкованими фігурками;
- Персональні - незважаючи на схожість з побутовими принтерами, відрізняються від них більш високими робочими характеристиками, в першу чергу, швидкістю і якістю друку. Можуть використовуватися як вдома, так і в невеликих майстернях або офісах. Орієнтовані на малий бізнес, рекламні агентства, студії дизайну, інженерне прототипування в невеликих обсягах;
- Професійні - великогабаритне продуктивне обладнання з великою кількістю налаштувань, опцій і високою точністю друку. Робота за 3D-принтером такого класу вимагає знань і відповідної підготовки. Призначені для будівельних, архітектурних компаній, середнього і великого бізнесу.
- Виробничі - автоматизовані друковані центри з максимально можливими технічними характеристиками і великою робочою площею. — Можуть працювати в декількох технологіях і з різними видами сировини. Встановлюються на великих промислових підприємствах з виготовлення високоточних виробів будь-яких габаритів і призначення: від кровоносних судин до повнорозмірних автомобілів.

1.3. Принцип роботи, та будова 3Д принтерів.

Робоча частина 3D принтера складається з платформи (робочий простір) і головки «екструдера» (extrude - видавити). Екструдер пошарово створює об'єкт шляхом видавлювання термопластику (або іншого матеріалу) у вигляді нитки.

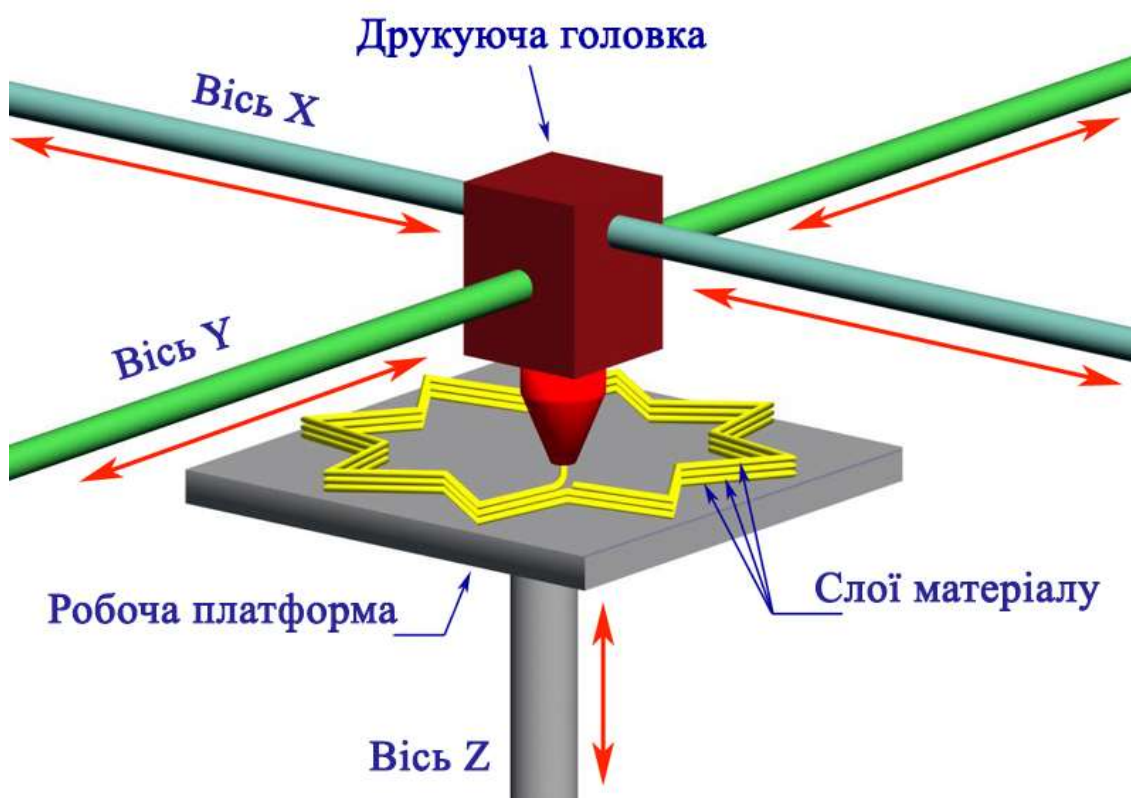


Рис. 1.1.1. Будова 3Д принтера

Екструдер ділиться на дві основні частини: верхня - блок, що подає нитку, і нижня - сопло з нагрівачем. У блоці розташовані ролик і шестерня, поєднана з електромотором. Ці елементи тягнуть нитку, і виводять її вниз до сопла, де матеріал виходить на робочу поверхню в плавленому вигляді. У сопло екструдера встановлюють термодатчик. Ця деталь принтера дозволяє стежити за температурами екструдера, так як

вихідні або призначені для користувача настройки можуть збитися. Як всім відомо, у кожного матеріалу свої температури плавлення, і при використанні будь-якого з них необхідно встановити відповідну температуру. Нагрівальний елемент представляє з себе спіраль з ніхромового дроту і пару резисторів. Верхня частина екструдера сильно нагрівається в процесі друку, що неприпустимо, так як матеріал передчасно розплавляється. Для запобігання цієї неприємності між холодною та гарячою частиною екструдера встановлюють теплоізоляційну прокладку. Крім цього, на блок з механізмом подачі нитки встановлюють кулер і радіатор.

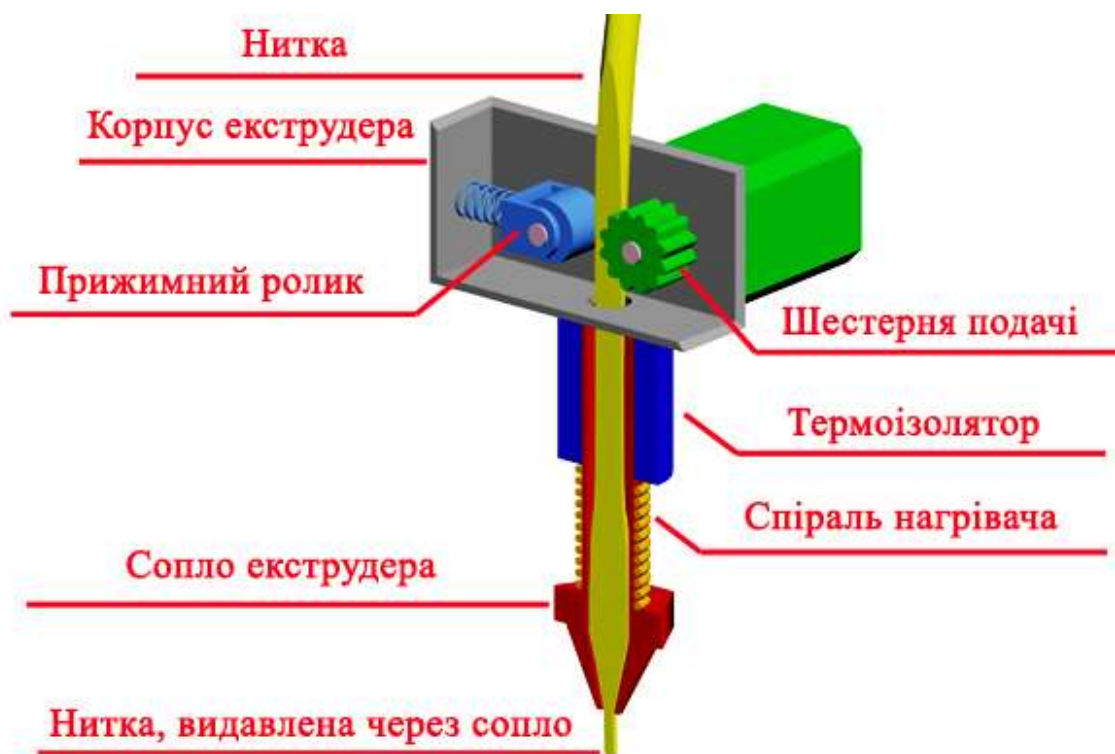


Рис. 1.1.2 Будова 3Д принтера

Крім вищеописаного екструдера, існує Боуден-екструдер, в якому гаряча і холодна частина розташовані окремо. Філамент в такому типі екструдера подається від блоку подачі на корпусі принтера в сопло через трубку. Деякі нові моделі 3D принтера мають по два і три екструдера, що дозволяє працювати з декількома матеріалами і паралельно друкувати

кілька моделей. Також існує експериментальна модель екструдера з декількома механізмами подачі нитки і одним соплом.

Термопринтери - це не єдині апарати, які здатні друкувати 3D моделі. Вкрай популярний на даний момент 3D принтер з холодним екструдером у вигляді шприца. Такий принтер дозволяє працювати з бетонними сумішами, глиною, силіконом, пластиліном і т.д. Саме такий вид принтерів використовується в будівництві.

1.4. 3Д сканування

Однією зі складових 3Д технологій є методика 3D сканування, яка дозволяє швидко і просто отримати цифрову модель необхідного виробу. Якщо коротко, 3D сканування об'єктів - це процес перетворення фізичної форми реального об'єкта в цифровий вигляд. При цьому зберігається текстура і навіть колір вихідного зразка. Таким чином, 3D модель необхідного виробу можна отримати без зайвих зусиль. 3D сканування об'єктів допомагає підготувати необхідну модель до 3D друку і в ряді випадків може зіграти вирішальну роль в побудові цифрового виробу.

Ключовим приладом в процесі 3Д-сканування є 3D сканер - пристрій, що зчитує фізичні параметри об'єктів і створює на їх основі 3Д модель. 3D-сканування об'єктів може виявитися корисним при проектуванні будь-яких складних елементів, 3D моделювання яких вручну надзвичайно трудомістке. Зокрема, 3Д-сканування доцільно застосовувати при моделюванні різних пристосувань, комплектуючих, основних і запасних частин. Часто воно використовується в разі відсутності креслень та іншої документації на виріб, а також при необхідності конверсії в цифровий вигляд фігурних поверхонь, включаючи художні форми і зліпки.

Процес 3D сканування в цілому нагадує систему об'ємного зору людини. Процес отримання даних 3Д сканером нагадує формування об'ємного зображення побаченого в мозку людини. Для цього 3Д сканер

порівнює два зображення, зміщених одне відносно іншого. Необхідна точність побудови 3D моделі досягається за рахунок застосування додаткових технологічних прийомів, наприклад періодичності спалаху або підсвічування лазером.

Що стосується точності сканування, вона залежить як від конкретного пристрою, так і від характеристик вихідного виробу. Реально провести 3D сканування об'єктів від 1 см (з усіма деталями), максимальні габарити не обмежені. Для досягнення найкращої деталізації, по завершенню процесу 3D-сканування 3D модель піддається додатковій доробці фахівцем. Таким чином, завдяки 3D-скануванню об'єктів цифрові моделі виходять практично бездоганними. Похибка для 3D сканування об'єктів з площею поверхні від 100см² становить 1мм і може бути усунена при подальшій доробці. 3D сканування великих об'єктів може бути реалізовано пакетною обробкою фотографій об'єкта з усіх боків.

Методи 3D сканування

Для кращого розуміння технології не завадить перерахувати існуючі методи 3D сканування. Всього їх два: контактний і безконтактний. Для першого необхідний безпосередній контакт 3D сканера з об'єктом. Безконтактний же метод розділяє периферійні пристрої на два типи:

Активні 3D сканери, які випромінюють на об'єкт пучок спрямованих хвиль і фіксують їх відображення. До можливих типів випромінювання відносяться рентгенівські промені, ультразвук і світло;

Пасивні 3D сканери, які фіксують відбите від об'єкта навколишнє випромінювання, найчастіше світло.

Всі методи 3D сканування мають свої переваги і недоліки, які накладають відбиток на вартість 3D сканерів, швидкість і точність сканування, а також спектр доступних до сканування об'єктів. При покупці

власного 3D сканера рекомендується вивчити це питання більш детально, а краще отримати якісну консультацію у професіоналів.

3D сканування і 3D друк доповнюють один одного, оскільки відскановані 3D моделі найчастіше застосовуються саме для подальшого відтворення на 3D принтері. На даний момент 3D сканування використовується в самих різних цілях і галузях промисловості. За допомогою 3D-сканера створюються 3D-моделі реальних людей, які потім можна відтворити за допомогою повнокольорового 3D друку гіпсом. Більш перспективне використання 3D сканування - в медицині, де з його допомогою створюються надточні хірургічні моделі і імплантати



Рис. 1.2. Лазерний 3Д сканер

1.5. Матеріали, які використовуються в 3D друку

Матеріали, що використовуються для 3D-друку, настільки ж різноманітні, як і продукти, що є результатом процесу. Таким чином, 3D-друк є досить гнучким, щоб дозволити виробникам визначати форму, текстуру та міцність виробу. Найкраще, цих якостей можна досягти набагато менше кроків, ніж те, що зазвичай потрібно для традиційних засобів виробництва. Більше того, ці вироби можуть бути виготовлені з різними типами матеріалів для 3D-друку.

Для того, щоб 3D-друк був реалізований у вигляді готового продукту, спочатку на принтер слід подати детальне зображення відповідного дизайну. Деталі представлені стандартною мовою трикутників (STL), яка передає тонкощі та розміри даної конструкції та дозволяє комп'ютеризованому 3D-принтеру бачити дизайн з усіх боків та кутів.

В основному дизайн STL є еквівалентом декількох плоских дизайнів в одному комп'ютеризованому файлі.

1.5.1. Пластмаси

Із усієї сировини для тривимірного друку, що використовується сьогодні, пластик є найбільш поширеним. Пластик - один з найрізноманітніших матеріалів для іграшок, що надруковані на 3D, та побутових приладів. Вироби, виготовлені за цією технікою, включають настільний посуд, вази та фігурки. Випускаються у прозорій формі, а також у яскравих кольорах - з яких особливо популярні червоний та салатний зелені - пластикові нитки продаються на котушках і можуть мати матову або блискучу текстуру.

Завдяки своїй стійкості, гнучкості, плавності та яскравій палітрі кольорових варіантів привабливість пластику легко зрозуміти. Як відносно доступний варіант, пластик, як правило, легкий для кишенькових книжок як творців, так і споживачів.

Пластмасові вироби, як правило, виготовляються з принтерами FDM, в яких термопластичні нитки плавляться і формуються у форму, шар за шаром. Види пластику, що використовуюються в цьому процесі, зазвичай виготовляються з одного з наступних матеріалів:

- Поліастична кислота (PLA): Один з екологічно чистих варіантів для 3D-принтерів, поліастична кислота отримується з натуральних продуктів, таких як цукровий очерет і кукурудзяний крохмаль, і тому біологічно розкладається. У найближчі роки, як очікується, пластмаси, виготовлені з поліастинової кислоти, будуть домінувати у галузі 3D-друку, що випускаються у м'якій та твердій формі. Жорсткий PLA є більш міцним і, отже, більш ідеальним матеріалом для широкого асортименту товарів.



Рис 1.3. PLA пластик

- Акрилонітрилбутадієнстирол (АБС): цінований завдяки своїй міцності та безпеці, АБС є популярним варіантом для домашніх 3D-принтерів. По-іншому називаний «LEGO пластик», матеріал складається з макаронних ниток, які надають ABS твердість і гнучкість. АБС доступний у різних кольорах, що робить матеріал придатним для таких виробів, як наклейки та іграшки. Все більша популярність серед майстрів, АБС також використовується для виготовлення прикрас та ваз.



Рис. 1.4. АБС пластик

- Полівініловий спиртовий пластик (PVA): Використовується в домашніх принтерах низького класу, PVA є відповідним пластиком для допоміжних матеріалів, що розчиняються. Хоча PVA не

підходить для продуктів, що вимагають високої міцності, PVA може бути недорогим варіантом для предметів тимчасового використання.

- Полікарбонат (ПК): Рідше використовується, ніж вищезазначені пластикові типи, полікарбонат працює лише у 3D-принтерах, які мають конструкцію сопел і працюють при високих температурах. Крім усього іншого, з полікарбонату виготовляють недорогі пластикові кріплення та формувальні лотки.

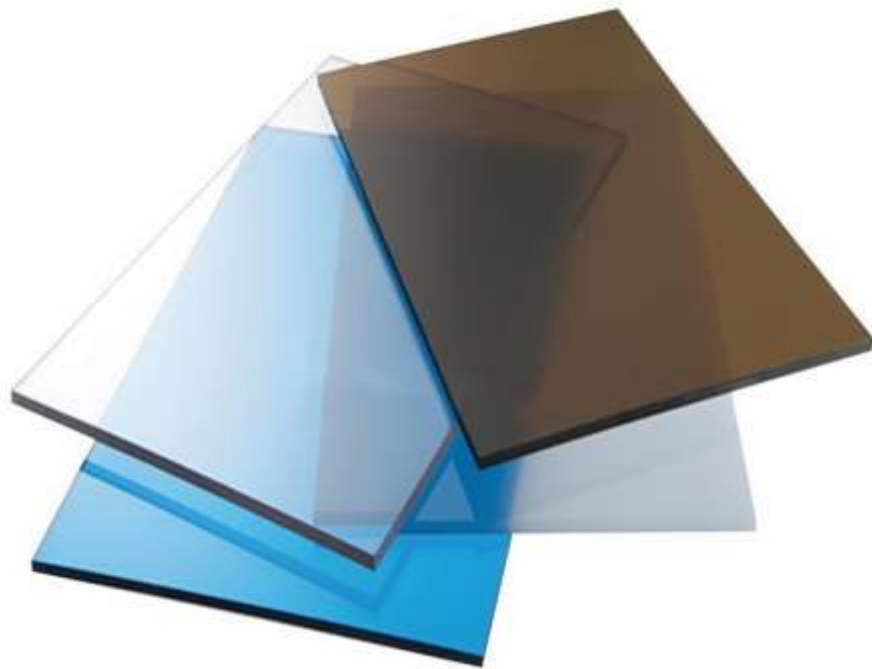


Рис. 1.5. Полікарбонат

1.5.2. Порошки

Сьогодні сучасніші 3D-принтери використовують для виготовлення виробів порошкоподібні матеріали. Усередині принтера порошок плавиться і розподіляється шарами, поки не будуть зроблені бажані товщина, текстура та малюнки. Порошки можуть виготовлятися з різних матеріалів, але найпоширенішими є:

- Поліамід (нейлон): завдяки своїй міцності та гнучкості поліамід забезпечує високий рівень деталізації на 3D-друкованому виробі. Матеріал особливо підходить для з'єднання деталей та блокування деталей у 3D-друкованій моделі. Поліамід використовується для друку всього - від кріплень та ручок до іграшкових машин та фігур.



Рис. 1.6. Поліамід

- **Алюмід:** Алюмідний порошок, що складається з суміші поліаміду та сірого алюмінію, робить деякі найсильніші моделі з 3D-принтом. Визнаний зернистим та піщаним зовнішнім виглядом, порошок надійний для промислових моделей та прототипів.



Рис. 1.7. Алюмід

У формі порошку такі матеріали, як сталь, мідь та інші види металу, легше транспортувати та формувати у бажані форми. Як і у випадку з різними видами пластиків, що використовуються при 3D-друці, металевий порошок повинен нагріватися до такої міри, щоб його можна було розподіляти пошарово, щоб сформувати завершену форму.

1.5.3. Смоли

Одним з найбільш обмежувальних і тому менш використовуваних матеріалів при 3D-друці є смола. Порівняно з іншими матеріалами, які застосовуються в 3D друку, смола пропонує обмежену гнучкість та міцність. Виготовлена з рідкого полімеру, смола досягає свого кінцевого стану під впливом ультрафіолетового світла. Зазвичай смола міститься у чорних, білих та прозорих різновидах, але певні вироби також

випускаються в помаранчевому, червоному, синьому та зеленому кольорах.

Матеріал складається з наступних трьох категорій:

- Смоли з високою деталізацією: Зазвичай застосовуються для невеликих моделей, які вимагають складних деталей.
- Смола, що підлягає фарбуванню: Іноді застосовуються для 3D-друку з гладкою поверхнею, смоли цього класу відзначаються своєю естетичною привабливістю.
- Прозора смола: це найміцніший клас смоли, а отже, найбільш придатний для ряду продуктів із 3D-друком. Часто використовується для моделей, які повинні бути більш гладкими на дотик і прозорими на вигляд.

1.5.4. Метали

Другим за популярністю матеріалом у галузі 3D-друку є метал, який використовується за допомогою процесу, відомого як пряме металеве лазерне спікання або DMLS. Цю техніку вже прийняли виробники обладнання для авіаперевезень, які використовували металевий 3D-друк для пришвидшення та спрощення конструкції складових частин.

Принтери DMLS також зачепили виробників ювелірних виробів, які можна виробляти набагато швидше та у більших обсягах - все без тривалих годин клопіткої детальної роботи - завдяки 3D-друку. Метал може створити міцніший і, можливо, різноманітніший набір повсякденних предметів. Ювеліри використовували сталь і мідь для виготовлення гравірованих браслетів на 3D-принтерах. Однією з головних переваг цього процесу є те, що гравіруванням займається принтер. Таким чином, браслети можна обробити за допомогою навантажувального ящика лише за кілька механічно запрограмованих кроків, які не передбачають практичної праці, яка колись вимагала гравірувальних робіт.

Технологія 3D-друку на металевій основі також відкриває двері для виробників машин в кінцевому підсумку використовувати DMLS для виробництва на швидкості та в обсягах, що було б неможливо за допомогою сучасного складального обладнання. Прихильники цих розробок вважають, що 3D-друк дозволить виробникам машин виготовляти металеві деталі з міцністю, що перевершує звичайні деталі, які складаються з рафінованих металів.

Тим часом використання аерокосмічної промисловості використовує тривимірні деталі. Найбільш амбіційним поштовхом у своєму роді GE Aviation планує до 2021 року друкувати форсунки двигуна щорічно 35 000 одиниць .

Спектр металів, що застосовуються до техніки DMLS, настільки ж різноманітний, як і різні типи пластикових 3D-принтерів: Нержавіюча сталь: Ідеально підходить для роздруківки посуду, посуду та інших предметів, які в кінцевому підсумку можуть контактувати з водою.

- Бронза: Може використовуватися для виготовлення ваз та інших пристосувань.
- Золото: Ідеально підходить для друкованих кілець, сережок, браслетів та намиста.
- Нікель: Підходить для друку монет.
- Алюміній: ідеально підходить для тонких металевих предметів.
- Титан: Найкращий вибір для міцних, твердих пристосувань.

У процесі друку метал використовується у вигляді пилу. Металевий пил випалюється для досягнення своєї твердості. Це дозволяє принтерам обходити лиття та безпосередньо використовувати металевий пил при формуванні металевих деталей. Після завершення друку ці деталі можна шліфувати та випускати на ринок.

Металевий пил найчастіше використовується для друку прототипів металевих інструментів, але з нього також виробляють готову товарну

продукцію, таку як ювелірні вироби. Порошкоподібний метал навіть використовували для виготовлення медичних виробів. Коли для 3D-друку використовується металевий пил, процес дозволяє зменшити кількість деталей у готовому виробі. Наприклад, 3D-принтери випускають ракетні форсунки, які складаються лише з двох частин, тоді як подібний пристрій, зварений традиційним способом, зазвичай складається з більш ніж 100 окремих деталей.

1.5.5. Вуглецеве волокно

Такі композити, як вуглецеве волокно, використовуються в 3D-принтерах як покриття поверх пластикових матеріалів. Мета - зробити пластик міцнішим. Поєднання вуглецевого волокна та пластику було використано у галузі 3D-друку як швидка, зручна альтернатива металу. У майбутньому, як очікується, 3D-друк з вуглеволокну замінить набагато повільніший процес укладання вуглецевого волокна.

Застосовуючи провідний карбоморф, виробники можуть зменшити кількість етапів, необхідних для складання електромеханічних пристроїв.

1.5.6. Графіт і графен

Графен став популярним вибором для 3D-друку завдяки своїй міцності та електропровідності. Матеріал ідеально підходить для деталей пристрою, які повинні бути гнучкими, таких як сенсорні екрани. Графен також використовується для сонячних панелей та будівельних деталей.

Прихильники варіанту графену стверджують, що це один із найбільш гнучких із застосовних до 3D матеріалів. Використання графену в поліграфії отримало найбільший поштовх завдяки партнерству між 3D Group та австралійською гірничодобувною компанією Kibaran Resources . Чистий вуглець, який був вперше відкритий в 2004 році, виявився найбільш електропровідним матеріалом в лабораторних випробуваннях. Графен - легкий, але міцний, що робить його придатним матеріалом для цілого ряду продуктів.

1.5.7. Нітинол

Як звичайний матеріал для медичних імплантатів, нітинол цінується у світі 3D-друку за його супереластичність. Виготовлений із суміші нікелю та титану, нітинол може згинатися до значних градусів без руйнування. Навіть якщо його скласти навпіл, матеріал можна відновити до початкової форми. Як такий, нітинол є одним з найміцніших матеріалів з гнучкими якостями. Для виробництва медичних виробів нітинол дозволяє друкарям робити те, що в іншому випадку було б неможливо.

2. АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ

2.1. Задачі в машинобудуванні, які вирішуються за допомогою адитивних технологій

Коло завдань, які можна вирішувати за допомогою сучасних систем 3D-друку, з кожним днем все більше розширюється. Продукцію тепер можна отримувати набагато швидше і на більш високому рівні якості. Перш за все, нові технології розширюють можливості для інженерів і конструкторів машинобудівної галузі. За допомогою нового обладнання можна простіше вирішувати проблеми під час створення концептуальних зразків, а також виробництва готових виробів.

3D-обладнання дозволяє створювати прототипи для тестування ще до початку серійного виробництва і здійснювати тестування і перевірку різних характеристик, щоб заздалегідь усунути можливі дефекти. 3D-друк розширює можливості для створення корпусів приладів і компонентів пристроїв. Нове обладнання дозволяє створювати унікальні речі з унікальними властивостями і забезпечувати надійну роботу проєктованих пристроїв. 3D-друк створює широкі можливості по створенню зручною та ефективною оснастки, прискорює виробництво. 3D-принтери дозволяють створювати швидко і якісно ливарні моделі. Тепер можна робити дуже точні восківки, випалювали моделі, а також зразки для лиття в силікон. За допомогою 3D-принтера можна виготовляти вироби, які вже готові до експлуатації: компоненти різних механізмів, деталі і запчастини для ремонту, компоненти двигунів і багато іншого.

2.2 3D принтери по металу

2.2.1. Принцип роботи

Вибіркове лазерне плавлення (SLM) і пряме лазерне спікання металів (DMLS) є двома процесами адитивного виробництва, які відносяться до сімейства тривимірного друку порошковим шаром. Ці дві технології мають багато спільних рис: обидві використовують лазер для спікання або

вибіркового плавлення частинок металевго порошку, пов'язуючи їх разом і створюючи верстви виробу, один за іншим.

Відмінності між SLM і DMLS зводяться до основ процесу склеювання частинок (а також до патентів): в SLM лазер розплавляє металевий порошок, а в DMLS частки порошку нагріваються менше і спікається між собою, не переходячи в рідку фазу.

Основна відмінність DMLS від традиційних технологій виробництва металевих деталей в тому, що DMLS-принтер створює об'єкти без залишкових внутрішніх напружень, які можуть знижувати якість металевих компонентів виготовлених литтям і штампуванням. Це важливо для деталей вироблених для автомобільної та аерокосмічної галузі, так як вони повинні витримувати високі навантаження.

У SLM лазер розплавляє кожен шар металевго порошку, і перепади температур можуть призводити до виникнення внутрішніх напружень в деталі, що потенційно може позначитися на її якості, хоч і в меншому ступені ніж, наприклад, при литті. У цьому питанні перевага SLM перед традиційними технологіями менше, ніж перевага DMLS. З іншого боку, спечені за технологією DMLS деталі поступаються в монолітності і запасі міцності деталей надрукованим за методом SLM.

Технології схожі до ступеня змішування, як за принципом дії, так і по використовуваних технічних рішень, тому деякі 3D-принтери здатні друкувати по обидва методиками.

Обидві технології, SLM і DMLS, використовуються в промисловості для створення деталей для різних галузей машинобудування.

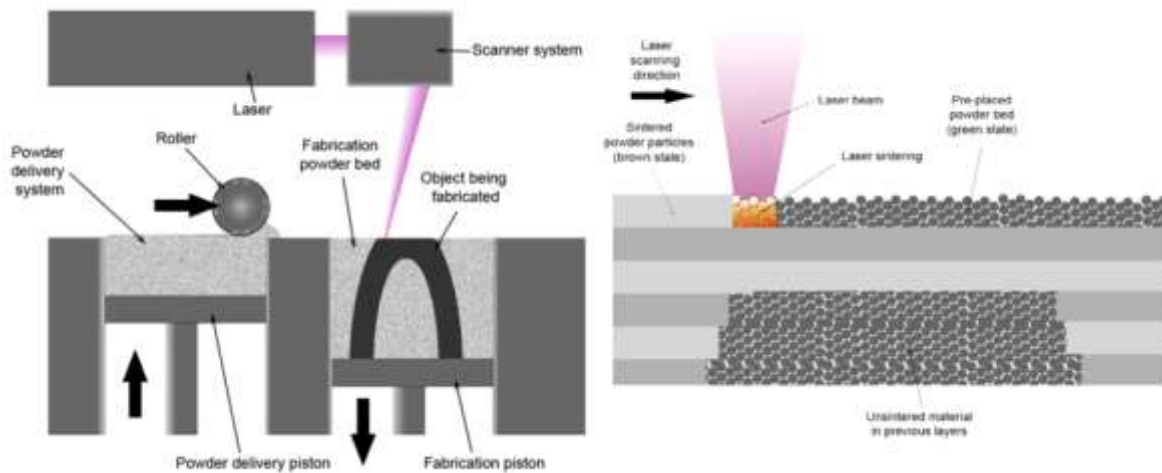


Рис. 2.1 Процес друку SLM / DMLS

Процеси виготовлення деталей за технологіями SLM і DMLS дуже схожі.

Основні етапи:

- Камеру побудови спочатку заповнюють інертним газом (наприклад, аргонем) для мінімізації окислення металевго порошку, а потім нагрівають до оптимальної температури виробництва.
- Тонкий шар металевго порошку розподіляється по платформі побудови, а високопотужний лазер сканує поперечний переріз компонента, плавлячи або спікає разом металеві частинки і створюючи наступний шар. Вся область моделі піддається обробці, тому деталь відразу тверда.
- Після завершення формування шару, платформа побудови опускається на товщину шару і рекоутер завдає наступний шар порошку. Процес повторюється до завершення всієї деталі.

Коли процес друку завершується, деталі повністю знаходяться в металевому порошку. На відміну від процесу спікання полімерного порошкового шару (такого як SLS), деталі прикріплюються до платформи побудови за допомогою області підтримки. Області підтримки будуються з

використанням того ж матеріалу, що і деталь, їх необхідно використовувати для уникнення деформації і спотворень, які можуть виникнути через високі температури обробки.

Коли камера побудови остигає до кімнатної температури, невитрачений порошок вручну видаляється, а деталі зазвичай піддаються додатковій термічній обробки для зняття залишкових напруг, потім видаляють підтримки. Деталі відокремлюються від платформи побудови та готові до використання або подальшої обробки.

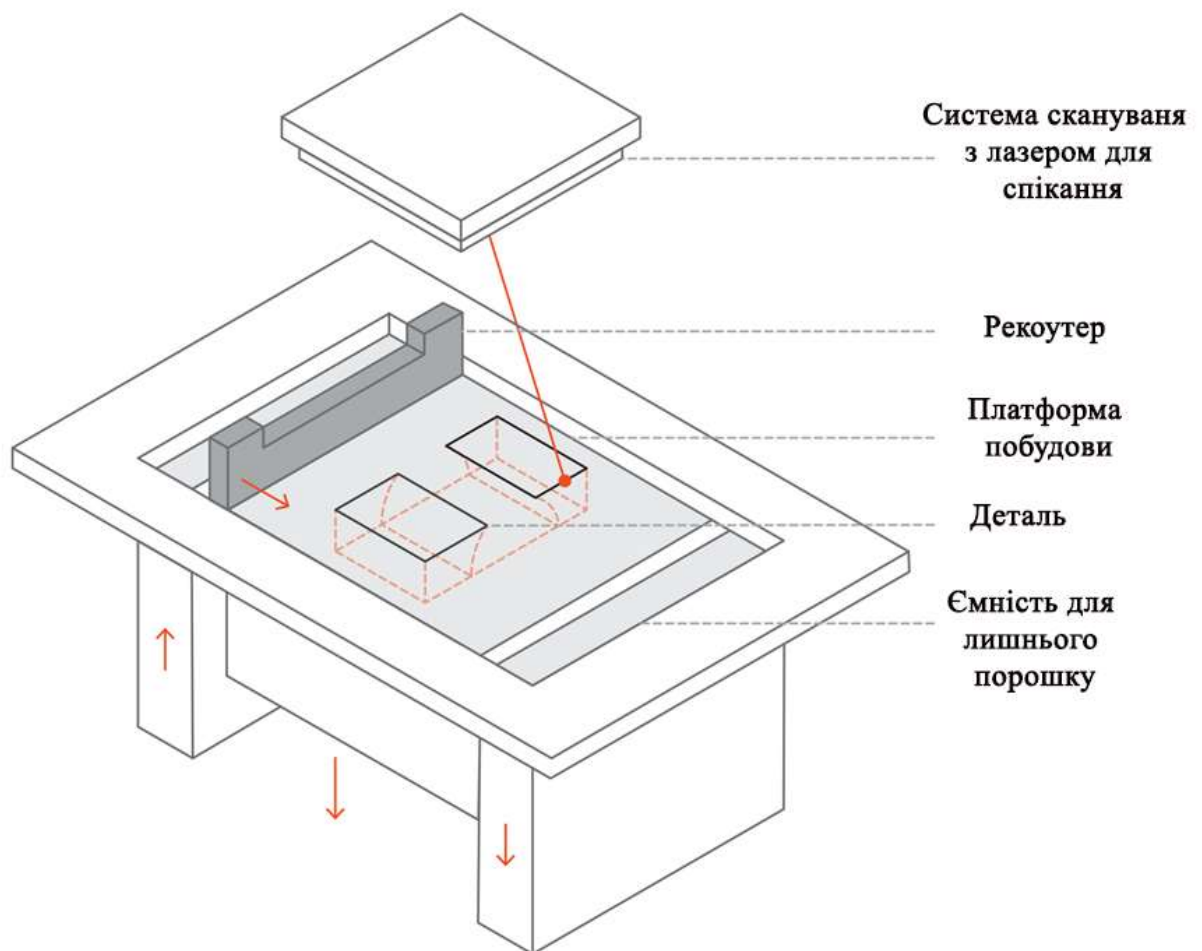


Рис. 2.2 Схема принтера SLM / DMLS

2.2.2 Параметри

У SLM і DMLS майже всі параметри процесу встановлюються виробником принтера. Висота шару, використовуваного в 3D-друку металами, коливається зазвичай від 20 до 50 мікрон і залежить від властивостей матеріалу.

Стандартна область 3D-друку металами варіюється близько 250 x 150 x 150 мм, доступні принтери і з більшою областю друку, близько 500 x 280 x 360 мм. Точність розмірів, яку може досягти 3D-принтер для друку металами, становить приблизно $\pm 0,1$ мм.

Металевий порошок в SLM і DMLS використовуються повторно: зазвичай менше 5% йде у відходи. Після кожної друку невикористаний порошок збирають, просівають і потім змішують з новим матеріалом, до складу необхідного для наступного друку. У відходи йдуть, в основному, підтримки.



Рис. 2.3. Рама велосипеда з використанням SLM технологій

Адгезія між шарами

Металеві деталі, виготовлені методами SLM і DMLS, мають майже ізотропні механічні та термічні властивості. Вони тверді, з дуже невеликою внутрішньої пористістю (менш 0,2-0,5%).

Металеві 3D-друковані деталі мають більш високу міцність і твердість і часто більш гнучкі, ніж деталі, виготовлені традиційним способом. Однак вони більш схильні до втоми.

Наприклад, подивіться в таблиці нижче на механічні властивості 3D-друкованого сплаву AlSi10Mg EOS і литого сплаву A360. Ці два матеріали мають дуже схожий хімічний склад, з високим вмістом кремнію і магнію. 3D-друковані деталі мають чудові механічні властивості і більш високу твердість у порівнянні з литим матеріалом.

Через гранульованої форми порошку, шорсткість поверхні (Ra) металевої 3D-друкованої деталі становить приблизно 6-10 мкм. Ця відносно висока шорсткість поверхні може частково пояснити більш низьку втомну міцність сплаву.

Таб. 2.1 Порівняння механічних властивостей окремих різновидів 3D-друкованих та литих деталей

Основні характеристики	AlSi10Mg (3D-друкований сплав)	A360 (Литий сплав)
Межа текучості	XY: 230 MPa Z : 230 MPa	165 MPa
Міцність на розтяг	XY: 345 MPa Z : 350 MPa	317 MPa
Модуль	XY: 70 GPa Z : 60 GPa	71 GPa
Видовження на розриві	XY: 12% Z : 11%	3.5%
Твердість	119 HBW	75 HBW
Втомна міцність	97 MPa	124 MPa

2.2.3. Область підтримки і орієнтація деталей

Області підтримки при 3D-друку металами потрібні завжди, через дуже високу температуру обробки, і вони зазвичай будуються з використанням ґратчастої структури. Область підтримки в 3D-друку металами виконує три функції:

- Забезпечує відповідну платформу для наступного шару;
- Прикріплює деталь до платформи побудови та запобігає її деформацію;
- Відводить тепло від деталі і дозволяє їй остигати з контрольованою швидкістю.

Деталі часто орієнтовані під кутом, щоб мінімізувати ймовірність деформації і максимізувати міцність в критичних напрямках. Однак це збільшує обсяг необхідної області підтримки, час друку, кількість матеріалу і загальну вартість.

Деформація також може бути зведена до мінімуму з використанням безсистемних / випадкових шаблонів сканування, тобто послідовності проходу лазером ділянок шару. Ця стратегія сканування запобігає накопиченню залишкових напружень в будь-якому конкретному напрямку. Оскільки вартість 3D-друку металами дуже висока, часто використовуються симуляції, для прогнозування поведінки деталі під час друку. Алгоритми безперервної оптимізації також використовуються не тільки для максимізації механічних характеристик і створення легких деталей, але і для мінімізації необхідної області підтримки і ймовірності деформації.

На відміну від процесів спікання полімерних порошкових шарів, таких як в SLS, великі порожнисті секції зазвичай не використовуються в 3D-друку металами, так як області підтримки не можна легко видалити.

В якості альтернативи порожнистим перетинах, деталі можуть бути спроектовані з оболонкою і ядром. Оболонка і ядро обробляються з використанням різної потужності лазера і швидкості сканування, що призводить до різних властивостей областей деталі.



Рис 2.4. Кронштейн перед зняттям з області підтримки, орієнтованої під кутом 45°

Використання оболонки і ядра дуже корисно при виготовленні деталей з великим суцільним перерізом, оскільки воно значно скорочує час друку і ймовірність деформації, а також гарантує виробництво деталей з високою стабільністю і відмінною якістю поверхні.

Використання гратчастої структури також є спільною стратегією в 3D-друку металами, для зменшення маси деталі. Алгоритми оптимізації топології також можуть допомогти в розробці органічно легкої форми.



Рис 2.5. Видалення порошку з деталей, виготовлених методом 3D-друку
SLM

2.2.4. Витратні матеріали для SLM і DMLS

SLM і DMLS можуть виробляти деталі з великої кількості металів і металевих сплавів, включаючи алюміній, нержавіючу сталь, титан, кобальтовий хром і інконель. Ці матеріали охоплюють потреби більшості промислових застосувань, від аерокосмічної до медичної. Дорогоцінні метали, такі як золото, платина, паладій і срібло також можуть бути використані, але їх застосування обмежене, в основному, виготовленням ювелірних виробів.

Вартість металевого порошку дуже висока. Наприклад, кілограм порошку з нержавіючої сталі 316L коштує приблизно 350 - 450 доларів. З цієї причини мінімізація обсягу деталі і області підтримки є ключем до того, щоб максимально знизити витрати. Основною перевагою 3D-друку металами є її здатність друкувати високоміцними матеріалами, такими як нікелеві які дуже важко обробляти традиційними методами виробництва.

Таб. 2.2 Особливості різних матеріалів для 3D-друку металом

Алюмінієві сплави	- Хороші механічні і термічні властивості - Низька щільність - Хороша електропровідність - Низька твердість
Нержавіюча сталь і інструментальна сталь	- Висока зносостійкість - Велика твердість - Гарна пластичність і зварюваність
Титанові сплави	- Корозійна стійкість - Відмінне співвідношення міцності та ваги - Низьке теплове розширення - біосумісність
Суперсплави з кобальту-хрому	- Відмінна стійкість до зношування і корозії - Відмінні властивості при підвищених температурах - Дуже висока твердість - Біосумісність
Нікелеві сплави (інконель)	- Відмінні механічні властивості - Висока корозійна стійкість - Термостійкість до 1200 ° C - Використовуються в екстремальних умовах

Постобробка

Різні методи подальшої обробки використовуються для поліпшення механічних властивостей, точності і зовнішнього вигляду 3D-друкованих деталей.

Обов'язкові етапи подальшої обробки включають видалення залишків порошку і області підтримки, в той час як термообробка (термічний відпал) зазвичай використовується для зняття залишкових напруг і поліпшення механічних властивостей деталі. Обробка на верстатах з ЧПУ може бути використана для отримання складних геометричних форм (наприклад, отворів або різьблення). Обробка тиском, металізація, полірування і мікро-обробка можуть поліпшити якість поверхні і втомну міцність металевої 3D-друкованої деталі.

2.3. Адитивні технології в авіабудуванні

Згідно з прогнозом консалтингової компанії Gartner, до 2021 року літаки будуть на 75% зібрані з елементів, які надруковані на 3D-принтері. Її аналітики стверджують, що саме авіабудування - найбільш перспективна галузь, де впроваджуються адитивні технології. Вже зараз вони застосовуються для друку прототипів і деяких видів деталей.

Переваги 3D-друку для авіабудування. Чим саме вигідні адитивні технології?

Вони допомагають скоротити час на виробництво об'єкта. Надрукувати деталь швидше і простіше, ніж зробити її за допомогою лиття або фрезерування. До того ж промислові 3D-принтери здатні створювати різні види об'єктів, а значить, всі виробничі потужності можна зосередити в одній локації. На принтерах для об'ємної друку, французька компанія Latécoère створила частина літакової двері за два дні, що на 95% менше звичайного терміну.

Пристрої для 3D-друку дозволяють виготовити з цільного шматка матеріалу ті деталі, які раніше можна було лише зібрати. Наприклад, компанія GE Aviation удосконалила форсунки, які раніше складалися з 20 елементів. За допомогою адитивних технологій деталі тепер друкують в повному об'ємі.

У авіабудівній галузі важлива вага об'єктів і їх елементів. За допомогою 3D-друку деталі виходять більш легкими (що підвищує ефективність їх використання). Вони роблять літальний апарат меншим за вагою - в результаті він використовує значно менше палива. Об'ємний друк знижує кількість відходів виробництва на 70-95% відсотків.

Активно використовує адитивні технології компанія Boeing - вона друкує на 3D-пристрої окремі деталі. Принтер, який використовує титан в якості матеріалу, дозволяє заощадити від \$ 2 млн до \$ 3 млн на кожній моделі літака 787 Dreamliner.

Орієнтація на титан

Версія кріплення дверної засувки у форматі AM надрукована 3D-матеріалом Norsk Titanium за допомогою власного процесу швидкого осадження плазми (RPD). Назва описує процес: плазмова дуга забезпечує контрольоване осадження титану при швидких швидкостях нарощування. Компанія Spirit протягом багатьох років працювала з Norsk Titanium, щоб дослідити та кваліфікувати RPD.



Рис. 2.6. Осадження Norsk Titanium

Титан є дорогим і обмеженим у виробництві . Обробка тонких деталей з титанових блоків є дорогим з двох причин - по-перше, по кількості металу, який потрібно придбати, по-друге, по обсягу машинного часу та витрат ріжучого інструменту, що йде на обробку металу.

Плюс, використання титану розширилося. Через необхідну жорсткість композитні деталі з вуглецевого волокна (787 відрізняється саме ними) повинні з'єднуватися безпосередньо з титановими деталями, а не алюмінієвими, що означає, що багато компонентів, які колись могли бути виготовлені з легкого в обробці алюмінію, виготовляються натомість із більш складного титану. Результат, мабуть, неінтуїтивний: «Розширене використання композитів призведе до більших можливостей для металу АМ»

Термін авіаційна промисловість, що говорить про вартість та відходить від механічної обробки, - це "коефіцієнт придбання / польоту""- тобто, скільки металу потрібно придбати, кратно тому, скільки металу

залишається на готовій деталі, встановленій у літаку. Компонент літального апарату, виготовлений із суцільного блоку, міг легко мати коефіцієнт придбання до польоту 20-1, тобто 95 відсотків металу обробляється. Виготовлення тієї ж частини за допомогою RPD може знизити коефіцієнт нижче 3-1. Цей процес є швидким порівняно з процесами присадок до порошкового шару, але також є більш грубим і менш точним, ніж ці процеси, залишаючи більший обсяг запасу, який потребує механічної обробки.

Проте зниження ціни на придбання літака - це не все, і не обов'язково достатньо для обґрунтування додаткової добавки. Дизайн конструкції АМ для кріплення засувки дверей гніздиться чотири частини разом, щоб максимізувати ефективність циклу виготовлення та мінімізувати обробні установки, хоча це вкладання додає трохи металу.

В майбутньому для нових деталей, виготовлених додатково з самого початку, геометрія деталей буде змінена, щоб полегшити обробку..

Справжні виграші від АМ не передбачатимуть лише зменшення матеріалу; вони включатимуть мінімізацію ваги деталі за допомогою оптимізації топології або генерального проектування, зменшення складання консолідацією систем в єдині друковані форми у форматі 3D та швидший випуск на ринок в результаті зменшення кількості етапів виробництва. І Spirit відіграватиме тут важливу роль, тому що в DFAM дизайн та виробництво йдуть рука об руку більше, ніж будь-коли раніше.



Рис 2.7. Титановий штуцер для засувки дверей

2.4. Адитивні технології в автомобілебудуванні

Нещодавно видавництво SmarTech представило свій новий звіт про ринок виробництва автомобільних добавок . Щороку він надає огляд сектору та визначає перспективи зростання даної галузі. Однак цього року він пішов дещо в іншому напрямку, зосередившись виключно на ринку кінцевих деталей із 3D-принтом, залишивши осторонь усі швидкі прототипи - важливу частину автомобільної промисловості, якщо врахувати кількість випробувань, які проводяться щороку. Фірма очікує, що до 2029 року автомобільний 3D-друк принесе лише 9 мільярдів доларів доходу від виробництва остаточних деталей порівняно з 1,39 мільярда доларів минулого року.

Минулого року американська компанія показала, що 3D-технології все частіше використовуються для проектування остаточних деталей, на додаток до створених інструментів та прототипів. За оцінками, ця частина доходу

досягне 4,3 мільярда доларів до 2028 року. Тому ця тенденція підтверджується і в цьому році, зокрема, завдяки продажу обладнання для 3D-друку. Це повинно становити більше третини отриманих доходів, насправді для задоволення вимог до продуктивності масової автомобільної промисловості знадобиться багато 3D-принтерів. Хороші новини для всіх виробників за умови, що вони знають, як задовольнити потреби великого виробництва.

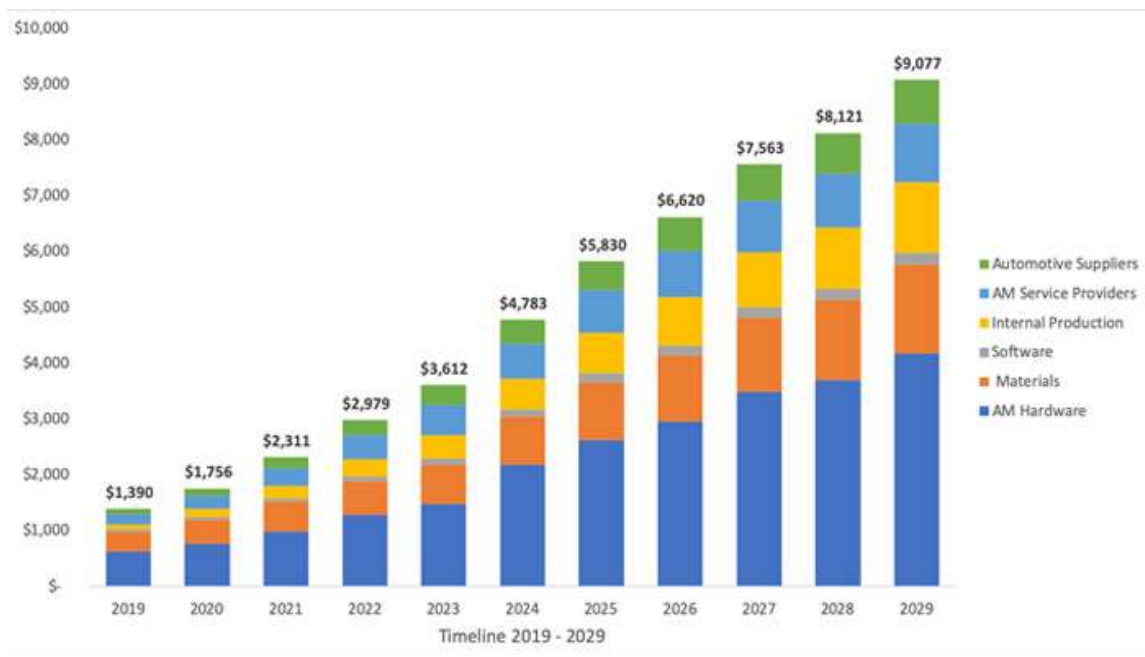


Рис. 2.8. Доходи, отримані від автомобільного 3D-друку

Використання виробництва добавок автовиробниками

Попит, добре визначений історичними виробниками на ринку, такими як Stratasys, EOS або 3D Systems, які починають впроваджувати рішення для автоматизації, вдосконалювати своє програмне забезпечення або сприяти всім етапам моделювання. Їх метою є оптимізація процесу виробництва добавок від початку до кінця і, таким чином, зіткнення з новими учасниками, такими як Desktop Metal або HP, які швидко зробили вибір на користь швидких та вигідних процесів.

SmarTech Publishing використовує цей аналіз, щоб відобразити основні автомобільні виробники та їх зв'язок з виробництвом добавок.

Фірма проаналізувала, які технології тривимірного друку найчастіше використовуються і ким. Здавалося б, саме група Volkswagen найбільше використовує 3D-друк, а особливо метал для проектування готових деталей та інструментів. Для цілей прототипування кращими є стереолітографія та моделювання плавленого осадження. BMW і Ford пильно стежать за німецькою групою - ми пам'ятаємо, що минулого року BMW перевищив межу в мільйон деталей із 3D-принтом.

Німецький виробник EOS, як повідомляється, є одним із фаворитів виробників автомобілів як для селективного лазерного спікання, так і для плавлення порошків для металів. До нього приєднуються найстаріші на ринку Stratasys та 3D Systems, за якими тісно стежать нові учасники, такі як HP, Carbon або Desktop Metal.

Найпоширеніші програми в автомобілебудуванні:

- Технологія 3D-друку деталей двигуна може зменшити витрати на виробництво двигуна без шкоди для продуктивності та надійності.
- Корпуси акумуляторів
- Нестандартні корпуси можуть бути легко виготовлені для спеціальних транспортних засобів та гонок.
- Системи охолодження
- Легкі петлі та кронштейни
- Петлі та кронштейни можуть бути розроблені, виготовлені та встановлені як інтегровані компоненти.
- Теплообмінники



Рис. 2.9. Приклади проектів

2.5. Адитивні технології в медицині

Згідно з нещодавною галузевою доповіддю "Делойт" , попит на медичні послуги у всьому світі досягне вражаючих 8,7 трлн. Доларів до 2020 року. Це зростання зумовлене більшим населенням, яке живе довше, ніж будь-коли раніше, і доступ до більш складних медичних процедур.

Виробництво добавок для медичного застосування стає важливим ресурсом для задоволення зростаючих вимог до систем охорони здоров'я у всьому світі. Ось декілька найкращих програм зараз і що можна очікувати від цієї технології, що розвивається в майбутньому.

Стоматологія

Зараз найбільшим ринком виробництва добавок у медицині є стоматологія та супутня ортодонтія, така як мости, коронки, брекети та протези. В даний час цифрова стоматологія - це галузь, яка займає 2,5 мільярди доларів, і за кілька років вона збільшиться більш ніж удвічі. Багато стоматологічних приладів із 3D друком легко налаштувати для точної посадки, а також їх можна друкувати на різноманітних підкладках, від гнучких полімерів до твердого титану.

Існують також спеціалізовані принтери, сконфігуровані для використання програмного забезпечення для сканування зубів, а також біосумісних смол, які можуть поміститися в невеликих кабінетах та клініках для негайного рішення на місці, готового за один день.



Рис. 2.10 Протези від EnvisionTEC

Існують також спеціалізовані принтери, сконфігуровані для використання програмного забезпечення для сканування зубів, а також біосумісних смол, які можуть поміститися в невеликих кабінетах та клініках для негайного рішення на місці, готового за один день.

Анатомічні моделі

Людський організм складний і кожен унікальний. Тому, коли лікарям та клініцистам потрібно розглядати індивідуальні методи лікування, надзвичайно допомагає побачити точну модель досліджуваного - це кістка, орган, пухлина чи кінцівка.



Рис. 2.11. 3D-сканована та роздрукована анатомічна модель для дослідження

Це тепер реальність. Великого прогресу було досягнуто в технології медичної візуалізації, включаючи високоточне повнокольорове 3D-сканування до судинного рівня. Використовуючи ці дані, поряд із складним програмним забезпеченням для топологічного картографування, таким як Mimics ® від Materialize , біомедичні інженери можуть використовувати 3D-принтери для створення реалістичних моделей для аналізу.

На основі цих моделей лікарі можуть планувати хірургічні стратегії, включаючи, де робити розрізи. Крім того, моделі, зібрані з декількох деталей, можуть бути розібрані, щоб виявити структури всередині, які інакше могли б бути заблоковані з огляду хірурга. Зараз 16 із 20 найбільших лікарень США мають виїзні засоби 3D-друку , і ця кількість, як очікується, зросте в геометричній прогресії протягом найближчих кількох років.

Загальні інструменти

Це широка категорія допоміжного обладнання, яке буде дорогим та трудомістким для звичайного виготовлення в невеликих обсягах. Він включає в себе затискачі або затискачі, призначені для анатомії окремого пацієнта, можливо для допомоги в обстеженнях, лікуванні або хірургічних процедурах.



Рис. 2.12. 3D друковані деталі від iLab

Виробництво добавок також використовується в країнах, що розвиваються, для виробництва неспецифічних затискачів, катетерів та інших фітингів, які швидко та економічно виготовляють на місці за необхідності.

Протезування та ортопедія

Ще однією широкою категорією, протез може бути заміною частини тіла, як внутрішньої (тобто кульшового суглоба), так і зовнішньої (відсутня кінцівка).

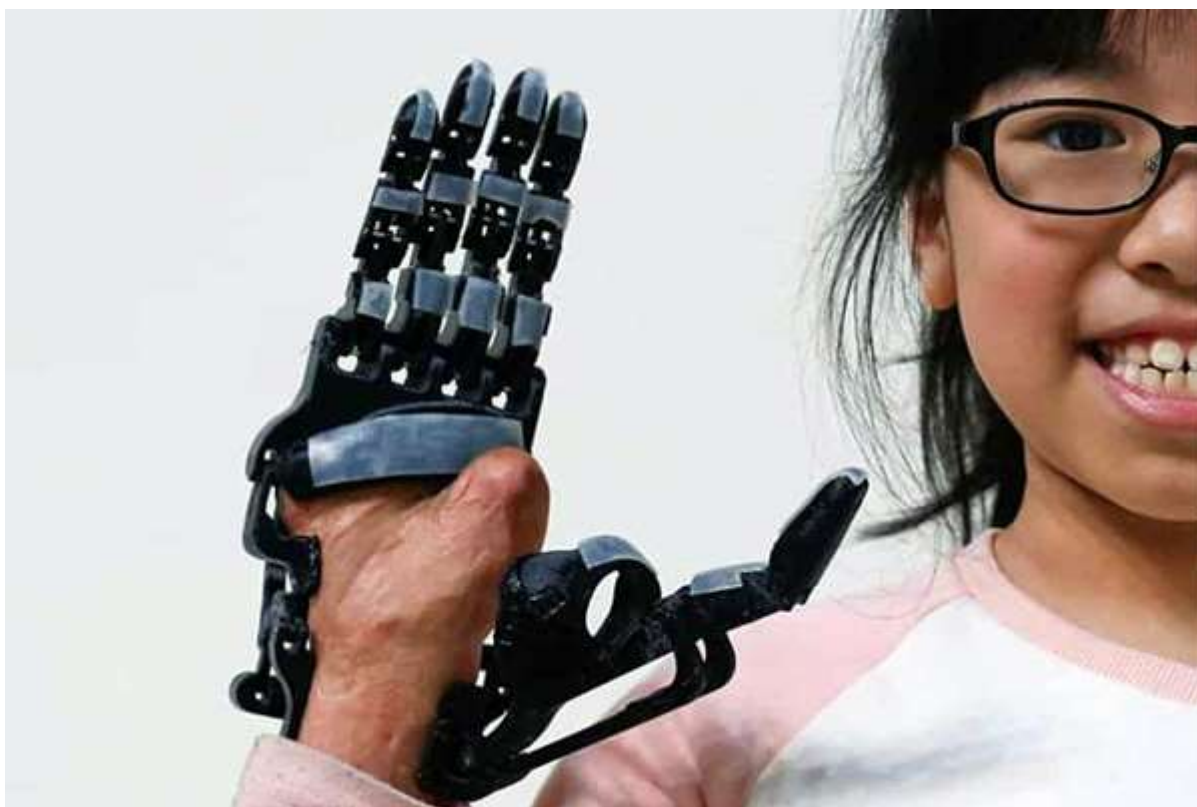


Рис. 2.13. Тайванська дівчина з суглобовим протезом із 3D друком

Традиційно протезування кінцівок було або безнадійно грубим і загальним, або дуже індивідуальним і дорогим, що вимагало великих вимірювань, випробувань та ручної роботи, недоступних для багатьох людей. Особливо це стосується віддалених районів або регіонів, що переживають військові конфлікти, де таке протезування є терміново необхідним.

Ортопедичні вироби також є спеціальними деталями, виготовленими, щоб допомогти структурі кісток власника з додатковою підтримкою або шляхом виправлення деяких проблем з невідповідністю. Використовуючи сучасні полімери, пластикові ортопедичні вироби, що надруковані 3D, міцні, легкі, довговічні, а також податливі для комфорту.

Моніторинг стану здоров'я та доставка ліків

Ще однією перевагою виробництва добавок є можливість виготовлення складних мікроприладів, які працюють всередині організму для доставки ліків або контролю стану здоров'я пацієнта.

MIT, спільно з Гарвардською бригамою та жіночою лікарнею, розробив пристрій для прийому всередину, який може залишатися в шлунку протягом місяця. Він забезпечує власне харчування окремою кількістю препаратів для пацієнтів, які потребують тривалого догляду, наприклад, при лікуванні раку або ВІЛ. Зараз цей пристрій перебуває на стадії тестування, але він представляє такий підхід, який розробляють багато інших дослідників.



Рис. 2.14. Мікроприлад для контролю стану здоров'я

Такі мікропристрої незабаром зможуть передавати дані бездротовим способом до зовнішнього медичного пристрою для детального моніторингу стану здоров'я. Інші друковані датчики можна вводити в кров для забезпечення активного контролю рівня глюкози в крові, оксигенації крові та інших важливих показників, які лікарі використовуватимуть для швидкого реагування на стан хворого.

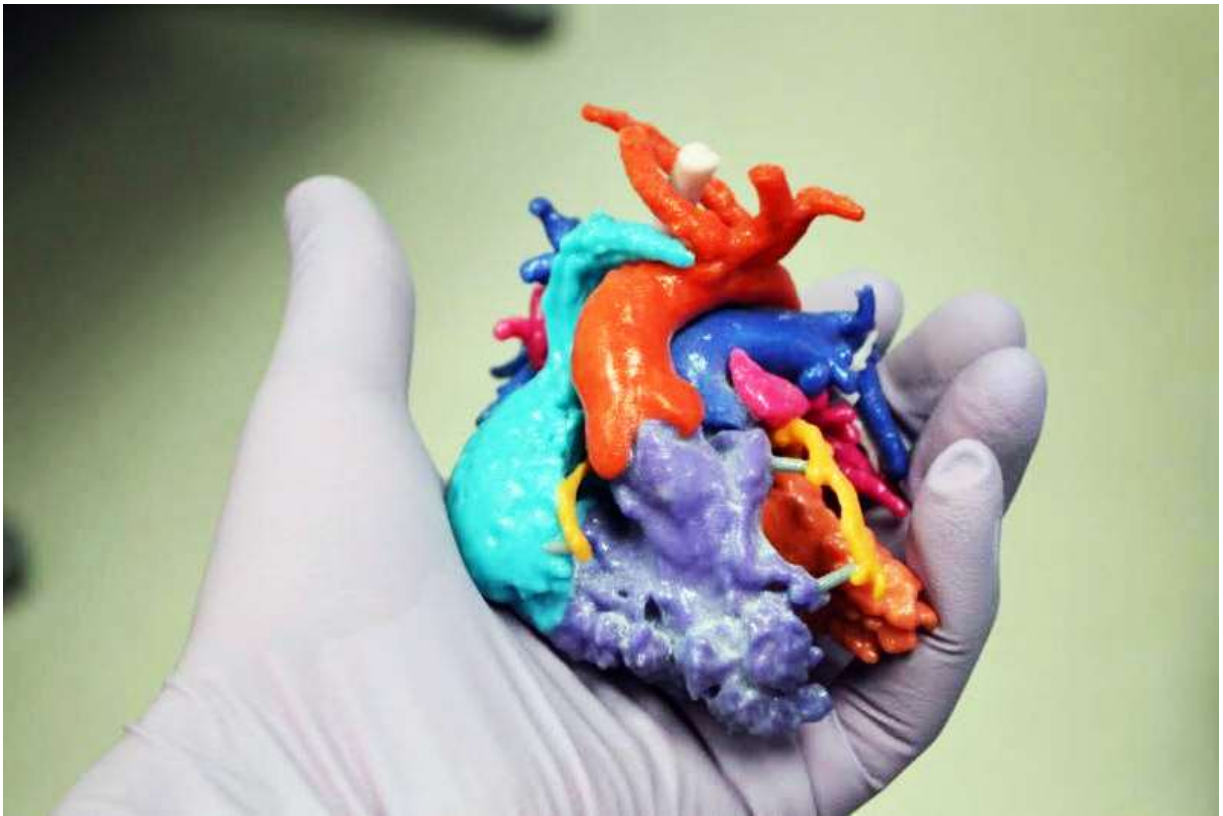


Рис. 2.15. Серцево-судинна модель HeartPrint від Materialize

3. ПОКРАЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРИ АДИТИВНОМУ МЕТОДІ ВИГОТОВЛЕННЯ

Точність - це ступінь істинної відповідності чогось. (у даному випадку, координатам і розмірами заданим в 3Д моделі)

А тепер про кожну ознаку детальніше:

Точність позиціонування - це параметр, який визначає наскільки вірно переміститься друкуюча головка 3Д принтера щодо заданих комп'ютером координат.

Точність позиціонування у всіх принтерів практично ідентична і становить близько 6-30 мікрон. Виняток з цього принципу дуже дешеві і дуже старі 3Д принтери, побудовані на гвинтовому приводі, наприклад - Makibox .

Перевірка точності проводиться наступним чином:

- Перевірка робочих одиниць

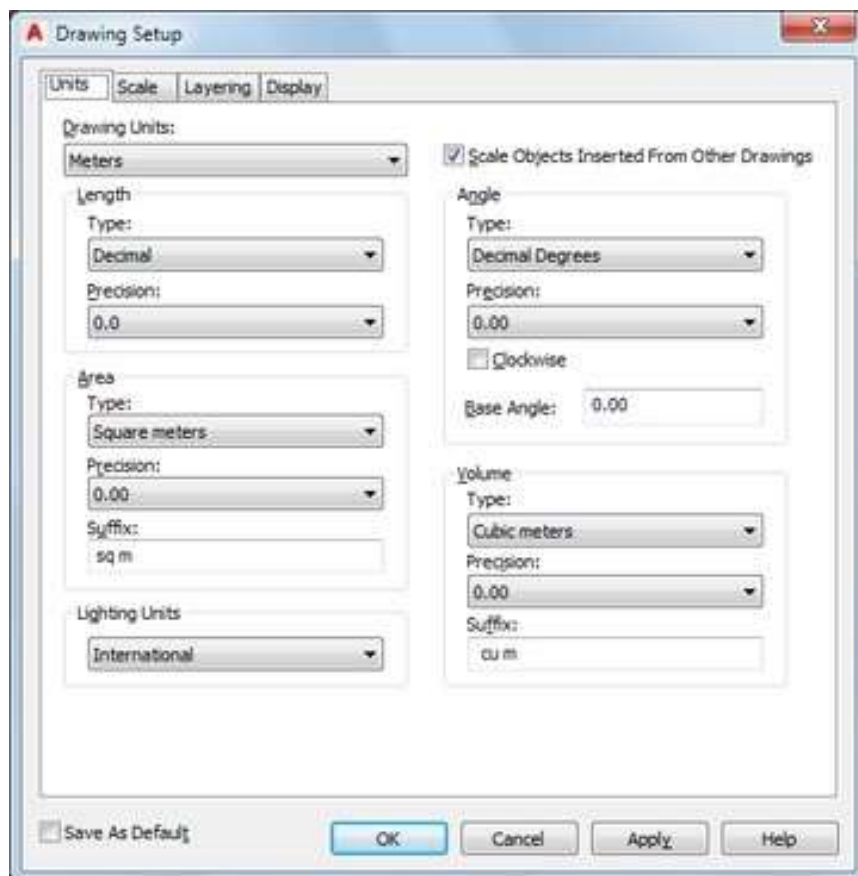


Рис. 3.1. Інтерфейс програми

Перш за все, необхідно переконатись, що ви працюєте з правильними одиницями. Якщо у вашій 3D-моделі використовується одна одиниця, а у нарізці - інша, ви, очевидно, помітите деякі незначні, великі або дрібні відбитки. Тож необхідно переконатись, що ви працюєте лише в одній одиниці виміру, і перейдіть до наступних простих виправлень.

- Перевірка натяжних ременів

Як вільні, так і надто щільні ремені можуть спричинити неточність розмірів. Майже кожен принтер використовує різний процес натягування ременя. Незалежно від типу принтера, затягніть ремені, щоб приводні шестерні не могли ковзати, а ремені при зриванні видавали гітарний резонанс.



Рис. 3.2. Правильно натягнуті ремені

- Необхідно переконатися, що лінійні стержні, рейки та гвинти прямі.

Якщо вони зігнуті, точний рух неможливий. Замініть зігнуті деталі та запустіть інший пробний друк. Якщо стержні прямі, спробуйте трохи змастити лінійні стрижні та гвинти. Трохи мастила посприє кращому руху робочої частини.

Компенсування неточностей під час проектування

Незважаючи на те, що всі ці виправлення можуть покращити точність розмірів вашого принтера, ви не можете очікувати 100% точності своїх відбитків. Завжди буде принаймні крихітна неточність, яка залишається.

Якщо ви розробляєте власні деталі для друку, враховуйте неточність, щоб деталь ідеально друкувалася на вашому апараті.

Наприклад, якщо ваш принтер може друкувати лише до $\pm 0,1$ мм, спробуйте зробити отвори для гвинтів на 0,1 мм більшими. Компенсація за неточність розмірів вашого принтера в процесі проектування зробить ваш досвід набагато кращим.

Ви також можете масштабувати моделі інших дизайнерів відповідно до допусків ваших машин. Однак переконайтеся (перед тим, як масштабувати), що ви не зіпсуєте жодних важливих особливостей моделі.

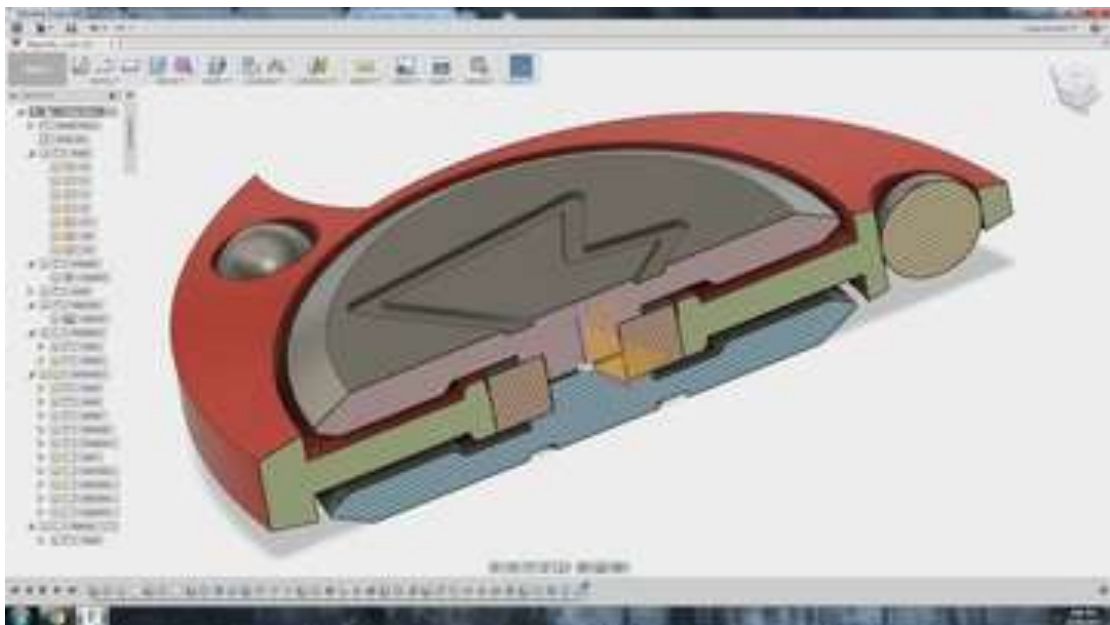


Рис. 3.3 3D-модель у Fusion 360

Якщо після натягування ременів та перевірки лінійних стрижнів, рейок та гвинтів ви відчуваєте значну (різниця більше ± 1 мм) розмірну неточність

розмірів, швидше за все, прошивка принтера має неправильні кроки на мм, встановлені для осі.

Велику частину часу, особливо для придбаних 3D-принтерів, кроки на мм встановлюються ідеально. Якщо ви відчуваєте неточність розмірів і відрегулюєте цю вже налаштовану настройку, ви лише обходите реальну проблему. Як результат, ви можете помітити ще гірші допуски. Щоб правильно налаштувати кроки на одиницю в мікропрограмі принтера, не виходите з розмірів калібрувального куба. Натомість виміряйте (якомога точніше), наскільки далеко рухаються ваші осі, коли вам пропонують пройти певну відстань.

- Призначте змінну еочікуваній відстані, оспостережуваній відстані та споточним крокам на мм
- Виміряйте ез вашого куба і знайдіть су своєму прошивці
- Обчислити: $(e/o) * s$
- Змініть поточні кроки на мм у вашому зрізі за допомогою цього нового значення
- Повторіть це для кожної осі

Примітка: Можливо, вам доведеться призначити різні кроки для одиниці для кожного двигуна, навіть якщо це однаковий тип двигуна. Налаштуйте кроки кожної осі на одиницю на основі розмірів, які ви виміряли від цієї осі.

3.1 Порівняння технологій виготовлення деталі АМ і фрезеруванням

Їх ключовою відмінністю між 3D-друком та обробкою з ЧПУ є те, що 3D-друк є формою виробництва добавок, тоді як обробка з ЧПУ віднімається. Це означає, що обробка з ЧПУ починається з блоку матеріалу (який називається заготовкою) і вирізає матеріал, щоб створити готову деталь. Для цього для формування деталі використовують різці та фрези. Деякі переваги

обробки з ЧПУ включають велику точність розмірів, а також багато сумісних матеріалів, включаючи дерево, метали та пластмаси.

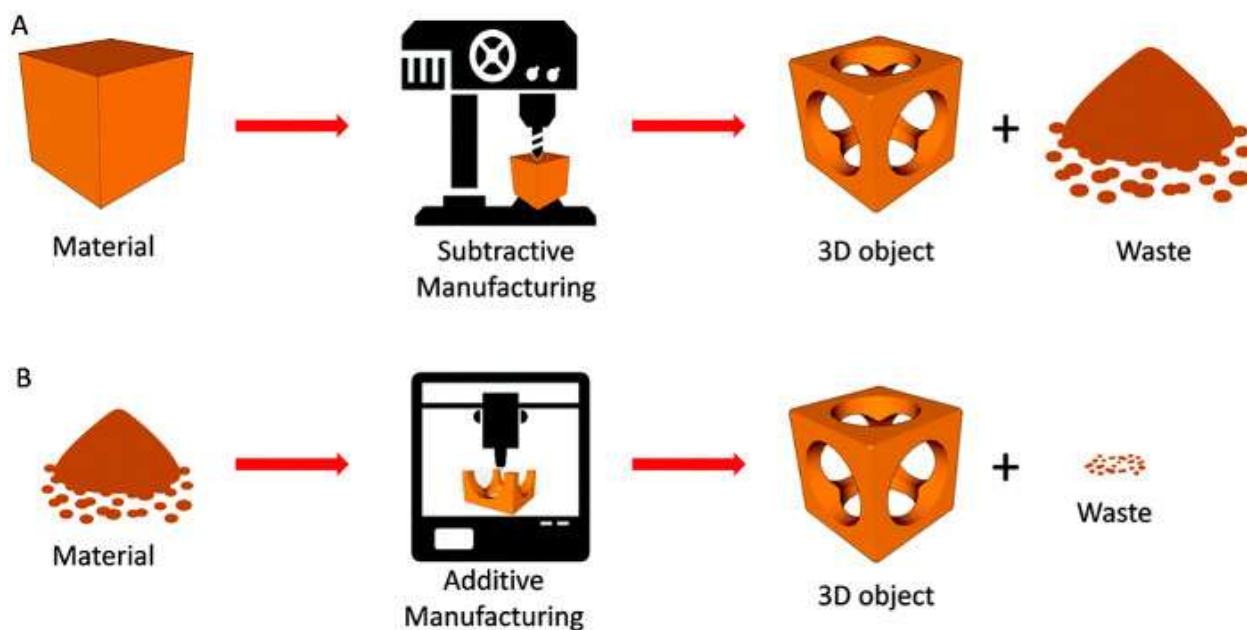


Рис. 3.4. Порівняння фрезерування із AM

3D-друк або виготовлення добавок передбачає створення деталей пошарово з використанням таких матеріалів, як пластикові нитки (FDM), смоли (SLA / DLP), пластикові або металеві порошки (SLS / DMLS / SLM). Використовуючи джерело енергії, таке як лазер або нагрітий екструдер, шари цих матеріалів затвердівають, утворюючи готову деталь. Переваги тривимірного друку включають його свободу форми, застосування у багатьох секторах, точність, швидкість та можливість скоротити витрати та вагу деталей.

3D-друк та обробка з ЧПУ сумісні з різноманітними матеріалами, включаючи пластмаси та метали. Однак 3D-друк в основному орієнтований на пластмаси, хоча це швидко змінюється, оскільки кращі та більш доступні способи 3D-друку металу розробляються такими виробниками, як 3D

Systems, Arcam, Desktop Metal і Markforged. Найбільш часто використовувані пластмаси, що використовуються в ЧПУ, включають ABS, нейлон (PA66), полікарбонат (PC), акрил (PMMA), поліпропілен (PP), POM та PEEK. Дуже часто використовуваним металом при обробці з ЧПУ є алюміній, який компанії-прототипи використовують для створення високоякісних прототипів у різних галузях промисловості. Алюміній піддається вторинній переробці, має хороші захисні якості та може створити ефективні прототипи для механічної обробки. Інші часто використовувані метали включають нержавіючу сталь, магнієвий сплав, титановий сплав цинку та латунь.

У тривимірному друку до широко застосовуваних термопластів належать ABS, PLA, нейлон, ULTEM, а також фотополімери, такі як віск, прожарювані або біосумісні смоли. Деякі нішеві 3D-принтери також дозволяють друкувати деталі на піску, кераміці та навіть живих матеріалах. Найпоширеніші метали, що використовуються в 3D-друці, включають алюміній, нержавіючу сталь, титан та інконель. Варто також зазначити, що для тривимірного друку металу потрібні дорогі (понад 100 000 доларів США) промислові машини. Деякі матеріали, такі як суперсплави або TPU (гнучкий матеріал), неможливо створити за допомогою ЧПУ, тому їх слід використовувати з використанням технології 3D-друку або швидкого інструментального оснащення.

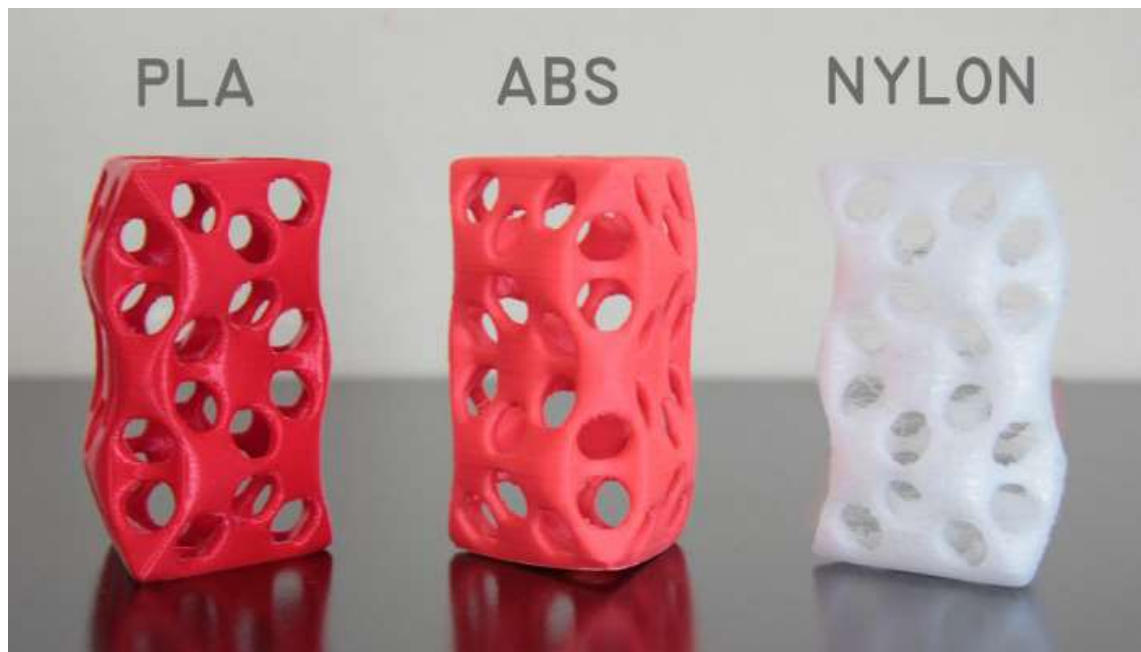


Рис. 3.5. Пластмаси доступні для 3D друку та фрезерування з ЧПУ

Простота використання

Відомо, що 3D-друк простіший у використанні, ніж обробка з ЧПУ. Це тому, що після того, як файл підготовлений, вам просто потрібно вибрати орієнтацію деталі, заливку та підтримку, якщо це необхідно. Потім, як тільки друк розпочнеться, контролер не потрібен, і принтер можна залишити, поки деталь не буде закінчена. Вимоги до подальшої обробки залежать від технології.

Однак обробка з ЧПУ є набагато більш трудомістким процесом. Кваліфікований оператор повинен вибирати між різними інструментами, швидкістю обертання інструментів, траєкторією різання та будь-яким переміщенням матеріалу, з якого створюється деталь. Існують також методи післяобробки, які можуть зажадати більше часу.

Точність, обмеження розміру та геометрична складність

Хоча існує низка технологій 3D-друку, ми вирішили порівняти обробку з ЧПУ із SLS, промисловим (не настільним) FDM та DMLS-металевим 3D-друком. З точки зору допуску обробка з ЧПУ перевершує всі процеси 3D-

друку, навіть DMLS. Однак при мінімальній товщині шару перевагу не настільки глибоке і не таке точне, як DMLS.

Табл. 3.1. Порівняльна таблиця

	Допуск (мм)	Хв. Товщина шару (мм)	Макс. будівельний об'єм (мм)
Фрезерування з ЧПУ	$\pm 0,025 - 0,125$ мм	глибина різання 0,01 мм	2000 x 800 x 1000 мм
SLS	$\pm 0,3$ мм	0,7 - 1,0 мм	300 x 300 x 300 мм
Промислові FDM	$\pm 0,5$ мм	0,8 - 1,0 мм	900 x 600 x 900 мм
DMLS	$\pm 0,1$ мм	0,4 мм	230 x 150 x 150 мм

Процеси тривимірного друку порошкового шару, такі як SLS та DMLS, обмежені своїм обсягом збірки. Навіть технології з більшими обсягами збірки, такі як FDM, не можуть конкурувати з ЧПУ з точки зору максимального розміру деталей.

3D-друк добре відомий своїми перевагами у створенні деталей з високою геометричною складністю. Хоча для деяких технологій потрібні підставки, 3D-друк може створювати деталі з геометрією, яку не може повторити жоден традиційний спосіб виробництва. Такі технології, як SLS та Multi Jet Fusion від HP, можуть навіть робити це без будь-яких опорних конструкцій

Вартість

Хоча в середньому 3D-друк дешевший, витрати залежать від того, скільки деталей потрібно і як швидко вони вам потрібні. Для більших кількостей ЧПУ, швидше за все, буде більш доречним. Для низьких обсягів 3D-друк є більш доцільним та дешевшим. 3D-друк також більш доречний, якщо вам дуже швидко потрібні ваші зразки або деталі. Однак є додаткові фактори, які ускладнюють порівняння двох технологій. Сюди входять матеріали, що відрізняються за вартістю (від дешевих матеріалів, таких як АБС, до

матеріалів, які можуть коштувати 500 доларів за кг, таких як ПІК), а також ремонт та зміна верстатів (наприклад, головки з ЧПУ).

Безпечний для довкілля

Оскільки ЧПУ передбачає відрізання матеріалу від суцільного блоку, згодом завжди будуть відходи. Потім ці шматки матеріалу потрібно очистити та утилізувати, що не потрібно для 3D-друку. Оскільки виробництво добавок утворює об'єкт на будівельній платформі з матеріалу, що подається в машину, відходи, окрім опор (якщо вони використовуються). Це робить 3D-друк більш етичним із двох методів, оскільки менше використовується невикористаних відходів.

Висновок

Як висновок, можна сказати, що не існує ідеальної, універсальної техніки. Хоча обидва методи є дуже компетентними та корисними технологіями, найбільш підходящий буде залежати від матеріалу, геометричної складності, обсягу виробництва та бюджету.

3.2 Порівняння технологій виготовлення деталі АМ і литтям

Інвестиційні витрати: лиття під тиском та 3D-друк

Якщо ви займаєтеся виготовленням власних деталей, природно, одне з перших речей, яке ви хочете врахувати, - це вартість інвестицій у лиття під тиском порівняно з 3D-друком. При литті під тиском вартість плашки вимагає значних попередніх інвестицій, тоді як 3D-друк має мінімальні попередні витрати. З іншого боку, ціна за друк на одиницю набагато вища, ніж лиття під тиском. З будь-яким із них вам доведеться час від часу чистити та замінювати деталі, що створює додаткові витрати.

Різниця полягає в тому, як працюють ці процеси. Лиття під тиском дуже схоже на ліплення. Він передбачає впорскування рідкого металу у форму або матрицю, що призводить до більш швидкого часу циклу (30-45 секунд), ніж друк. Шари 3D-друку на матеріалі (звичайними матеріалами є метали, а також пластмаси, такі як термопластичний полімер, полімолочна кислота та

акрилонітрил-бутадієн-стирол), щоб створити свою частину, тому її також називають адитивним виробництвом. Процес включає осадження тонких шарів нагрітого матеріалу один на одного для отримання тривимірного об'єкта.

Що це означає з точки зору вартості? Лиття під тиском створює більше відходів, тож ви несете витрати на їх видалення. З іншого боку, одна матриця триває 80 000 циклів, це означає, що вам не потрібно робити нову матрицю кожного разу, коли ви створюєте нову деталь. Лиття під тиском також відбувається набагато швидше, якщо вам потрібні великі кількості однієї і тієї ж деталі. Таким чином, це економічно вигідніше, коли ви амортизуєте вартість форми / штампу по всій кількості.

Якщо ви намагаєтеся виготовити з одного матеріалу кілька деталей одного типу, лиття під тиском відбувається набагато швидше, тому великі обсяги часто є більш економічно вигідними.

Переваги 3D-друку

3D-друк має певні переваги. Один з них полягає в тому, що немає вимоги створювати матрицю для кожної деталі, яку ви хочете виготовити. 3D-принтер може створити будь-яку деталь, практично не обмежуючи складності, просто відповідним чином програмуючи принтер.

Ця можливість означає, що ви можете віддавати перевагу 3D-принтеру під час виготовлення різних типів деталей, особливо складних елементів. Можливо, ви не захочете витрачати час і гроші на виготовлення плашки для сотні різних дрібних деталей, особливо якщо деталі дуже складні. Подібним чином багато деталей можуть бути занадто складними для виготовлення за допомогою одного лиття, але їх легше зробити за допомогою 3D-принтера.

Найбільша перевага 3D-друку - це економія часу. Можливість створити деталь за кілька днів неоціненна для галузей, що мають продукцію, що має короткий життєвий цикл або потребує перевищення конкуренції на ринку.

Якщо ви вирішите зробити деякі або всі деталі за допомогою 3D-принтера, майте на увазі, що всі 3D-принтери не створені рівними. Деякі з них мають дуже низьку вартість, що може бути привабливим у короткостроковій перспективі, але може вплинути на якість вашого кінцевого продукту. Якщо ви все-таки обираєте тривимірний друк, важливо знати, який принтер ви використовуєте, і які обмеження мають конкретна машина.

Якщо це відповідає вашому бюджету, розгляньте можливість придбання 3D-принтера високого класу. Ці моделі зазвичай забезпечують підвищену якість та пропонують більше функціональних можливостей. Що стосується матеріалів, метали краще підходять для досягнення придатності та функцій виробу, коли доводиться конструкція перед початком великого обсягу виробництва.

Переваги лиття під тиском

Лиття під тиском має стільки ж, якщо не більше переваг, особливо якщо ваша виробнича компанія виробляє подібні деталі. За допомогою простих деталей ви можете зробити одну матрицю, щоб знову і знову відтворювати майже ідеальні копії своєї частини. Лиття під тиском також допомагає створювати сотні або тисячі деталей, якщо це необхідно, з набагато більшою швидкістю (30-45 секунд), ніж потрібно машині для виробництва добавок, щоб надрукувати ті самі деталі.

Важливо також зазначити, що деякі 3D-принтери мають обмеження щодо кількості матеріалів, які ви можете використовувати, і при цьому підтримують цілісність деталей. Наприклад, деякі пластмаси поглинають вологу з повітря, що може вплинути на стійкість та продуктивність друку. Лиття під тиском дозволяє виготовляти деталі з різноманітних міцних металів, включаючи алюміній та цинк, а також інших матеріалів, таких як пластик.

Деталі, які ви можете виготовити за допомогою лиття під тиском, зазвичай є міцними металевими деталями, які прослужать довго і працюють у різних виробничих програмах. Якщо у вас є якісне автоматизоване обладнання для лиття під тиском, ефективний метод переробки брухту та талановиті інженери, які можуть легко і швидко створити потрібні вам форми, ви можете швидко масово виготовляти високоякісні деталі за допомогою лиття під тиском.

Коли використовувати лиття під тиском, а коли вибрати 3D-друк

Виготовляючи пластикові деталі, ви часто обираєте 3D-друк, оскільки це, як правило, точні деталі, які можуть вимагати деталей, запропонованих 3D-принтером. Крім того, пластик не настільки сприйнятливий до лиття під тиском, як метал, хоча, звичайно, можна лити під тиском високоякісні пластикові деталі. Якщо ви робите невеликі партії нестандартних деталей, 3D-друк може бути найкращим способом. Однак, якщо вам потрібно багато копій конкретного типу та розміру деталі, що швидко виготовляється, немає сумніву, що лиття під тиском є вищим вибором.

Багато компаній обирають поєднання лиття під тиском та 3D-друку для своїх виробничих задач. Немає жодної причини, чому ви не можете використовувати лиття під тиском для своїх основних операцій, виготовляючи масові міцні алюмінієві або цинкові деталі, які є основою вашої операції. Потім ви можете скористатися послугами 3D-друку для проектів, що вимагають більшої витонченості або малогабаритних деталей вашого продукту.

РОЗДІЛ 4

4.1. Опис ідеї проекту

Даний розділ призначений для здійснення маркетингового аналізу стартап проекту для визначення можливості ринкового впровадження останнього та визначення можливих напрямів його реалізації

В даний час популярність окулярів настільки велика, що немає практично жодної людини, у якої їх немає. Сонцезахисні, для водіння, спортивні, коригувальні, для роботи за комп'ютером, дитячі. Матеріалів, з яких вони виготовляються, не так багато. Це традиційно метал, пластмаса і натуральні (дерево, кістки, рогу). Завдяки автоматизованій техніці, окуляри відмінної якості виробляють як на великих заводах, так і в приватних офтальмологічних лабораторіях.

В наш час методи 3D сканування та адитивних технологій вийшли на доволі високий рівень, що дозволяє реалізувати даний стартап проект по виготовленню адитивним методом оправ для окулярів.

Мета стартап проекту – забезпечити максимальну зручність користування окулярами як в медичних цілях, так і в повсякденному житті.

Основними напрямками застосування будуть як медична галузь, так і доступна для широкого кола цивільних користувачів 3Д принтерів

Основними вигодами для користувача будуть зручність підбору оправ для власної антропометрії. Це дозволяють зробити 3Д сканери, які є достатньо точними для збору інформації.

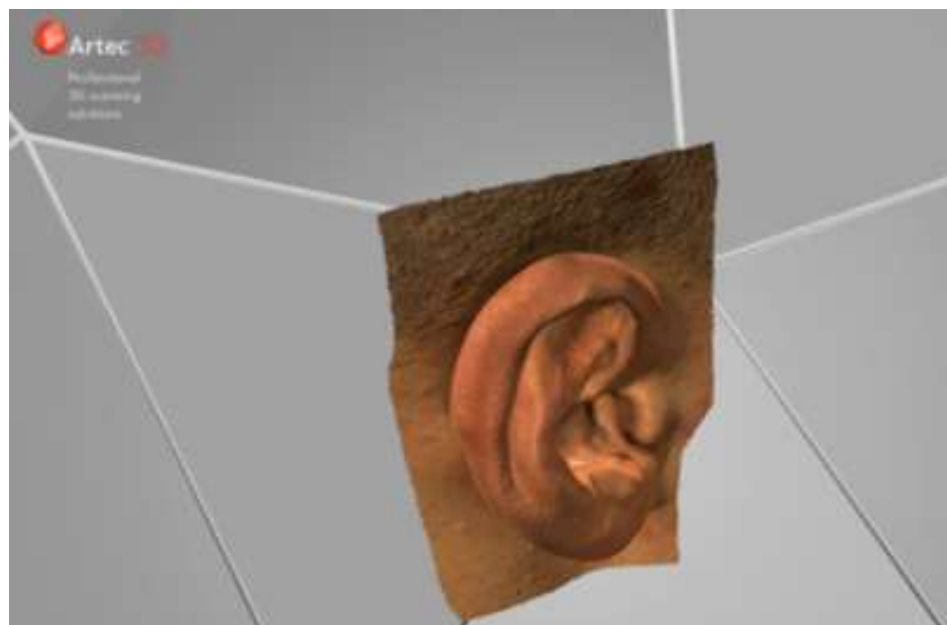


Рис. 4.1 Модель голови виконана за допомогою 3D сканера

4.2. Технологічний аудит ідеї

Ідея проекту – надати користувачам та медичним компаніям доступу до виготовлення різноманітних конфігурацій оправ, орієнтованих під конкретного користувача. Особливих технологій з реалізації не потрібно. Наявність технології на ринку – на ринку на даний момент часу немає альтернатив та конкурентів. Технології доступні у використанні на сьогоднішній день

4.3. Аналіз ринкових можливостей

Для планування напрямків розвитку даного проекту з врахуванням реального стану ринкового середовища, потреб можливих клієнтів окупарів необхідно визначити ринкові можливості які можна використовувати у процесі ринкової реалізації проекту, та загроз, що можуть бути причиною не реалізованості проекту

Спочатку треба провести аналіз попиту на обсяг, наявність попиту та динаміку розвитку ринку (таблиця 4.1). Згідно із результатами аналізу таблиці 4.1, можна зробити наступні висновки: згідно з попереднім оцінюванням, ринок є доволі сприятливим для входження. Далі необхідно визначити потенційні групи клієнтів, характеристики останніх, та сформулювати перелік вимог до товару

Табл. 4.1. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживача до товару
1	Здатність експериментувати в домашніх умовах	Цивільні	В силу однотипності проблеми відмінності майже непомітні.	Можливість забезпечення заданої точності за допомогою наявної техніки
2	Забезпечення комфортного користування пацієнтам	Пацієнти	В силу однотипності проблеми відмінності майже непомітні.	Зручність

Аналіз ринкового середовища на наявність загроз та можливості.

Табл. 4.2. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Недостатня обізнаність виробників про методи вирішення проблеми	Виробник бачить проблему, але бореться з нею своїми силами, або альтернативними методами втрачаючи продуктивність	Співпраця з різними більш відомими компаніями на предмет перепродажів.
2	Сильні непрямі конкуренти, які можуть знищити репутацію	Конкуренти, які співпрацюють з потенційними клієнтами по різним питанням здатні знищити репутацію компанії ще до початку співпраці	Знайти сильну підтримку в вигляді одного важливого клієнту, який здатний поручитись за продукцію і компанію в цілому
3	Конкуренція	У світовому ринку уже давно існує лідер, який зайняв нішу	На території України його вплив не є таким сильним, тому здорова конкуренція + підтримка здатні нав'язати боротьбу

Табл. 4.3. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Відносно пустий ринок України	Вирішенням даної проблеми серйозно ніхто не займається, тому можливість захопити український ринок є	Активна і здорова рекламна та контактна компанія, в результаті якої великі компанії зроблять нам ім'я.
2	Недообізнаність населення	При правильній подачі інформації населення буде бачити в запропонованому методі панацею, щодо вирішення даного питання	Рекламна та контактна компанія задня завоювання нових ніш ринку
3	Просто впровадження	Запропонований метод вирішення здатен бути впровадженим моментально, що дозволить закривати питання клієнта за короткий час	Постійна готовність допомогти клієнту у вирішенні його запитань

Табл. 4.4. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції – чиста	Мала кількість стихійних представників на ринку	Вільна діяльність
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний	На національному рівні конкурентів немає, а локальні конкуренти незначні	Почати діяльність потрібно з промислового регіону без конкуренції.
3. За галузевою ознакою - міжгалузева	Пропонований метод застосовується в дуже вузькому спектрі питань	Може викликати деякі проблеми на початку діяльності
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Вузький профіль вирішуваних питань	Необхідний повний аналіз ринку для розуміння правильних пріоритетів
5. За характером конкурентних переваг - цінова та нецінова	Метод є конкурентним в кожному з сегментів	Універсальність в характері дозволяє заходити на ринок з повністю конкурентним товаром
6. За інтенсивністю – не марочна	Інтенсивність товару є незначною оскільки проблема є вузькою	Необхідні певні вкладення, які перший час будуть нерентабельні

Табл. 4.5. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Низька ціна	В порівнянні з більш професійними рішеннями питання ціна кінцевого варіанту рішення значно нижче конкурентів
2	Швидкість впровадження	За рахунок швидкості впровадження виробу в роботу можна стверджувати, що продуктивність виростає
3	Універсальність	В порівнянні з конкурентами готове рішення є більш універсальним
4	Простота	Немає необхідності в спеціалістах для запуску методу в роботу
5	Висока якість	Дозволяє отримувати результати достатньо високої якості

Табл. 4.6 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: - Низька конкурентна вартість - Універсальність - Простота - Швидкість впровадження - Висока якість	Слабкі сторони: - Навантажений непрямими конкурентами ринок - Слабка обізнаність потенційних клієнтів - Сильні світові конкуренти
Можливості: - Захоплення ринку - Налагодження відносин із великою кількістю клієнтів - Модернізація пропонованої продукції з урахуванням побажань клієнтів	Загрози: - При виникненні попиту можуть з'явитись більш сильні конкуренти - Необхідність вносити зміни в процес можуть зупинити інтерес - Ринок є досить нестабільним

Табл. 4.7. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Налагодити співвідносини із сильним потенційним конкурентом і стати партнерами. Це дозволить використовуючи ім'я та репутацію відомого представника просувати свій продукт.	Ймовірність отримання ресурсів збільшується, але значно падає прибуток оскільки з'являється відсоток материнської компанії	Сроки реалізації від двох тижнів до місяця

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Табл. 4.8. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Стратегія лідерства по витратах	Унікальна цінова політика	Унікальна розробка дозволяє ставити ціну нижче ринкової	Стратегія спеціалізації
2	Стратегія диференціації	Унікальний продукт	Унікальність розробки дозволяє ставити свої унікальні умови на ринку	Стратегія спеціалізації

Табл. 4.9. Визначення базової стратегії поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Проект не першопрохідець	Суміщена стратегія завоювання ринку	Копіювання не буде. Взята за онову ідея і розробка унікального контенту	Стратегія заняття конкурентної ніші
2	Проект не першопрохідець	Суміщена стратегія завоювання ринку	Копіювання не буде. Взята за онову ідея і розробка унікального контенту	Стратегія виклику лідеру

Табл. 4.10. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Вирішення поставленого питання найкращим способом	Стратегія спеціалізації	-Ціна -Спеціалізація -Простота -Універсальність	Якісно, швидко та просто
2	Вирішення поставленого питання найоптимальнішим способом	Стратегія лідерства по витратах	-Ціна -Спеціалізація -Простота -Універсальність	Дешево, якісно та просто

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Ключевими перевагами концепції потенційно можливого продукту є відносно вільний ринок у цій сфері, кількість потенційних покупців через новизну продукту, як показують дослідження буде високою. Собівартість сировини та техніки є незначною, що дозволить запускити проект без великих капіталовкладень. Перевага над конкурентами буде досягатись за рахунок нової конструкції, яка буде пористою але водночас зберігати механічні властивості та міцність, що дозволить значно економити на сировині (до 20% на одиниці)

4.6. Висновки

Розроблення та аналіз даного стартап проекту показує, що продукт має доволі хороші шанси для входу на ринок з подальшим закріпленням на лідируючих позиціях. Одним з основних методів досягнення перших позицій на ринку є добре продумана маркетингова програма. Через незаповненість ринку можна розраховувати на успішне впровадження проекту в життя.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній науковій роботі методом досліджень, та аналізу було виявлено, що використання адитивних технологій у машинобудуванні, авіабудуванні та медицині з кожним днем набувають все більшого поширення. Тому покращення структури деталей у 3Д друку є особливо актуальним питанням на сьогоднішній день.

Було проведено дослід обробки аналогічної деталі трьома способами, в якому показано переваги у внутрішній структурі саме в адитивних технологій.

Аналіз стартап проекту для покращення комфорту використання оправ окулярів виготовлених методом 3Д сканування та друку показав, що ринок у цій сфері ще не заповнений та привабливий, а унікальність даного проекту може гарантувати його перспективність у подальшому

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ Пособие для инженеров ©ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» Москва 2015 220 с
2. <https://amfg.ai/industrial-applications-of-3d-printing-the-ultimate-guide/>
(дата звернення:19.10.2020).
3. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, 2 nd edition. 767 с
4. <https://3d.globatek.ru/3d-printers/machinery/>
(дата звернення:21.10.2020).
5. <https://metalworking-expo.com/blog/ispolzovanie-additivnykh-tekhnologiy-v-nbsp-mashinostroenii-dlya-izgotovleniya-metallicheskikh-detali/>
(дата звернення:25.10.2020).
6. Галиновский А.Л. Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники. Учебное пособие для вузов 115 с
7. Гибсон Я.Розен Д.Стакер Б. Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство 2016 656 с
8. Григорьянц А.Г. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении. 2016 р 280 с
9. <https://press.siemens.com/global/en/feature/additive-manufacturing-siemens-uses-innovative-technology-produce-gas-turbines>
(дата звернення:01.11.2020).
10. Терентьева О.А. Аддитивные технологии в фармации 2016 р 172 с
11. <https://www.additivemanufacturing.media/articles/what-is-the-role-for-additive-manufacturing-in-aircraft-structural-components>
(дата звернення:05.11.2020).
12. <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/3d-printing-technologies-and-processes/metal-casting-vs-metal-3d-printing/>

(дата звернення:08.11.2020).

13.<https://www.diecastingdesign.org/3d-printed-metals>

(дата звернення:10.11.2020).

14.Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.