

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра «Інженерної механіки та комп'ютерного  
проектування»



## **2,5 ОСЬОВЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ В AUTODESK INVENTOR CAM**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРАКТИЧНОГО ЗАНЯТТЯ**

з дисципліни «Інформаційні технології в виробництві»

для здобувачів ступеня вищої освіти  
«Бакалавр» зі спеціальностей 122  
«Комп'ютерні науки»  
денної форми навчання

Запоріжжя, 2024

## 2,5 Осьове Фрезерування В Autodesk Inventor Cam.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Інформаційні технології в виробництві» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки». Запоріжжя, ТДАТУ. 2024. 17 с.

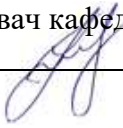
Розробник: Водяницький І.О., асистент

Рецензент: Мацулевич О.Є., к.т.н., доцент

Схвалено на засіданні кафедри «Інженерна механіка та комп'ютерне проектування»

Протокол № 4 від 19 листопада 2024 року

Завідувач кафедри ІМКП

доц.  Олександр ВЕРШКОВ

Схвалено методичною комісією механіко-технологічного факультету

Протокол № 4 від 19 листопада 2024 року

Голова доц.  Олена ДЕРЕЗА

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП .....   | 4  |
| 1 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ .....   | 5  |
| 1.1 Загальні вказівки до виконання роботи .....                       | 5  |
| 1.2 Вимоги до оформлення самостійного завдання .....                  | 6  |
| 2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....  | 6  |
| 3 СТВОРЕННЯ ФРЕЗЕРНОЇ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ .....                         | 8  |
| 3.1 Створення нового установа .....                                   | 8  |
| 3.2 Створення траєкторій (підбір інструментів та режимів різання) ... | 10 |
| Контрольні питання .....  | 23 |

## ВСТУП

Предмет навчальної дисципліни «Інформаційні технології в виробництві» є однією з базових дисциплін і присвячена вивченню автоматизованих систем проектування, які вирішують увесь комплекс задач, пов'язаних з технічною підготовкою виробництва нових виробів. Системи автоматизованого проектування конструкторської документації дозволяють створити математичну модель виробу та імітувати його роботу. Ці системи використовують при проектуванні технологічного оснащення. За допомогою систем інженерних розрахунків розраховують характеристики міцності виробу.

Метою викладання дисципліни «Інформаційні технології в виробництві» є ознайомлення здобувачів з методами формалізації процесу проектування, способами використання інформаційних технологій для автоматизації проектних і конструкторських робіт. Курс дає розроблювачеві САПР, що не є фахівцем у конкретній області інженерної діяльності, необхідний мінімум знань, що забезпечує можливість спілкування з фахівцями, використовуючи САПР, формулювати постановку завдань і розробляти САПР як цілісну інформаційну систему.

Обов'язковою складовою частиною підготовки здобувачів за курсом «Інформаційні технології в виробництві» є виконання індивідуальних завдань, що сприяють закріпленню знань, отриманих при вивченні відповідних розділів курсу та інших загальноінженерних дисциплін.

У даних вказівках представлені методичні рекомендації щодо виконання завдання для самостійної роботи здобувачів з дисципліни ІТВ та приклад його розв'язання.

# 1 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

## 1.1 Загальні вказівки до виконання роботи

Найважливішою складовою частиною вивчення дисципліни є формування навичок вирішення практичних завдань, пов'язаних з автоматизацією створення проектно-конструкторської документації.

Виконання розроблених завдань дозволить закріпити засвоєння теоретичної частини дисципліни та систематизувати отримані знання; сформувані вміння та навички самостійної розумової праці та буде сприяти розвитку самостійного мислення.

Система автоматизованого проектування призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування. Оскільки завдання автоматизованого проектування дуже складні, то, як правило, САПР є спеціалізовані системи, що створюються для вирішення вузьких завдань однієї галузі.

Однією з головних переваг Inventor CAM є його безшовна інтеграція з Autodesk Inventor. Це дозволяє інженерам безпосередньо використовувати 3D-моделі, створені в Inventor, для генерації програм ЧПК без необхідності експортувати дані в інші програми. В результаті знайомства з сучасними методиками комп'ютерного проектування здобувачі повинні

знати:

- основи інженерного проектування;
- основні задачі, методи, моделі і алгоритми автоматизації конструкторського і технологічного проектування;
- особливості використання САПР при проектуванні виробів в машинобудуванні;

вміти:

- виконувати налаштування операцій обробки, включаючи робочу систему координат (WCS), геометрію заготовки, пристосування та поверхні обробки;
- здійснювати вибір режимів різання для інструментів;
- виконувати створення та налаштування траєкторій;
- виконувати розрахунок і симуляцію траєкторій руху інструмента;
- виконувати постобробку для будь-якої окремої траєкторії або будь-якої комбінації траєкторій.

-

## 1.2 Вимоги до оформлення самостійного завдання

Сформувати архів з деталлю у форматі *itp* з метричною системою одиниць вимірювання та звіт з результатами створеного інструмента та його налаштуваннями. В назві архіву вказати ПІБ та номер групи. Архів завантажити у звіт з практичного завдання на освітньому порталі.

## 2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Autodesk Inventor CAM є потужним інтегрованим рішенням для комп'ютерного моделювання та програмування верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК). Однією з ключових функцій САМ-модуля є можливість 2,5-осьового фрезерування, що дозволяє обробляти просторові деталі за допомогою інструментів на верстатах ЧПК. Основні поняття для розуміння виконання 2,5-осьового фрезерування в Inventor CAM:

**Типи операцій: Milling, Turning, тощо.** У САМ-системах, включаючи Inventor CAM, існує кілька основних типів обробки. Для 2,5-осьового фрезерування використовується тип операції *Milling*. Ця операція передбачає зняття матеріалу за допомогою обертого ріжучого інструменту (фрези), що рухається в площині X-Y з можливістю контролю глибини по осі Z. Крім фрезерування, Inventor CAM підтримує й інші типи обробки, такі як *Turning* (точіння) для обробки деталей обертання, а також спеціалізовані операції, як-от свердління, розточування тощо.

**Stock (заготовка).** *Stock* означає початкову заготовку, з якої виготовляється кінцева деталь. У Inventor CAM заготовка може бути задана як прямокутний блок, циліндр, або навіть у формі імпортованої моделі. Розуміння початкової геометрії заготовки є важливим, оскільки це впливає на стратегію обробки та кількість матеріалу, який необхідно зняти.

**Model origin (базова точка моделі).** *Model origin* — це вихідна точка координат, яка визначає положення моделі у тривимірному просторі. У САМ-системі вона слугує відправною точкою для визначення траєкторій руху інструменту. Правильне налаштування базової точки моделі є важливим для забезпечення точності обробки, особливо у випадках, коли використовується декілька програм на одному верстаті.

**WCS (система координат верстата).** *WCS* (Work Coordinate System) — це система координат, яка визначає положення деталі на

робочому столі верстата. Вона може відрізнятись від системи координат моделі. Важливим етапом підготовки є коректне налаштування WCS, щоб верстат розумів, де знаходиться заготовка відносно його власних осей X, Y і Z.

**Toothpath (траєкторія ріжучого інструменту).** *Toothpath* визначає шлях, яким рухається ріжучий інструмент під час обробки. У 2,5-осьовому фрезеруванні траєкторії можуть бути лінійними, криволінійними чи комбінованими. Inventor CAM надає різноманітні стратегії формування траєкторій, такі як контурне фрезерування, вирізання кишень, фрезерування по гранях тощо. Від якості створення траєкторій залежить не тільки точність обробки, але й продуктивність виробництва.

**Simulation (симуляція).** Перед запуском програми на верстаті важливо провести *Simulation*, тобто віртуальну перевірку траєкторій. Симуляція дозволяє виявити потенційні помилки, як-от зіткнення інструменту з заготовкою чи неправильні налаштування глибини різання. Цей етап допомагає зменшити ризик пошкодження як деталей, так і обладнання.

### **Процес налаштування 2,5-осьового фрезерування**

**Створення моделі деталі та заготовки.** Початковим етапом є імпорт 3D-моделі або створення її безпосередньо в Inventor. Потім задається форма та розміри заготовки (*Stock*).

**Налаштування системи координат (WCS).** На основі конструктивних вимог визначається базова точка обробки та орієнтація заготовки на верстаті. Це дозволяє правильно зіставити модель з робочою зоною верстата.

**Вибір стратегії фрезерування.** Залежно від особливостей деталі вибираються відповідні операції (*Milling*) та стратегії обробки, наприклад, вирізання контуру, обробка кишень або свердління.

**Створення траєкторій (Toothpath).** Інструментом САМ-системи задаються параметри траєкторії: початкова та кінцева точки, швидкість різання, крок між проходами та глибина різання.

**Перевірка траєкторій за допомогою симуляції.** Перед створенням кінцевого G-коду для верстата виконується *Simulation*, яка дозволяє оцінити коректність налаштувань та виявити можливі помилки.

## 3 СТОВРЕННЯ ФРЕЗЕРНОЇ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

### 3.1 Створення нового установка

Для створення установку необхідно визначитись із габаритами заготовки, її положенням (прив'язці на верстаті). Для ливарних деталей у якості заготовок обирають заздалегідь створену 3d модель. Для обрання моделі заготовки необхідно щоб в проєкті деталі було два тіла: висвітлене тіло заготовки і сховане тіло обробленої деталі. Після виконання налаштування установку заготовку необхідно сховати, а деталь показати (рис. 1).

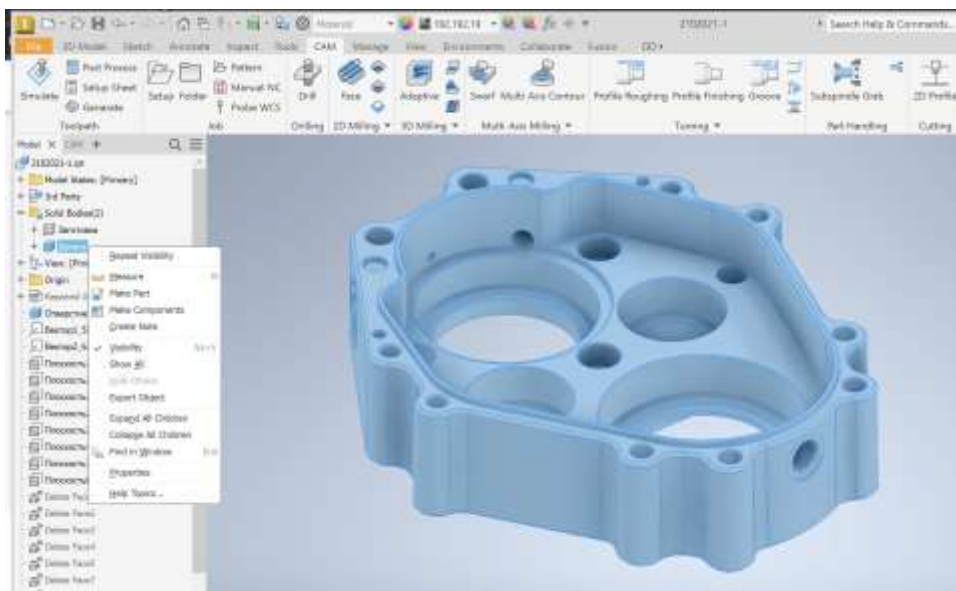


Рис. 1. Модель деталі та заготовки в одному проєкті

На вкладці CAM Натиснути команду **Setup**.

Вибрати тип операції **Milling** (рис. 2). Перейти на вкладку Stock. Вказати **Stock mode from solid** та обрати тіло заготовки (рис. 3). Встановити потрібну WCS орієнтацію відповідно до верстата для моделі - **Select Z axis/plane & Y axis** і вибрати точку прив'язці на верстаті **Model origin** (рис. 4).

Перехід до вкладки **Post Process** (постобробка). Можна задати ім'я програми, коментар. Наприклад, **Setup 1** і задати зміщення системи координат. Або ноль або одиницю і постпроцесор буде використовувати 54 систему координат верстата .



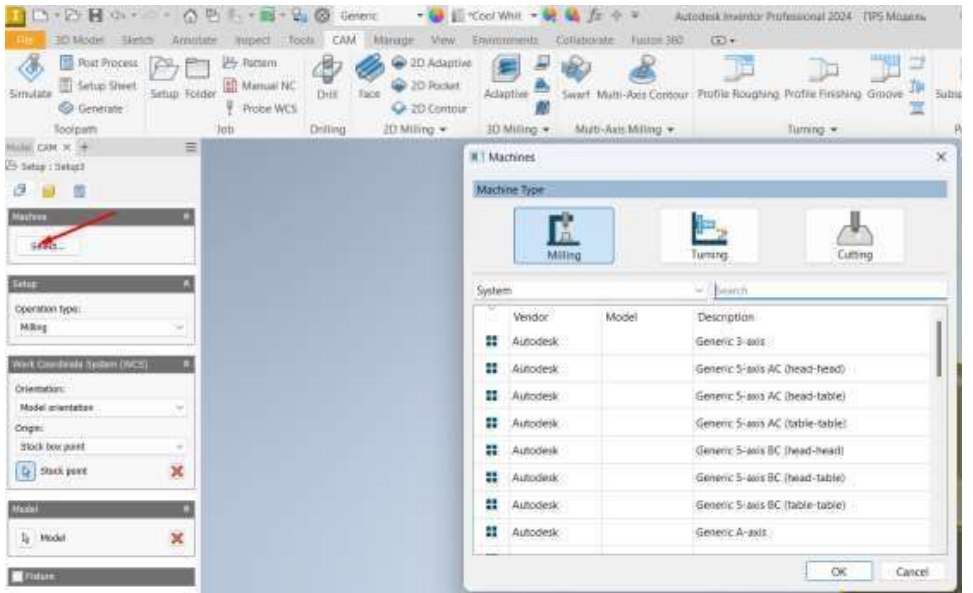


Рис. 2. Вибір типу операції

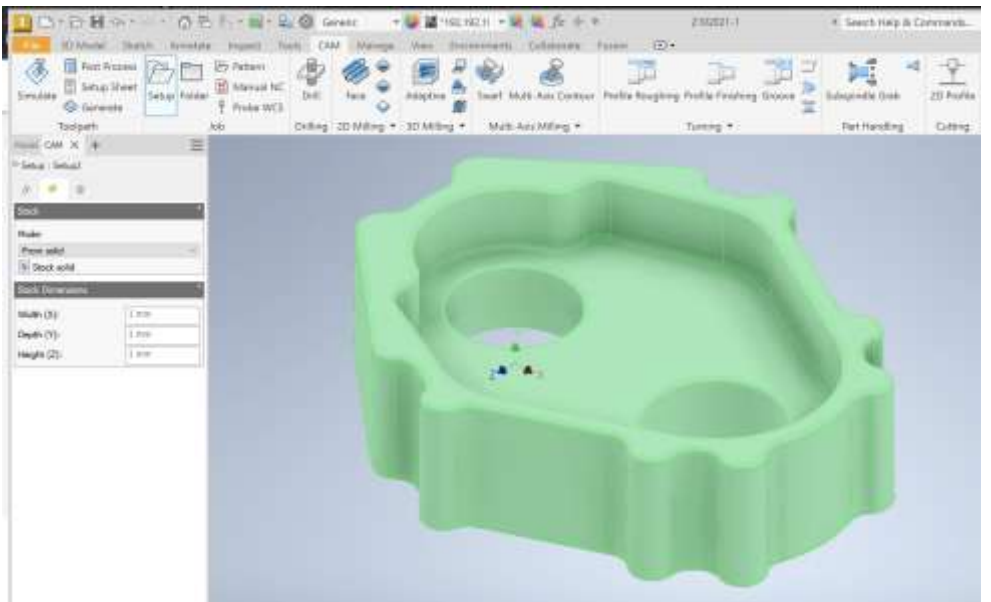


Рис. 3. Вказання моделі заготовки

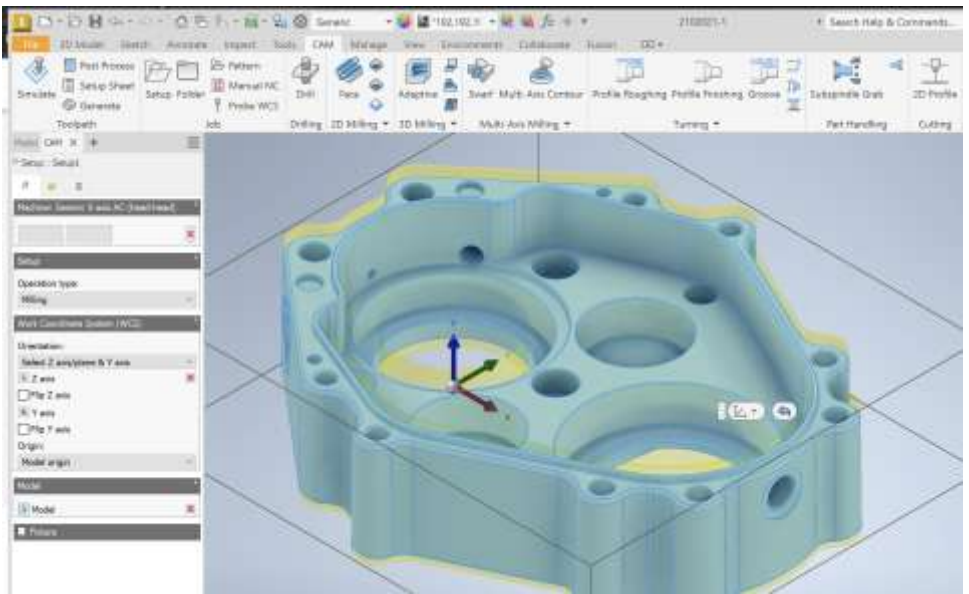


Рис. 4. Вказання точки прив'язки заготовки

### 3.2 Створення траєкторій (підбір інструментів та режимів різання)

Вибрати **Face** (торець), вибрати необхідний інструмент з бібліотеки. Вибрати **By Type** (по типу), **Face Mill** (торцева фреза) необхідного діаметра (рис. 5, 6).

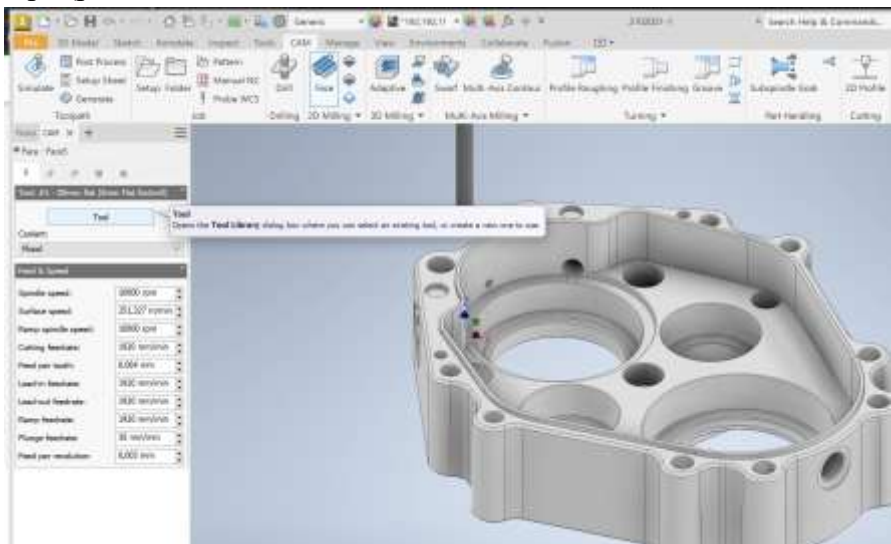


Рис. 5. Створення операції фрезерування

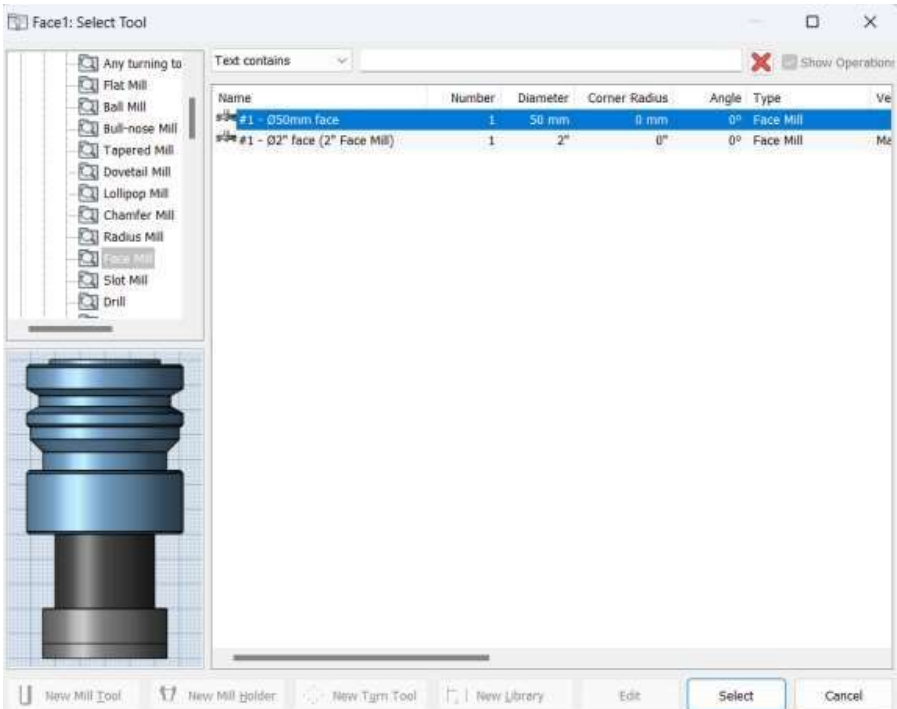


Рис. 6. Вибір фрези

Після вибору інструмента вибираємо режими різання (рис. 7), необхідну **Coolant** (охолоджувальну рідину).

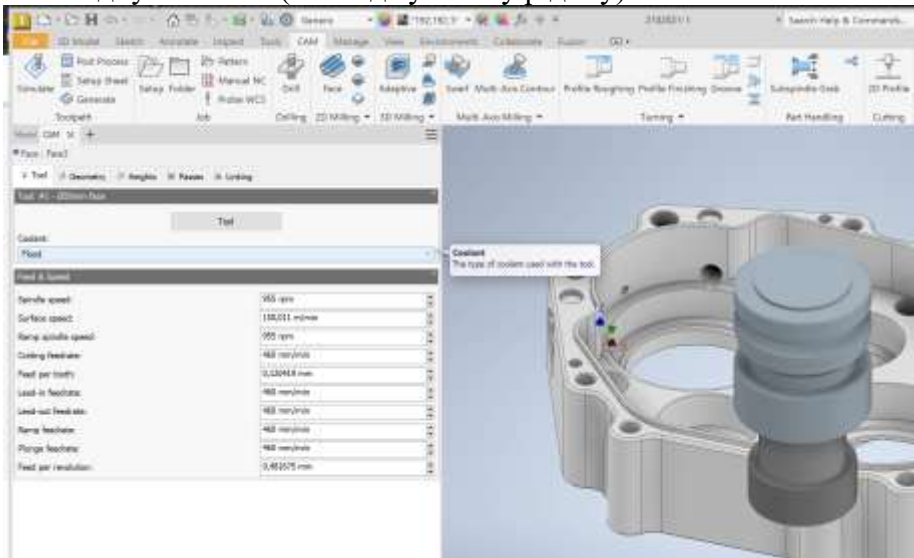


Рис. 7. Завдання режимів різання

Задаємо границю заготовки (рис. 8).

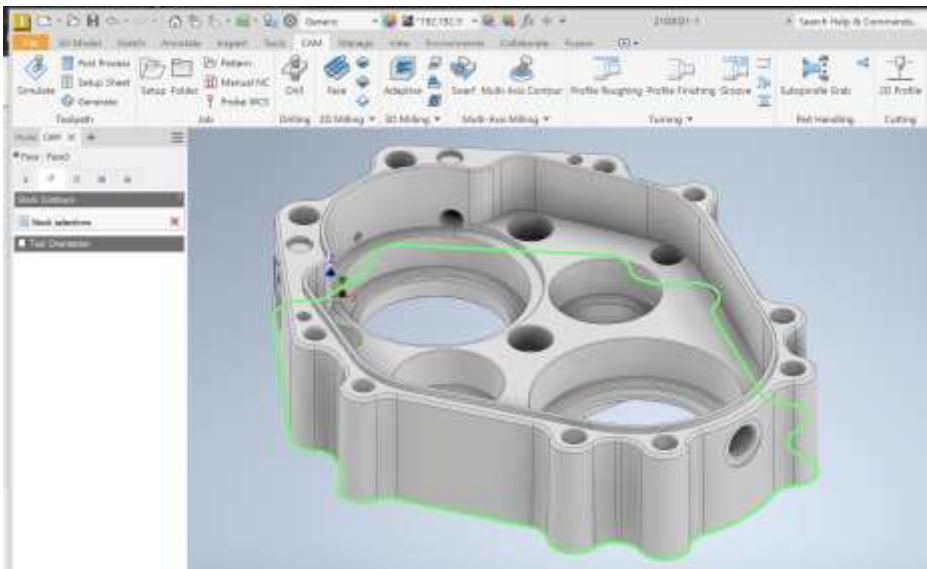


Рис. 8. Границі заготовки

Вкладка висоти. Встановлення декількох висот.

Висота зазору, з якої буде починатися операція. Наступна висота - це висотавідведення, висота подачі.

Висота відведення - це та висота, на яку буде переходити фреза після кожного різі, та висота подачі - це та висота, з якої буде здійснюватися зміна режиму холостого ходу на режим руху по подачі.

Висота зверху визначає висоту нашої заготовки та висота знизу визначає висоту нашої моделі - це нижня межа нашого різі.

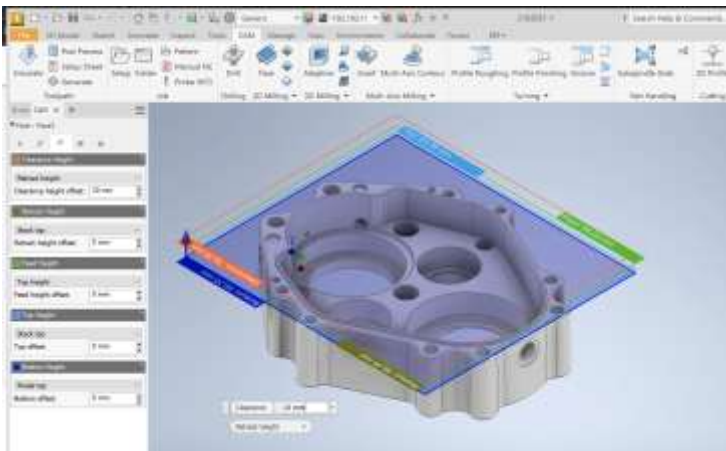


Рис. 9. Вкладка Висоти

Вкладка Проходи. Тут ми повинні задати деякі параметри. Якщо попередні параметри практично ідентичні для всіх операцій, то вкладка налаштування самої траєкторії для всіх операцій відповідно відрізняється. Потрібно вибрати напрямок проходу. Його можемо вказати в градусах, якщо у нас спочатку стоїть нуль градусів - цей рух вздовж осі X. В даному випадку нас це влаштовує; якщо ми хочемо розгорнути, ми повинні поставити, наприклад, 90°.

Продовження проходів відповідає за продовження нашої траєкторії в межах нашого напрямку приходу, також ми можемо задати зміщення заготовки, тобто це зміщення нашої рамки у всіх вимірах. Дано невеликий зсув, рівний 7, і також можемо вибрати і ширину різь.

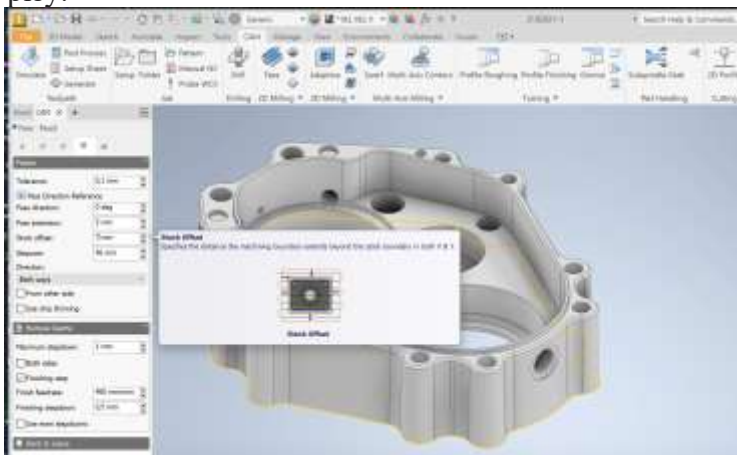


Рис. 10. Вкладка Проходи

Можемо використовувати витончення стружки, тобто фреза буде врізатись не прямо, а по невеликій дузі. Можемо вибрати напрямок - в обох напрямках або в один бік.

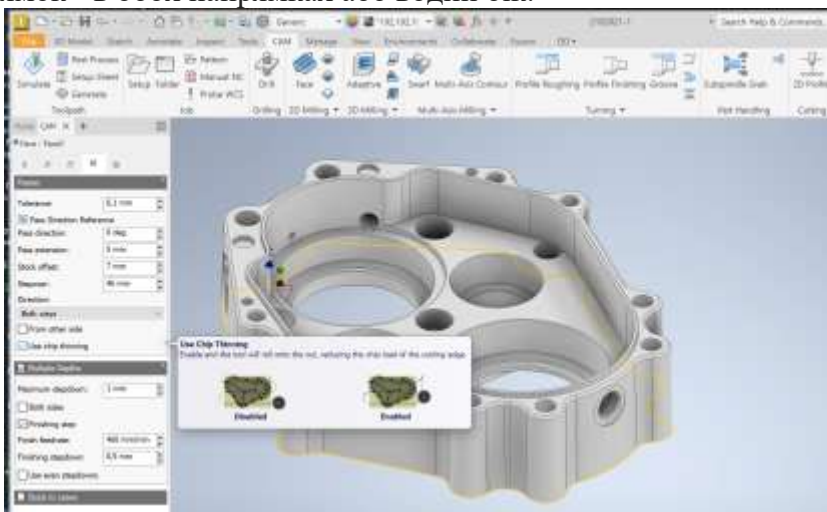


Рис. 11. Використання витончення стружки

Ми можемо задати кілька глибин, якщо це нам необхідно, і також можемо використати чистовий крок. Зменшимо чистовий крок, щоб отримати кращу чистоту поверхонь, також ми можемо змінити чистову подачу на нижчу.

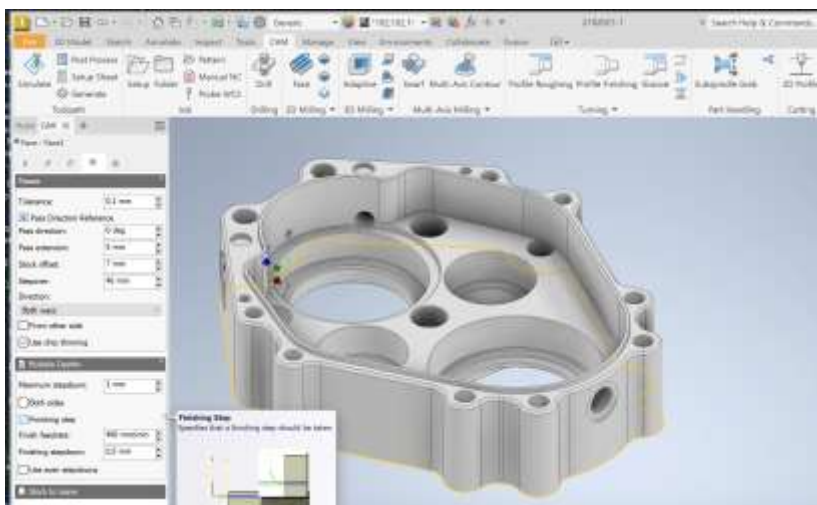


Рис. 12. Завдання параметрів обробки

У вкладці Зв'язки ми можемо дозволити деякі параметри для нашого інструменту, це дозволить швидке відведення, не піднімати інструмент при переходах між однією та іншою траєкторією, що дуже зручно та економить час. Також ми можемо подовжити період відведення, щоб наша фреза повністю вийшла наших деталей.

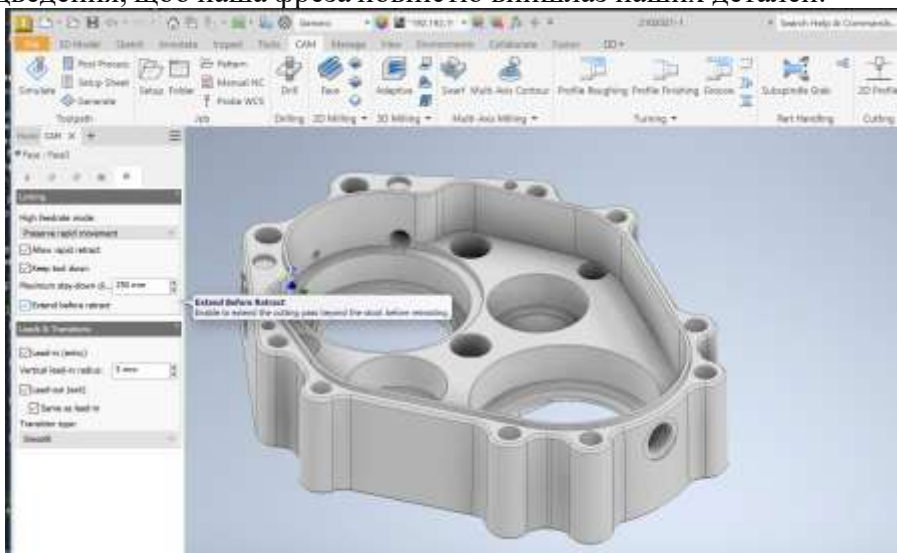


Рис. 13. Вкладка Зв'язки

Натискаємо ОК і бачимо нашу траєкторію.

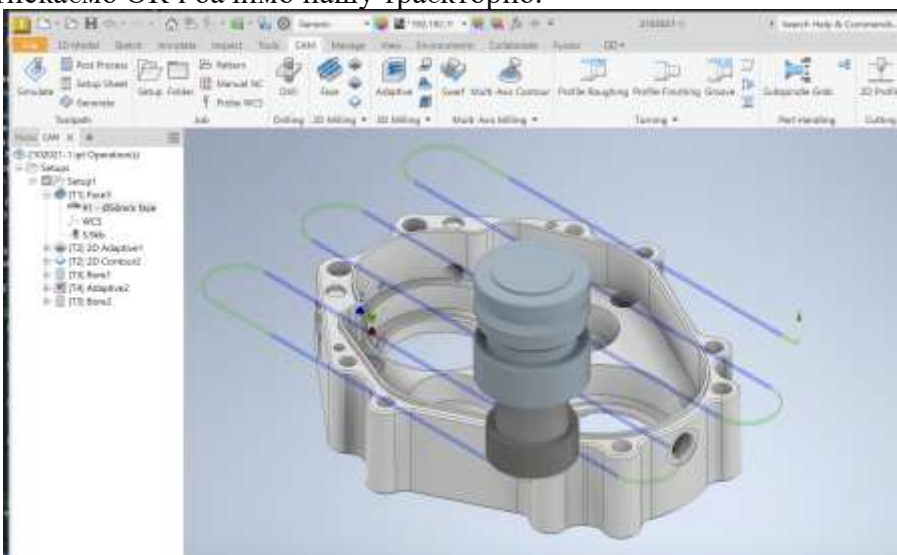


Рис. 14. Траєкторія обробки

Запускаємо симуляцію. Натискаємо правою кнопкою миші на операцію й вибираємо Simulate. Підключимо заготовку, поглянемо, як відбувається процес фрезерування (рис. 15).

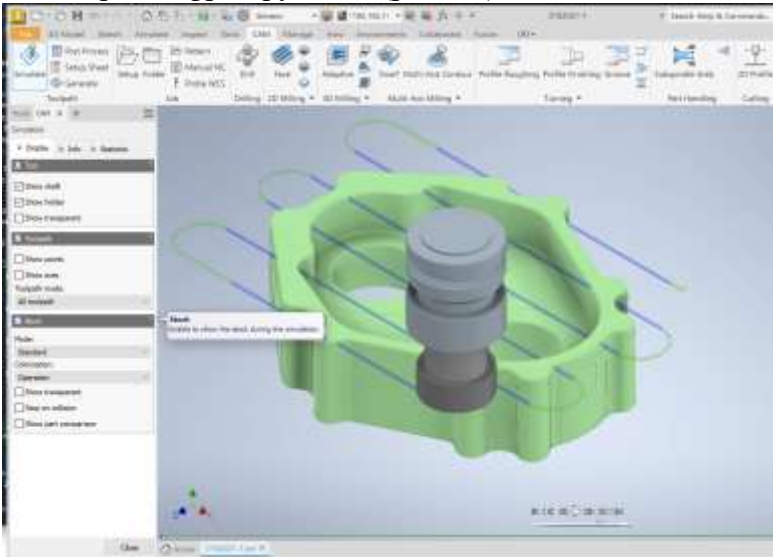
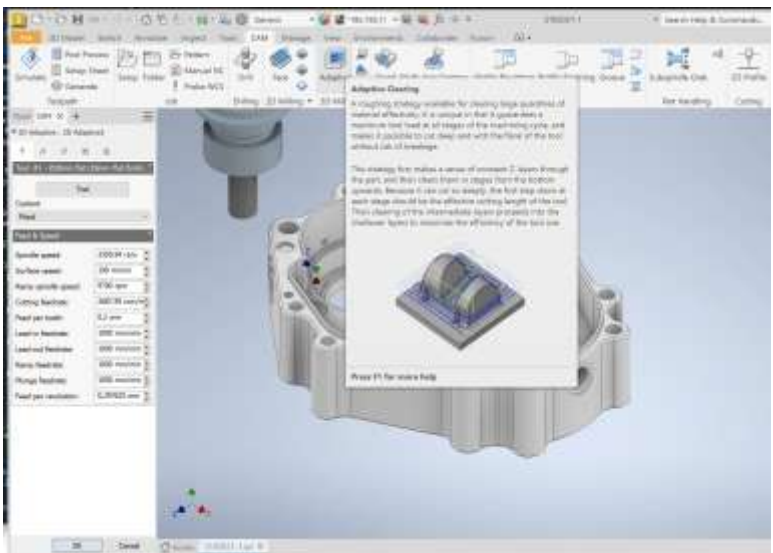


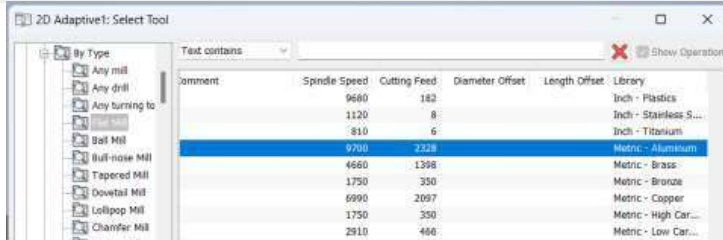
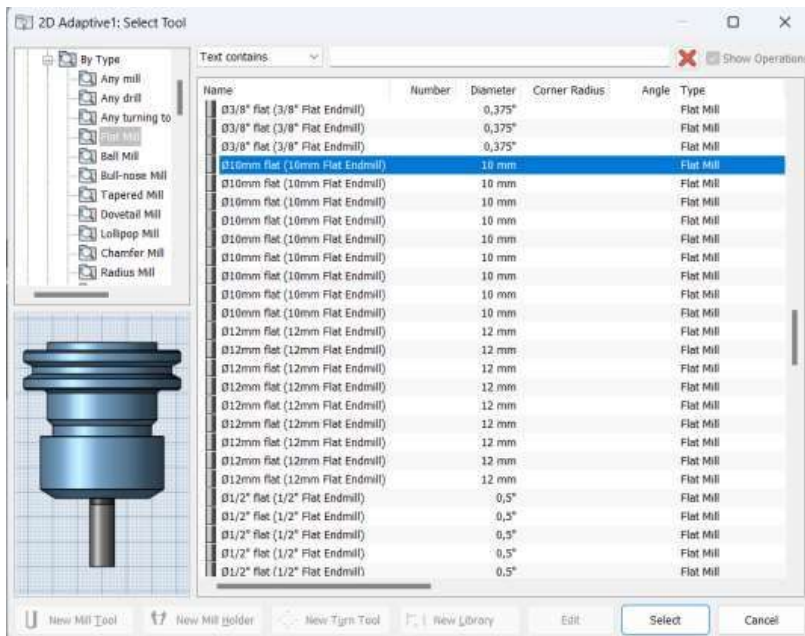
Рис. 15. Симуляція процесу фрезерування

Після того, як створена операція торцювання, ми можемо обробити контур у нашій деталі. Для цього виберемо операцію 2D-адаптивної вибірки, виберемовідповідний інструмент.

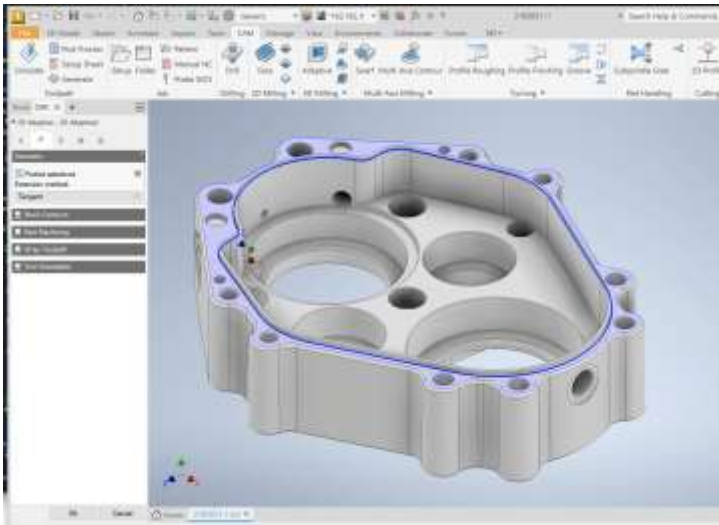




Наприклад, це буде фреза з плоским торцем з діаметром 18 мм. Припустимо, що у нас деталь з алюмінію і відповідно виберемо інструмент із бібліотеки.



Спочатку ми повинні вибрати геометрію, тобто це буде геометрія нашого нижнього контуру. Тут ми бачимо, як у нас підсвітилась та область, яка буде оброблена.

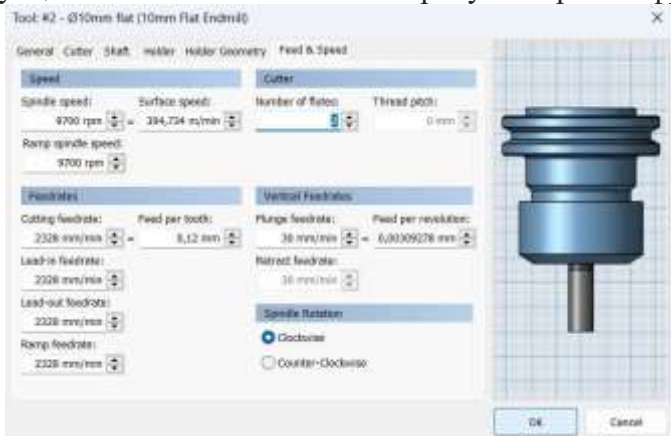


Вкладка Проходи. Задати радіальний і осьовий припуски, залишимо тільки радіальний припуск 0,1 мм. Потрібно встановити оптимальне навантаження інструменту, тобто крок по ширині інструмента.

Різання йде уступом. Наша глибина різа більше, ніж діаметр фрези, потрібновизначити ширину різа. Тобто діаметр фрези потрібно помножити на 0,1. Цей параметр потрібно задати в оптимальне навантаження 1 мм.

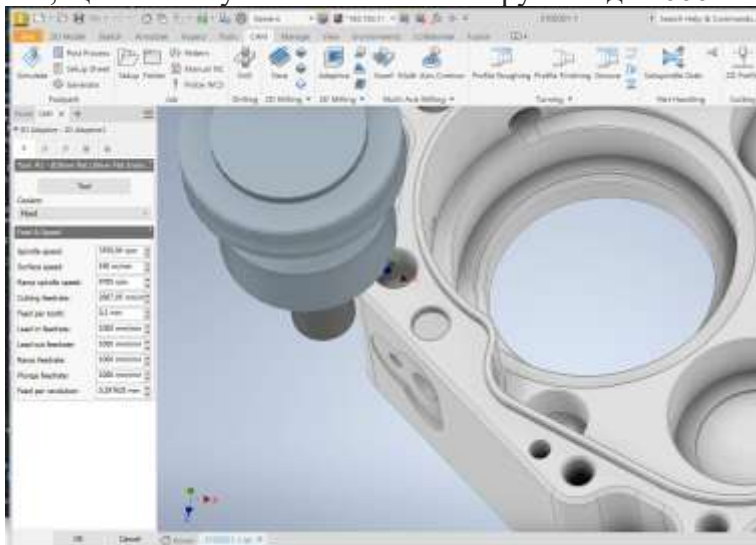
Режими різання: швидкість різання 190 м/хв., подача на зуб 0,26.

Важливо переконатися, що кількість зубів нашої фрези ідентично тому що в каталозі тобто кількість ріжучих кромок фрези 2.



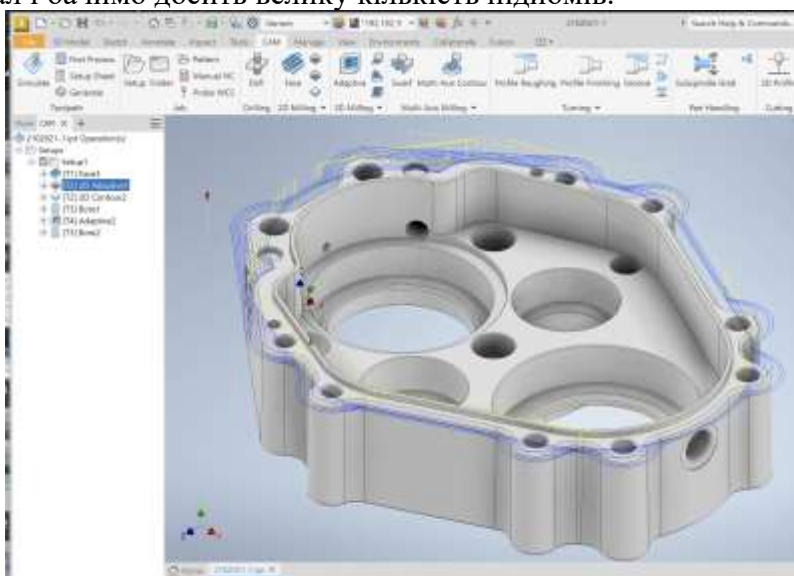
В каталогах режими каталожні вказані для роботи ріжучого

інструменту з розрахунку приблизно на 20 хвилин, то можна трохи знизити подачу на зуб до 0,2. Змінимо подачу підведення й відведення, щоб також убезпечити наш інструмент до 1000 мм/хв.

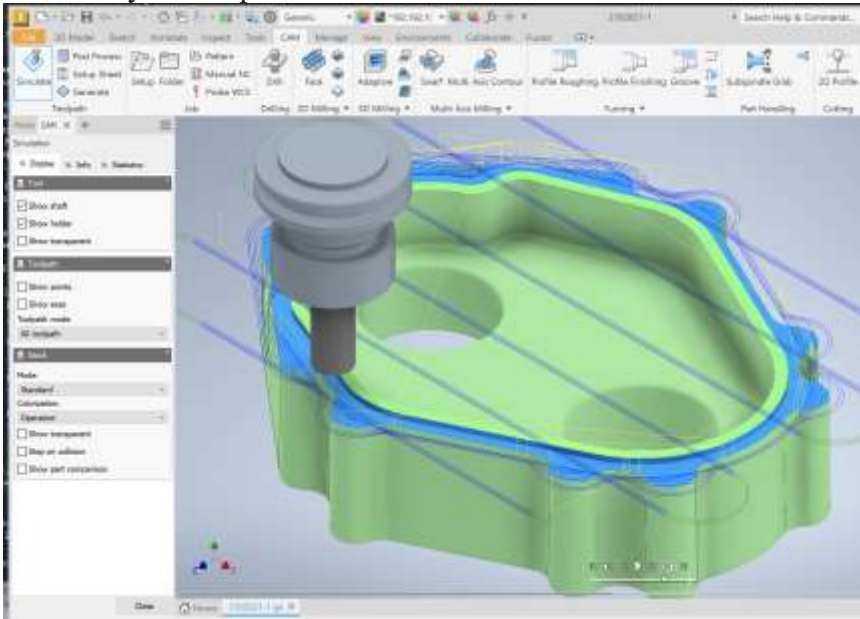


Параметри вкладок переходу і зв'язування залишимо без змін. Натискаємо ОК.

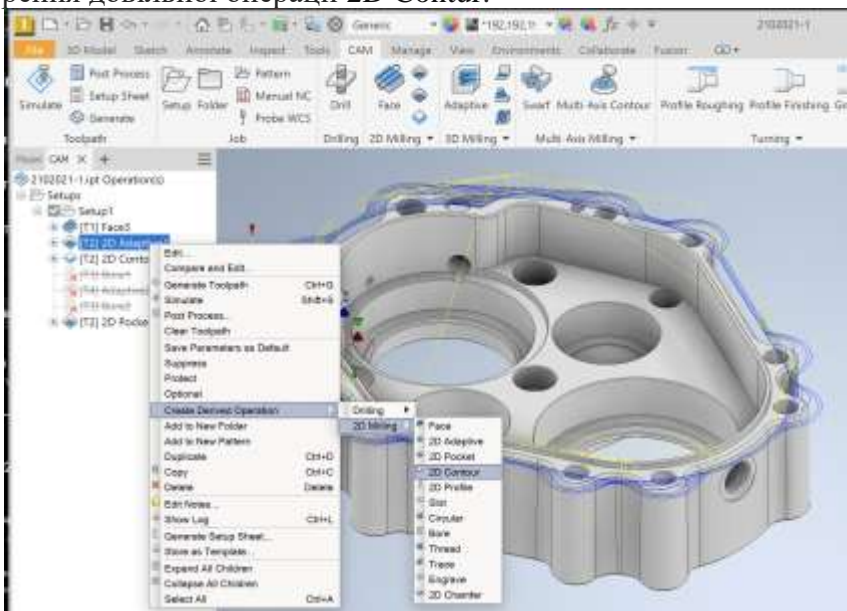
Виділивши операцію 2D Adaptive, бачимо як траєкторія буде видаляти матеріал і бачимо досить велику кількість підйомів.



Вмикаємо симуляцію, виділивши дві траєкторії щоб врахувати результат минулої операції.



Після того, як ми зробили чорнову вибірку, ми можемо на базі цієї ж операції зробити чистовий прохід. Для цього виберемо створення довільної операції 2D Contour.



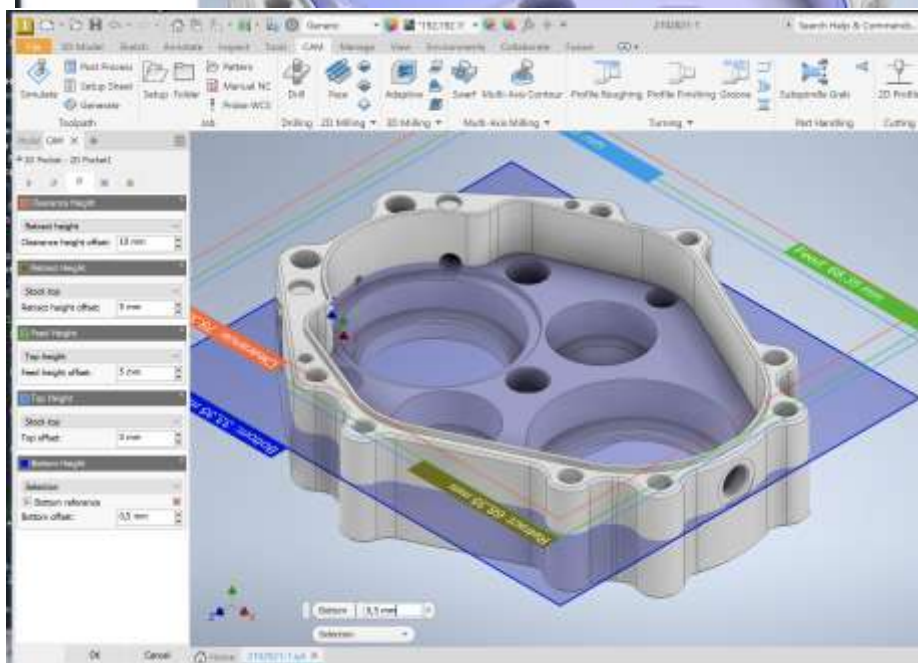
Спадкувалися всі параметри від наші попередні операції, тобто спадкувався контур, режими, висоти, що дуже зручно.

У вкладці проходи виберемо тип компенсації in control (у стойці) для того, щоб можна було регулювати наші розміри безпосередньо у самій стойці ЧПК і ми можемо вибрати деякі параметри, наприклад зробити гострі кути, якщо у нас є гострі кути.

Безліч чистових проходів можна зробити з певним невеликим кроком, можемо повторити чистовий прохід по тому ж самому розміру і також можемо задати чистове перекриття для того, щоб не залишилось у нас якихось недорізаних слідів.

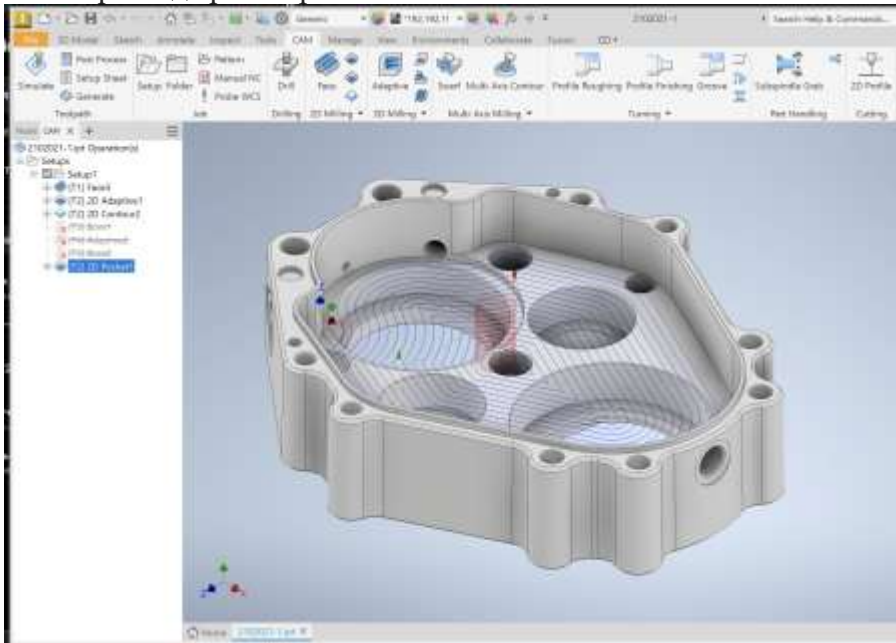
По закінченні із зовнішнім контуром ми можемо приступити до внутрішніх. Для того, щоб вибрати ці кармани, ми можемо використовувати дві стратегії. Перша стратегія - це 2D Pocket, а друга стратегія - це вже відомий нам 2D-Adaptiveобробка.

2D Pocket. Інструмент береться попередній.

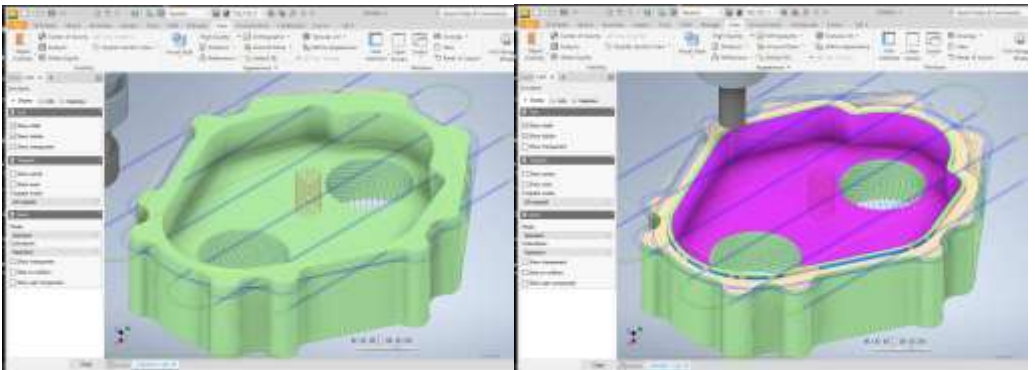


Дана фреза нас влаштовує. Як геометрію виберемо верхній контур кармана. Нижню висоту вкажемо на відстані 0,5 мм від обраної грані. Прибираємо припуск, зробимо максимальний крок 4 мм. Натискаємо ОК.

## Перегляд траекторії.



## Результат виконання



## Контрольні питання

1. Створення стратегії 2D Pocket.
2. Створення стратегії 2D-Adaptive.
3. Як вибрати інструмент для обробки 2D Pocket?
4. Як задати розміри фрези для 2D-Adaptive обробки?