

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«Донецький національний технічний університет»
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

з курсу: «Верстати з ЧПУ та програмування верстатів з ЧПУ»
(для спеціальності 131 Прикладна механіка)

Покровськ 2021

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу: «Верстати з ЧПУ та програмування верстатів з ЧПУ» (для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка») / Укладач: О.В.Мірошніченко – 107 с.

Розглянуті особливості програмування токарних, свердлильних та фрезерних операцій згідно з кодом ISO-7bit; розглянуті значення управляючих символів та знаків, значення підготовчих функцій та технологічних команд. Детально викладені особливості програмування токарних та фрезерних верстатів. Розглянуто приклади програмування управляючих програм.

Укладач: Мірошніченко О.В., доц., к.т.н., доцент кафедри прикладної механіки

Рецензент: Вовна О.В., проф., д.т.н., завідувач кафедри електронної техніки

Відповідальний за випуск: С.О. Вірич, зав. кафедри прикладної механіки

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № 5 від 28.12.2020 р.

Розглянуто на засіданні кафедри ПМ,
Протокол №5 від 22.12.2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Практична робота 1. Дослідження функціональних можливостей токарних верстатів з ЧПУ в програмному середовищі CNC SIMULATOR	65
Практична робота 2. Дослідження стандартних токарних циклів FANUC	43
2.1 Цикл поздовжньої чорнової обробки G90	44
2.2 Цикл торцевої чорнової обробки G94	50
2.3 Цикл нарізання різьби G92	51
2.4 Цикл чорнової поздовжньої контурної обробки G71	52
2.5 Цикл чорнової поперечної контурної обробки G72	53
2.6 Цикл контурної обробки G73	54
2.7 Цикл чистової контурної обробки G70	56
2.8 Цикл автоматичної обробки канавок G75	57
2.9 Цикл автоматичного нарізання різьби G76	58
2.9.1 Опис циклу G76 (перший рядок)	61
2.9.2 Опис циклу G76 (другий рядок)	64
Практична робота 3. Програмування фрезерної обробки в системі ЧПУ 2C42	67
3.1 Вибір діаметра фрези	67
3.2 Вибір довжини фрези	68
3.3 Розробка розрахунково-технологічної карти	69
3.4 Призначення системи ЧПУ 2C42	70
3.5 Структура управляючої програми	71
3.6 Структура кадру	72
3.7 Допоміжні функції	73
3.8 Програмування режимів обробки	75
3.8.1 Програмування швидкості обертання шпинделя	75
3.8.2 Програмування величини подачі	75
3.9 Підготовчі функції	76
3.9.1 Вибір системи координат (G 90 і G 91)	78
3.9.2 Не скоординовані переміщення (G00)	78
3.9.3 Вихід у позицію зміни інструмента (G28)	79
3.10 Програмування переміщень	80
3.10.1 Лінійна інтерполяція (G01)	80
3.10.2 Кругова інтерполяція (G02 і G03)	81
3.10.3 Обхід кутів G36-G38, G30	83
3.10.3 Вихід на еквідистанту і завдання корекції на радіус інструмента (G64-G66, G41 і G42)	84

3.11 Програмування повторюваних ділянок програми	86
3.12 Приклад написання керуючої програми	87
Практична робота 4. Програмування свердлильної обробки в системі ЧПУ Mach3	90
4.1 Загальні відомості про операцію свердління	90
4.2 Відомості про програмування обробки отворів в Mach3	92
4.3 Стандартні цикли свердління	92
4.4 Написання управляючої програми для свердління отворів	94
4.5 Установка нульової точки на верстаті з ЧПУ	96
Практична робота 5. Програмування фрезерно-свердлильної обробки в САМ-системі ArtCAM	98
5.1 Перше знайомство з САМ-системами: CAD/CAM–система ArtCAM	98
5.2 Проектування заготовки та операції свердління за допомогою інструментів ArtCAM	98
5.3 Проектування операції фрезерування	103
Список рекомендованої літератури	106

ВСТУП

Сучасний розвиток машинобудування безпосередньо пов'язаний з ефективним використанням роботизованих технологічних комплексів та верстатів з ЧПУ. Технічна документація, що додається до обладнання, не знайшла широкого поширення і доступна вузькому колу фахівців. Метою цього видання є надання студентам необхідних початкових знань у галузі програмування верстатних комплексів, порядку розробки управляючих програми для верстатів токарної та фрезерної груп.

В методичних вказівках викладені загальні правила кодування інформації управляючих програм згідно з кодом ISO-7bit; подані значення управляючих символів та знаків, значення підготовчих функцій та технологічних команд. Детально викладені особливості програмування токарних та фрезерних верстатів. Розглянуто приклади програмування управляючих програм. Розглянуто порядок поетапної розробки управляючої програми — від аналізу креслення деталі, яку необхідно обробити на верстаті, до розрахунку розмірів заготовки та проміжних розмірів, розрахунку режимів різання, побудови траєкторії переміщення різального інструмента та нормування операції.

Методичні вказівки можуть бути корисними для студентів усіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» та програмістів верстатів з ЧПУ.

Практична робота 1.

Дослідження функціональних можливостей токарних верстатів з ЧПУ в програмному середовищі CNC SIMULATOR

Мета роботи: «Дослідити особливості програмного налаштування токарного верстату з числовим програмним управлінням (ЧПУ) в програмному середовищі «CNC SIMULATOR»

Хід роботи

- 1) Навчитися запускати симулятор «CNC SIMULATOR» та ЧПУ систему Fanuc OiT. Навчитися працювати з інтерфейсом програми «CNC SIMULATOR» та пультом ЧПУ Fanuc OiT.
- 2) Опанувати особливості написання коду програми в системі Fanuc OiT, використовуючи програму «CNC SIMULATOR».
- 3) Навчитися запускати систему ЧПУ Fanuc OiT. Навчитися встановлювати заготовки та ріжучий інструмент для подальшої роботи.
- 4) Навчитися встановлювати систему координат майбутньої деталі в системі ЧПУ Fanuc OiT.
- 5) Навчитися вводити керуючу програму в систему Fanuc OiT, користуючись різними можливостями програми «CNC SIMULATOR». Навчитися запускати обробку деталі по приведеній програмі і контролювати розміри деталі.
- 6) Навести результати виконання практичної роботи у вигляді ескізу виготовленої деталі в середовищі «CNC SIMULATOR».
- 7) Оформити звіт по виконаній роботі.
- 8) Зробити висновки по роботі.

Для початку роботи необхідно запустити програму «CNC SIMULATOR».

Після запуску програми потрапляємо в діалогове вікно вибору CNC системи і режиму роботи програми. В практичній роботі всі операції проводяться в CNC системі Fanuc Oi-T. Обираємо її та натискаємо клавішу «Пуск» (рис. 1.1). Всі інші параметри діалогового вікна залишаємо незмінними.

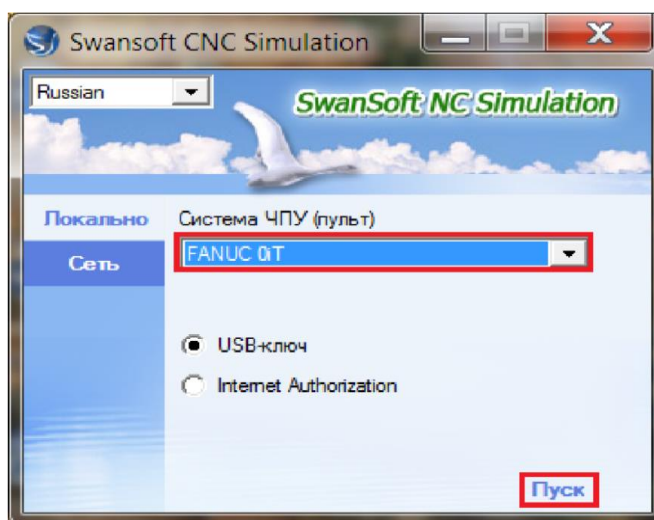


Рисунок 1.1 – Вікно вибору CNC системи

Далі потрапляємо в робоче вікно програми. На рис. 1.2 наведені основні елементи цього вікна.

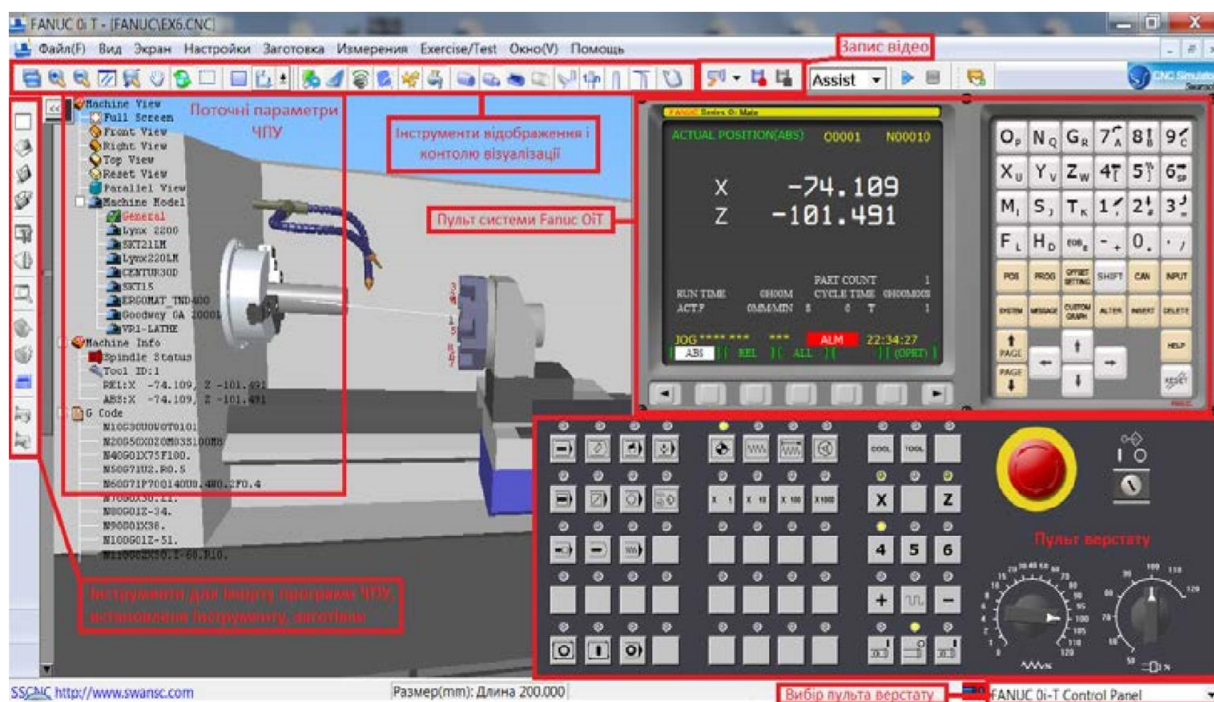


Рисунок 1.2 – Основні елементи вікна програми «CNC SIMULATOR»

Пульт ЧПУ Fanuc OiT складається з двох основних частин: дисплея, для відображення програми та елементів управління станком з розташованими під ним дисплейними клавішами, та клавіатури з набором клавіш для виклику системних меню введення програм, параметрів і т.д. Пульт зображено на рис.

1.3. Якщо розглянути його більш детально можна виділити такі основні блоки елементів керування і відображення інформації: 1 – координати розташування робочого інструменту, які відображаються в абсолютних або відносних координатах або ж у обох одразу; 2 – ім'я програми, яка зараз виконується або редагується; 3 – номер поточного кадру; 4 – системна інформація, така як частота обертання шпинделя, поточний інструмент, робоча подача, час обробки і т.д.; 5 – режим роботи ЧПУ; 6 – системні попередження, наприклад не зачинені дверцята робочої області чи затиснена кнопка екстреної зупинки; 7 – дисплейні клавіші, що відповідають команді, яка відображається над цією кнопкою на екрані, з лівої і правої сторони від дисплейних клавіш розташовані клавіші скролінгу вправо і вліво; 8 – блок клавіш переміщення між сторінками та кнопки переміщення курсору; 9 – клавіша перезапуску ЧПУ та виклику довідки; 10 – функціональні клавіші та клавіші управління введенням програми, детальніше про кожен з них:



- кнопка виводу на екран координат розташування різця (абсолютні, відносні або всі);



- на екран виводиться поточна програма обробки;



- на екран виводиться поточна програма обробки;



- режим для налаштування та діагностики верстату. Частіше всього використовується спеціалістами по ремонту верстатів;



- на екран виводиться повідомлення про помилки. При виникненні аварійної ситуації цей екран виводиться автоматично;



- режим графічного контролю (перегляду) УП;



- на деяких клавішах зображено 2 символа. При натисканні клавіші «Shift» вводиться 2 символ;

-  - заміна слова УП;
-  - стирання останнього введенного символу (аналог Backspace на ПК);
-  - вставка слова УП;
-  - використовується для введення буквено символної інформації в ЧПУ;
-  - видалення слова УП (не використовується при ручному вводі і редагуванні УП);

11 – цифрові клавіші і клавіші адресу, що використовуються для введення програми і параметрів верстата.

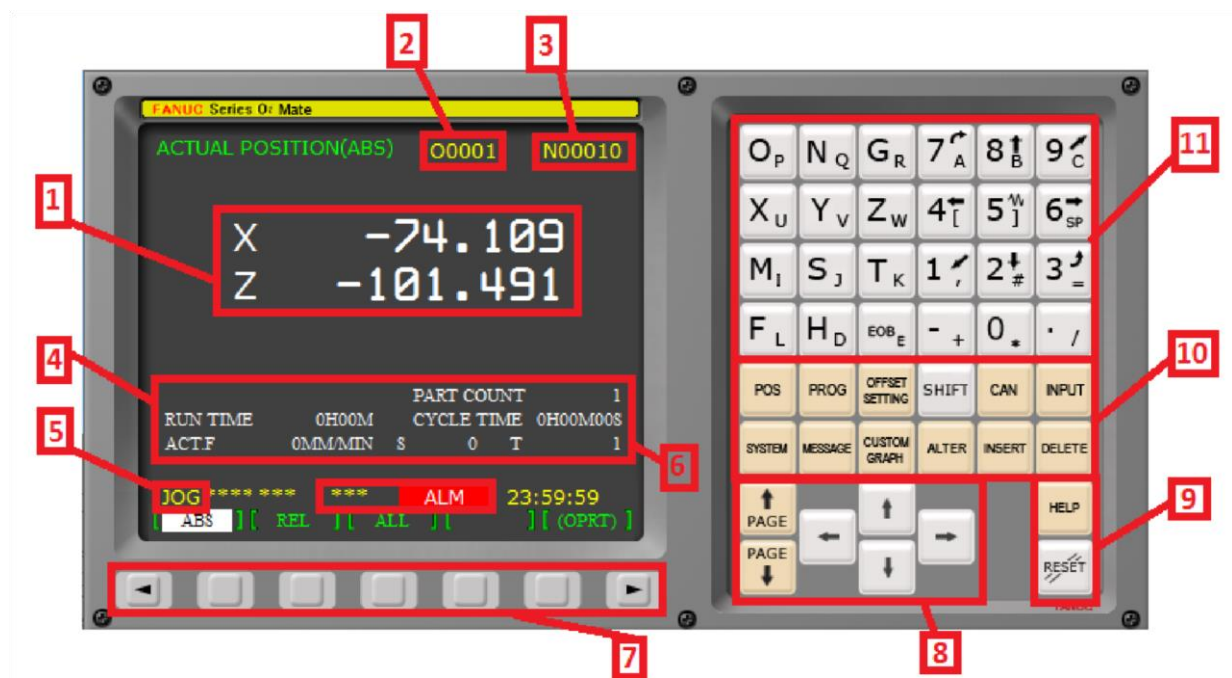


Рисунок 1.3 – Пульт системи Fanuc OiT

Пульт верстату в даній роботі приводиться в загальному вигляді для кожного верстата, в залежності від виробника і функцій верстата пульт може змінюватися. В нашому випадку вигляд пульта показаний на рис. 1.5. Серед основних блоків управління можна виділити наступні: 1 – кнопка аварійної зупинки приводів; 2 – ключ захисту редагування програми; 3 – перемикач ручної корекції подачі (0%120%); 4 – перемикач ручної корекції частоти обертання шпинделя (0%-120%); 5 – блок клавіш завдання режимів роботи, про них детальніше:

-  — **MEM**** **** **ALM** **00:24:46** режим «**MEM**» (також використовується ім'я «Auto»). Режим автоматичної роботи по вибраній УП;
-  — **EDIT**** **** **ALM** **00:30:11** режим «**EDIT**». В цьому режимі можна вводити УП з зовнішніх пристроїв, складати, редагувати та видаляти програми;
-  — **MDI**** **** **ALM** **00:33:50** режим «**MDI**». Використовується для виконання локальних команд;
-  — **RMT**** **** **ALM** **00:37:06** режим «**RTM**» виконання програми з зовнішньої пам'яті, наприклад з флешки;
-  — **REF**** **** **ALM** **00:40:57** режим «**REF**» (також використовується ім'я «HOME»). Вихід верстата в нуль. Обов'язкова процедура при ввімкненні верстата;
-  — **JOG**** **** **ALM** **00:44:29** режим «**JOG**». Ручне переміщення супорта при ввімкненій кнопці руху. Перед цим вибирається вісь руху і подача за допомогою перемикача ручної корекції;
-  — **INC**** **** **ALM** **00:47:23** режим «**INS**» (також використовується ім'я «JOG INC»). Режим дискретного ручного переміщення. Величина переміщення встановлюється за допомогою клавіш контролю величин дискретних переміщень по обраній осі;
-  — переміщення на 0,001 мм по обраній осі;
-  — переміщення на 0,010 мм по обраній осі;
-  — переміщення на 0,100 мм по обраній осі;
-  — переміщення на 1,000 мм по обраній осі;
-  — **HND**** **** **ALM** **11:16:27** режим «**HND**». Переміщення супорта станка за допомогою маховичка. Маховичок викликається кліканням  по іконці в вікні програми. На рис.1.4 показаний загальний вигляд. На ньому є елементи вибору вісі руху та дискретності переміщення, аналогічні на рис. 1.5.

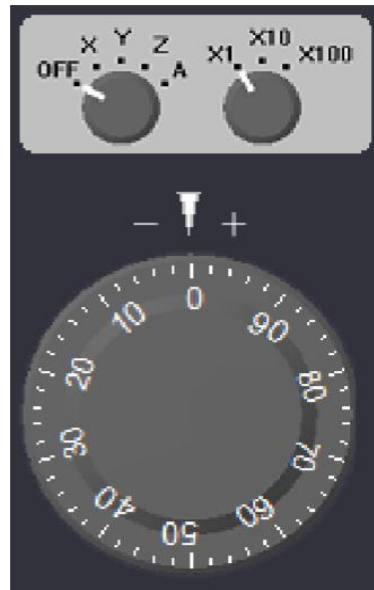


Рисунок 1.4 – Маховичок рушник переміщень в режимі «HND»

6 – клавіші вмикання подачі охолоджуючої рідини, та ручної заміни інструменту; 7 – клавіші режимів відпрацювання УП та режимів роботи шпинделя; 8 – клавіші пуску та зупинки відпрацювання програми в режимі «MEM»; 9 – клавіші вибору осей і переміщення. Тепер детальніше про них:

-  – вісь X;
-  – вісь Z;
-  – шпиндель;
-  – плюсовий напрямок переміщення;
-  – мінусовий напрямок переміщення;
-  – прискорене переміщення по осям в режимі «JOG».

Повторне її натискання відключає швидке переміщення.

10 – клавіші управління шпинделем. Детальніше про них:

-  – обертання шпинделя проти годинникової стрілки;
-  – зупинка шпинделя;
-  – обертання шпинделя за годинникової стрілкою.

11 – вибір кроку дискретного переміщення.

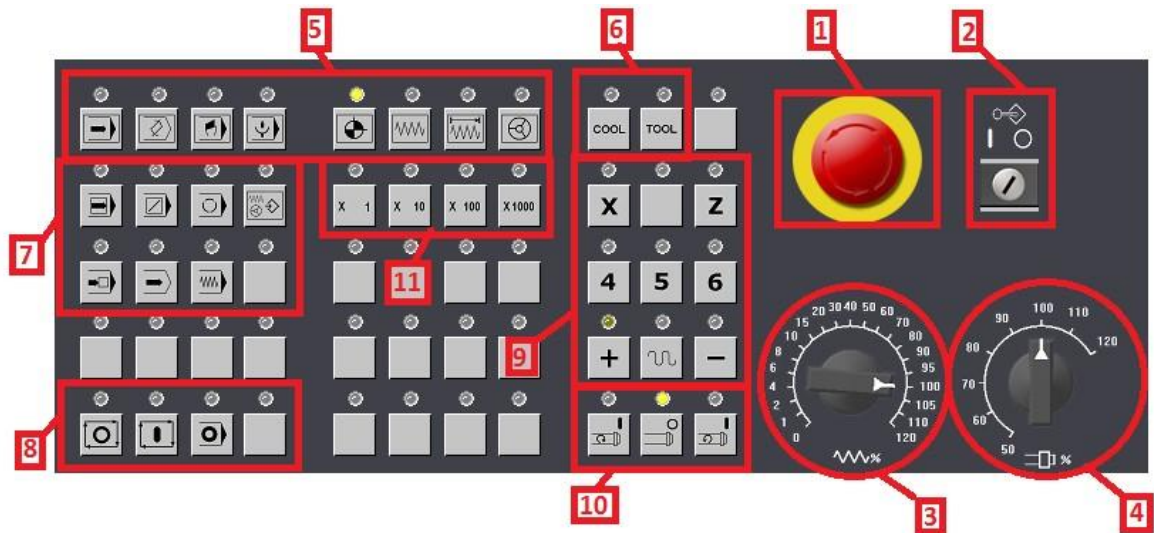


Рисунок 1.5 – Пульт верстату

Над кожною клавішею є невелика лампочка, яка сигналізує поточний режим роботи відповідної кнопки.

FANUC CORPORATION – Японська компанія, виробник ЧПУ і систем промислової автоматизації, а також промислових роботів. Назва компанії являє собою акронім від «Fuji Automation NUmerical Control» («Автоматизація технологічних процесів и числове управління компанії Fuji»).

Серія систем Fanuc Oi є однією з провідних розробок в системах програмного управління для верстатів з ЧПУ компанії FANUC CORPORATION. Ми будемо працювати на токарній версії Fanuc.

Система Fanuc OiT є універсальним і дуже гнучким елементом для роботи.

Знаючи принцип роботи в ній, можна без проблем освоїти системи ЧПУ такі як Fanuc OiD, Fanuc 18iT, Fanuc 21iT. Так як в системі застосовуються коди управління затверджені міжнародними стандартами, то вміючи працювати в ній можна також без проблем освоїти ЧПУ систем інших виробників SINUMERIK, MITSUBISHI, Fagor, HAAS – ці системи управління використовуються на 90% верстатів, працюючих на підприємствах Європи, Америки, Китаю, Японії.

Розбирати принцип роботи системи будемо на прикладі деталі «Втулка», загальною довжиною 200 мм, рис.1.6, рис.1.7.

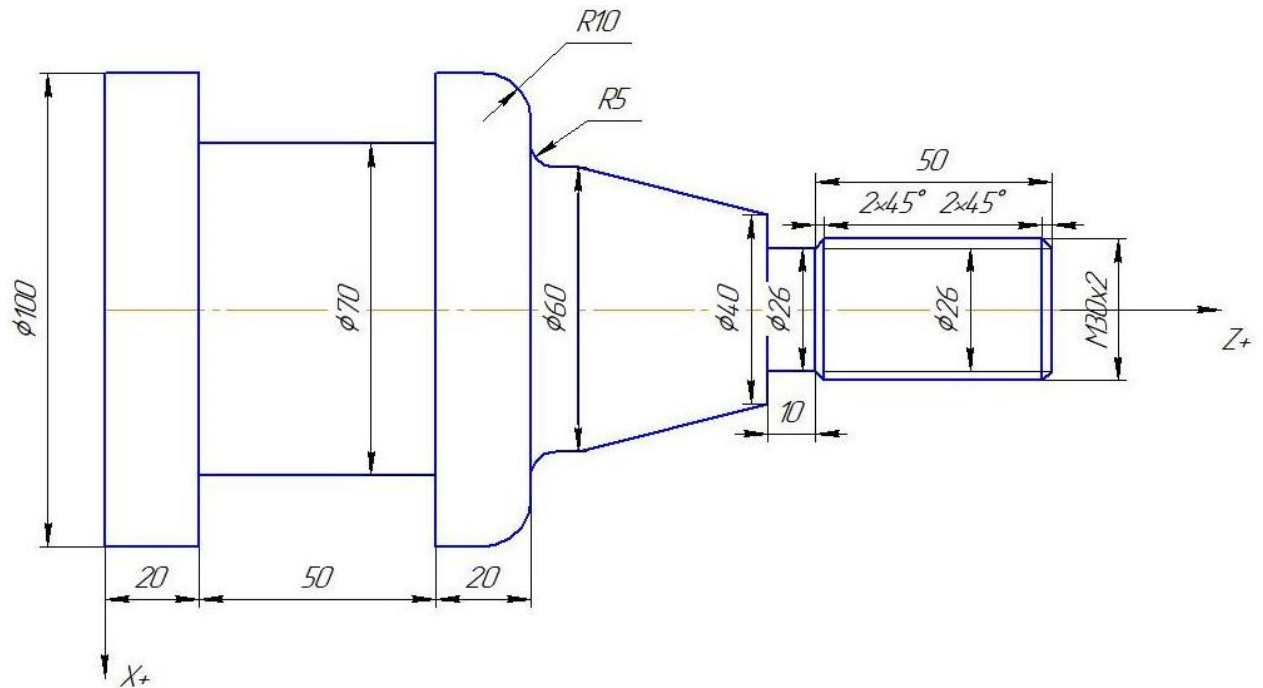


Рисунок 1.6 – Креслення деталі «Втулка»

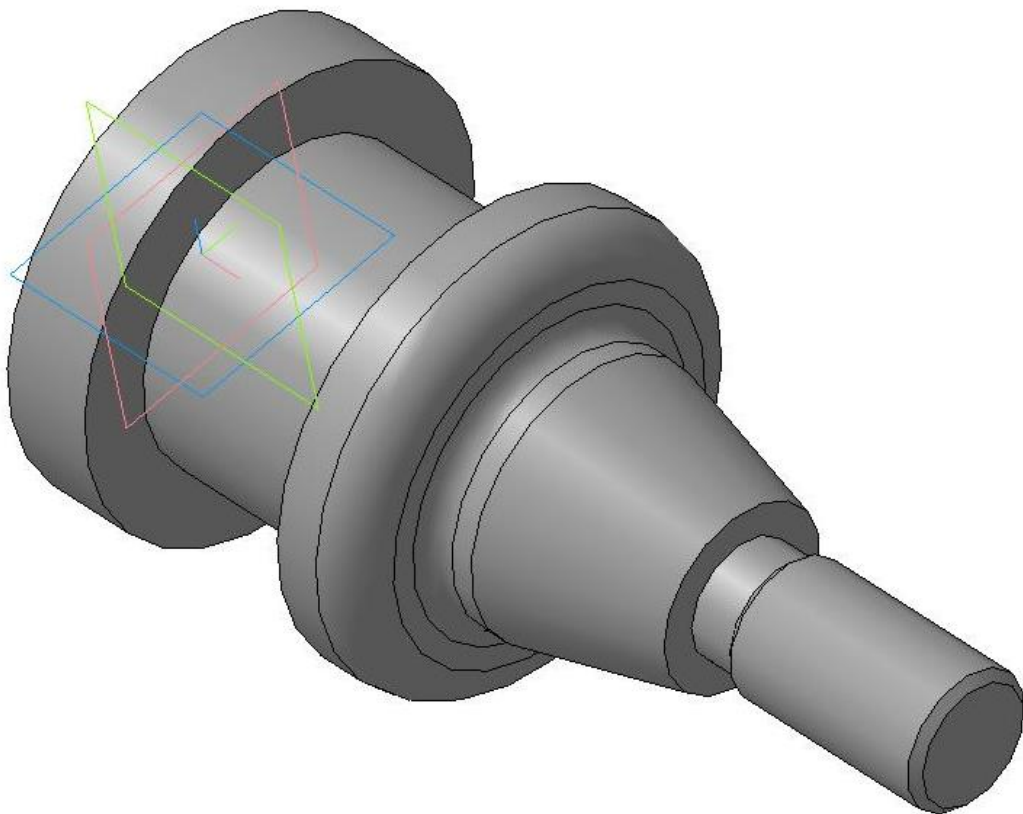


Рисунок 1.7 – Загальний вигляд деталі «Втулка»

Для програмування в системі Fanuc OiT (токарній та фрезерній) використовуються G – коди, наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – G–коди згідно зі стандартом ISO 6983-1:2009

G-код	Функція
G 00	Позиціонування (швидка подача)
G 01	Лінійна інтерполяція
G 02	Лінійна інтерполяція за годинниковою стрілкою
G-код	Функція
G 03	Лінійна інтерполяція проти годинникової стрілки
G 04	Затримка в обробці на певний час
G 10	Програмне введення даних
G 11	Сканування програмного введення даних
G 13	Сканування режиму інтерполяції в полярних координатах
G 18	Вибір площини x1
G 20	Введення даних в дюймах
G 21	Введення даних в міліметрах
G 22	Функція контролю обмеження робочої зони ввімкнена
G 23	Функція контролю обмеження робочої зони вимкнена
G 25	Контроль флуктуації частоти обертання шпинделя вимкнений
G 27	Перевірка повернення в контрольну точку
G 28	Повернення в контрольну точку
G 30	Повернення в другу контрольну точку
G 31	Функція пропуску
G 32	Нарізання різьби з постійним кроком за один прохід
G 34	Нарізання різьби змінного кроку за один прохід
G 40	Сканування компенсації радіусу ружучої кромки
G 41	Компенсація радіусу ріжучої кромки зліва
G 42	Компенсація радіусу ріжучої кромки праворуч
G 49	Сканування корекції на довжину інструменту
G 50	Установка системи координат (програмного нуля) / встановлення максимальної частоти обертання шпинделя
G 54-59	Вибір координатної системи 1 оброблюваної деталі
G 64	Режим різання

G-код	Функція
G 65	Виклик макропрограми
G 66	Виклик модальних макропрограм
G 67	Сканування виклику модальних макропрограм
G 69	Сканування режиму обробки в дзеркальному відображенні
G 70	Цикл фінішної токарної обробки
G 71	Цикл знаття припуску на токарну обробку
G 72	Цикл зняття припуску на обробку торців
G 73	Цикл зняття припуску при повторенні профілю
G 74	Цикл глибокого свердління / проточки канавок з торця
G 75	Цикл глибокого свердління / проточки канавок по зовнішньому / внутрішньому діаметру
G 76	Цикл нарізування багатозахідної різьби
G 80	Сканування постійного циклу обробки отворів
G 83	Цикл свердління з відскоком
G 84	Цикл нарізування різьби з мітчиком
G 85	Цикл розточення / розвертування
G 90	Цикл обробки зовнішнього / внутрішнього діаметра
G 92	Цикл нарізки зовнішньої / внутрішньої різьби
G 94	Цикл основного зовнішнього / внутрішнього торцевого точіння
G 96	Постійна швидкість різання
G 97	Сканування постійної швидкості різання (об/хв)
G 98	Величина подачі в хвилину
G 99	Величина подачі на один оберт шпинделя
G 124	Виклик макропрограми ручного налаштування інструменту
G 125	Виклик макропрограми автоматичного налаштування інструменту

Технологічні команди мови починаються з літери М, та наведені в таблиці 1.2.

Вони включають в себе такі дії як: змінити інструмент; ввімкнути / вимкнути шпиндель; ввімкнути / вимкнути охолодження; робота з підпрограмами.

Таблиця 1.2 – М-коди згідно зі стандартом ISO 6983-1:2009

М - код	Функція	Область дії		Опції
		Початок прогону	Кінець прогону	
М 00	Зупинка програми		✓	
М 01	Додаткова зупинка програми		✓	
М 02	Кінець програми		✓	
М 03	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки	✓		
М04	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою	✓		
М05	Зупинка обертання шпинделя		✓	
М08	Подача МОР	✓		
М09	Зупинка подачі МОР		✓	
М13	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки. Подача МОР	✓		
М14	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою з подачею МОР	✓		
М19	Орієнтована зупинка шпинделя		✓	✓
М29	Режим використання жорсткого різьбонарізного патрона	✓		
М30	Кінець програми і повернення до початку		✓	
М34	Відкрити приймач деталей	✓		✓
М35	Закрити приймач деталей	✓		✓
М40	Висунути нерухомий люнет № 1			✓
М41	Втягнути нерухомий люнет № 1	✓		✓
М42	Висунути нерухомий люнет № 2	✓		✓
М43	Втягнути нерухомий люнет № 2	✓		✓
М44	Підняти автоматичний пристрій настройки інструменту (tsa)	✓		✓
М45	Опустити автоматичний пристрій настройки інструменту (tsa)	✓		✓
М46	Скасувати корекцію швидкості подачі	✓		
М47	Дозволити корекцію швидкості подачі	✓		

М - код	Функція	Область дії		Опції
		Початок прогону	Початок прогону	
M48	Скасувати корекцію частоти обертання шпинделя			
M49	Дозволити корекцію частоти обертання шпинделя	✓		
M57	Включити режим faceplate - скасування сигналізуючого повідомлення n81032	✓		
M58	Відключити режим faceplate - дозвіл сигналізуючого повідомлення № 1032			
M61	Виклик макропрограми (09020) для влаштування подачі прутка перевірки кінця прутка	✓		
M68	Висунути піноль задньої бабки	✓		
M69	Втягнути піноль задньої бабки	✓		
M70-73	Додаткові коди. Встановлювані користувачем	✓		✓
M74	Скасувати режим використання цангового патрона (тільки в режимі MDI)	✓		
M75	Дозволити режим використання цангового патрона (тільки в режимі * MDI)	✓		
M76	Обертання револьверної головки за годинниковою стрілкою	✓		
M77	Обертання револьверної головки проти годинникової стрілки	✓		
M78	Розтиснути кулачки затискного 1 цангового патрона	✓		
M79	Затиснути кулачки затискного 1 цангового патрона	✓		
M80	Розжим пристрої подачі прутка, завантаження 1 нового прутка	✓		
M90	Включити режим подачі прутка (тільки в режимі 'mdi *')	✓		
M91	Відключити режим подачі прутка (тільки в режимі 'mdi *')	✓		

М - код	Функція	Область дії		Опції
		Початок прогону	Початок прогону	
M92	Включити обертання прутка			
M93	Відключити обертання прутка		✓	
M94	Рахунок деталей	✓		
M98	Виклик підпрограм		✓	
M99	Кінець підпрограми / повернення до головної програми		✓	
M198	Виклик підпрограм з флеш - карти		✓	

Параметри команд задаються літерами латинського алфавіту, таблиця 1.3.

Таблиця 1.3 – Задання команд в програмі для верстата з ЧПУ

Код	Опис	Приклад
X	Координата точки траєкторії по осі X	GO XI00 Y0Z0
Y	Координата точки траєкторії по осі Y	GO X0 Y100 Z0
Z	Координата точки траєкторії по осі Z	GO X0 Y0 ZI00
P	Параметр команди	G04 P101
F	Швидкість робочої подачі. Для фрезерних верстатів це дюйми на хвилину (IPM) або міліметри на хвилину (mm/min), для токарних верстатів це дюйми за оберт (IPR) або міліметри за оберт (mm/rev).	G1 G91 X10 F100
S	Швидкість обертання шпинделя (об/хв)	S3000 M3
R	Параметр стандартного циклу або радіус дуги (розширення стандарту)	G81 R1 0R2-10 F50 або G2 G91 XI 2.5 R12.5
D	Параметр корекції обраного інструменту	G1 G4I D1 X10. F150.
L	Число викликів підпрограми	M98 L82 P10 або G65 L82 P10 X Y R
I	Параметр дуги при круговій інтерполяції. Відстань від початкової точки до центру дуги по осі X.	G03 X10 Y10 I0 J0 F10

Код	Опис	Приклад
J	Параметр дуги при круговій інтерполяції. Відстань від початкової точки до центру дуги по осі Y.	G03 X10 Y10 I0 J0 F10
K	Параметр дуги при круговій інтерполяції. Відстань від початкової точки до центру дуги по осі Z.	G03 X10 Y10 K0 F10
L	Виклик підпрограми з даною міткою	L12

Після запуску в програмі SSCNC ЧПУ Fanuc OiT в ній буде ввімкнена кнопка аварійної зупинки (рис. 1.8), про це буде повідомляти відповідне попередження на екрані

JOG **** *-EMG- ALM 00:38:12



Рисунок 1.8 – Кнопка аварійної зупинки

Для продовження роботи відтискаємо кнопку натиснувши на неї. Також при запуску програми буде заблоковане редагування УП програми, про що буде свідчити наступний елемент (рис. 1.9) праворуч від кнопки аварійної зупинки.



Рисунок 1.9 – Замок блокування можливості редагування програми

Змінимо положення ключа розблокувавши редагування УП, як показано на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Замок блокування можливості редагування програми в положенні розблокування

Тепер виставимо положення нуля по вісі X та Z. Це обов'язкова операція після ввімкнення ЧПУ. Для цього перейдемо в режим «REF»  і натиснемо клавіші **X** і **Z**. Револьверна голівка переміститься в свою референтну позицію (позицію зміни інструмента), це можна спостерігати в вікні візуалізації рис.1.11. Можна виставити 0 і на шпинделі. Але це не є обов'язковим, так як верстат у нас токарний а не токарно-фрезерний.

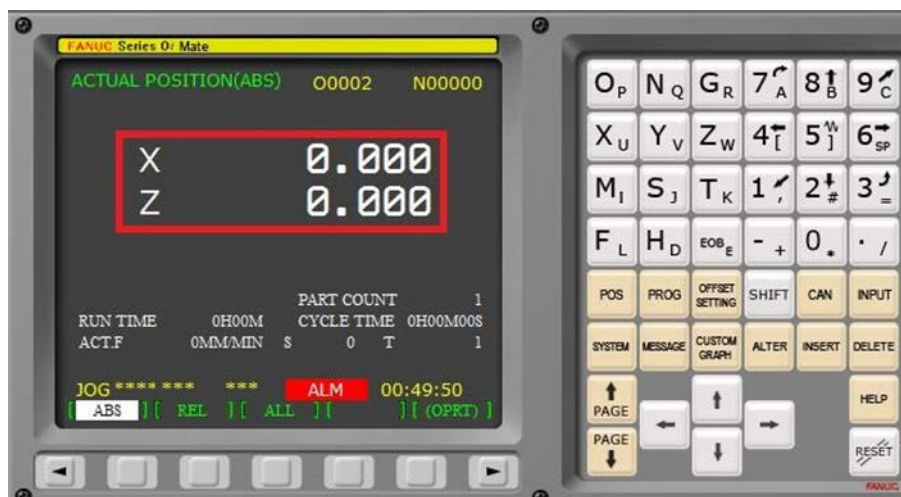


Рисунок 1.11 – Вікно візуалізації (револьверна голівка знаходить в положенні нуля)

Для прикладу розглянемо установку заготовки для деталі «Втулка» рис.1.6, рис.1.7. Для неї приймаємо заготовку прокатним діаметром 102 мм і довжиною 300 мм рис. 1.12.

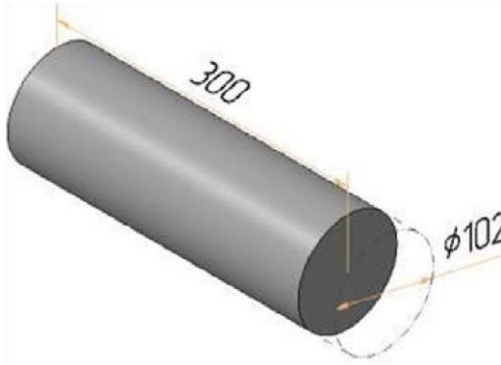


Рисунок 1.12 – Заготовка

Для встановлення заготовки скористаємося клавішею «Наладка» і в меню виберемо «Параметри заготовки» рис.1.13. Після чого потрапимо в меню встановлення параметрів заготовки. В відповідних полях вводимо розміри заготовки, обираємо 1 спосіб кріплення так як внутрішнього діаметру в заготовці немає і тиснемо «ОК» рис.1.14. В цьому вікні по необхідності також можна вибрати установку люнета і обертового центру пінолі певного діаметру. Також тут задається матеріал заготовки, хоча на хід обробки в даному випадку матеріал не впливає.

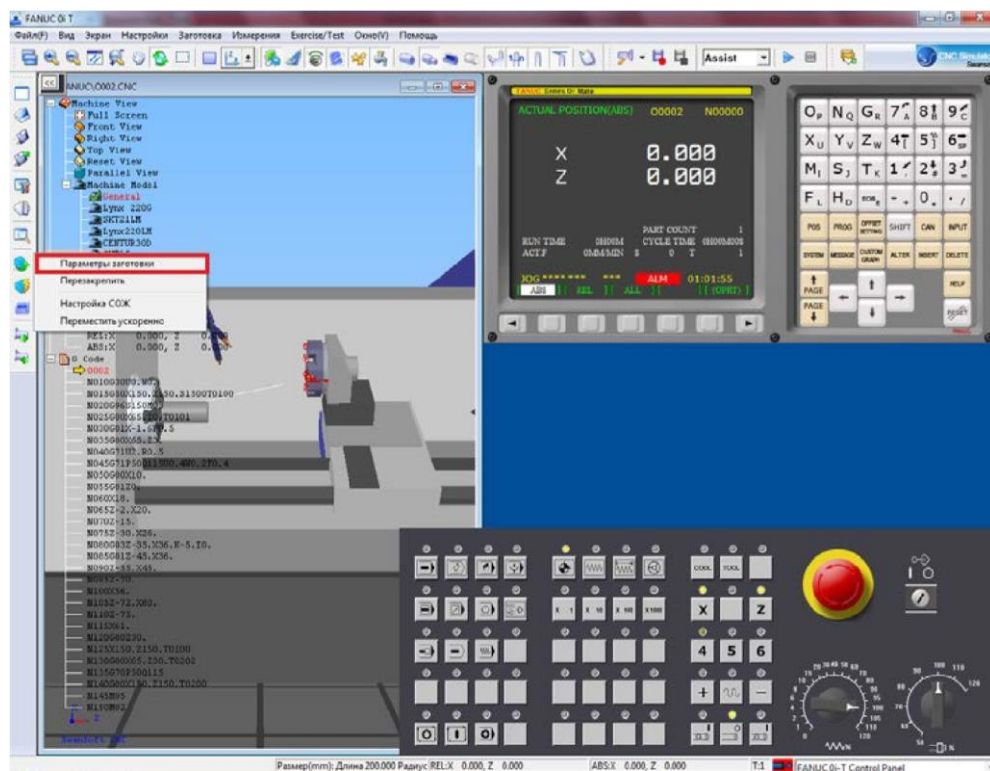


Рисунок 1.13 – Вибір параметрів заготівки

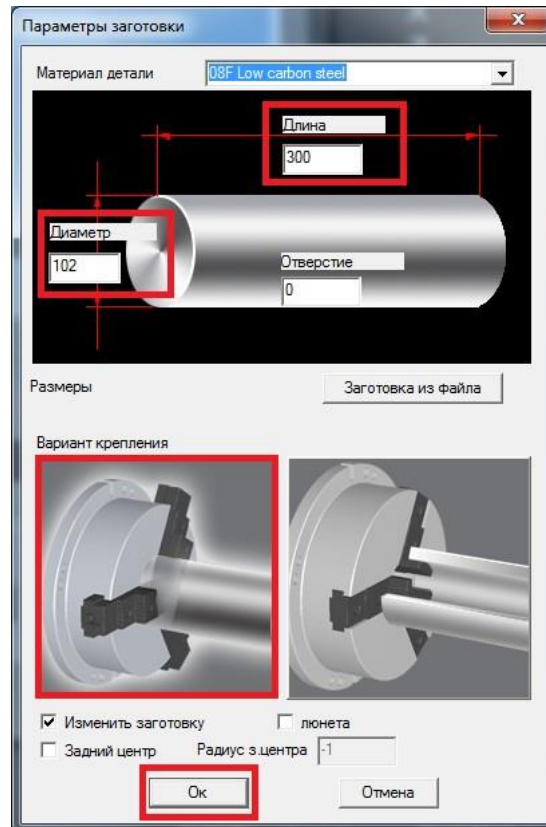


Рисунок 1.14 – Вікно задання параметрів заготовки

Для виготовлення деталі «Втулка» буде використовуватися 4 ріжучі інструменти: прохідний, відрізний лівий, різьбонарізний, відрізний правий. Для встановлення різців на верстаті скористаємося клавішею «Бібліотека інструментів» Рис.1.15. Перед нами відкриється вікно бібліотеки інструментів. Багато інструментів внесено в програму, можна скористатися ними або відредагувати їх параметри під себе. Також можна створити новий ріжучий інструмент.

Створимо прохідний різець на основі інструменту 001 який є в системі, виберемо його з списку та натиснемо клавішу «Змінити» відкриється вікно редагування. Змінимо параметри інструменту як показано на Рис.1.16, вибравши прохідний упорний правий різець та встановивши параметри різця та ріжучої пластини і натиснемо ОК. Таким же ж чином налаштуємо інші інструменти відповідно до рис. 1.17-1.19. Після налаштування всіх інструментів їх параметри можна буде спостерігати в переліку інструментів рис.1.20.

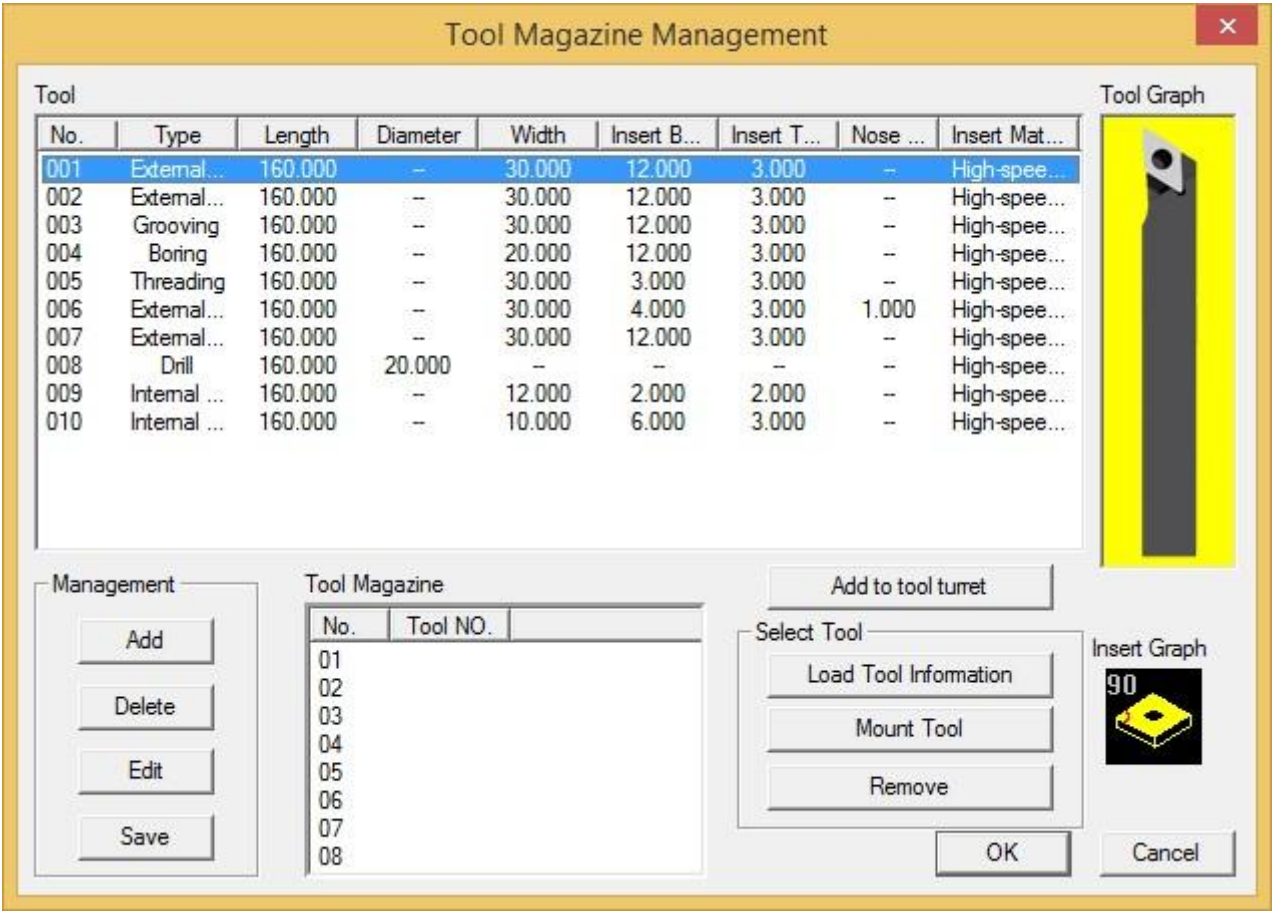


Рисунок 1.15 – Бібліотека інструментів

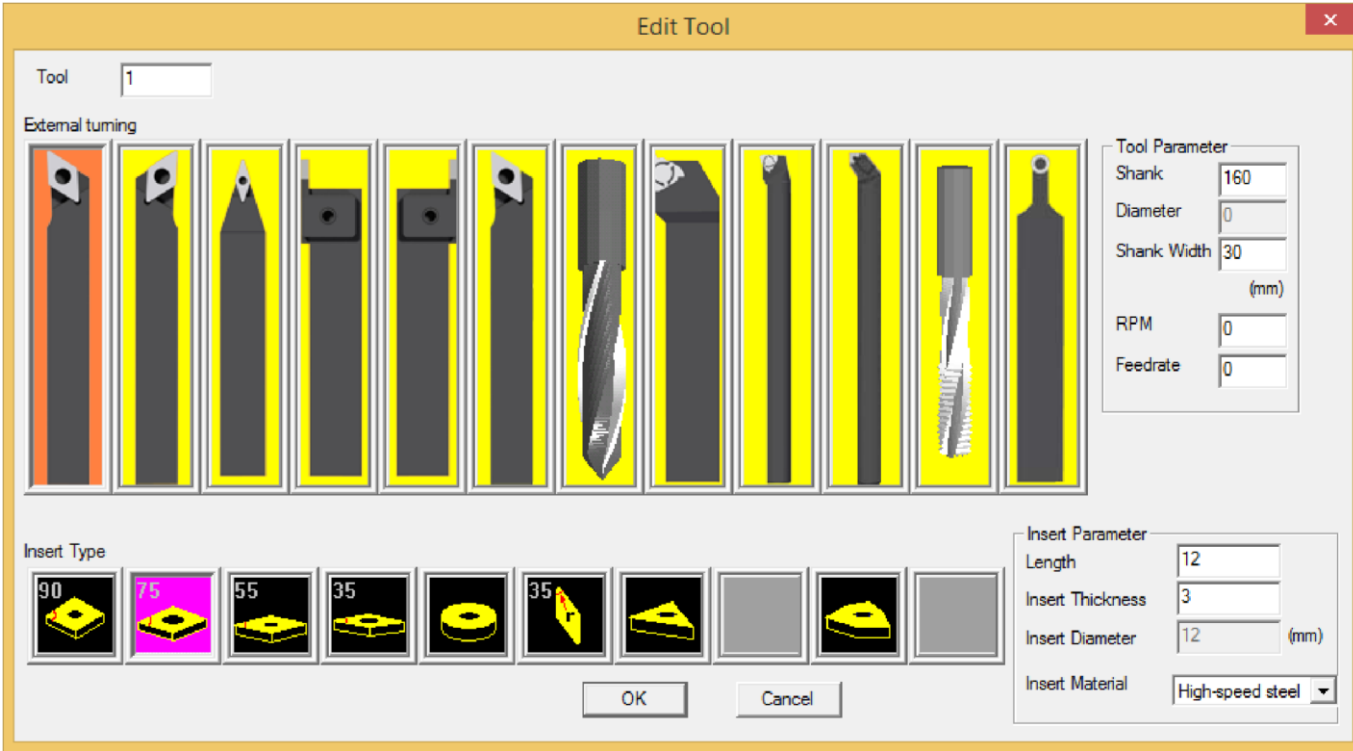


Рисунок 1.16 – Налаштування прохідного інструменту

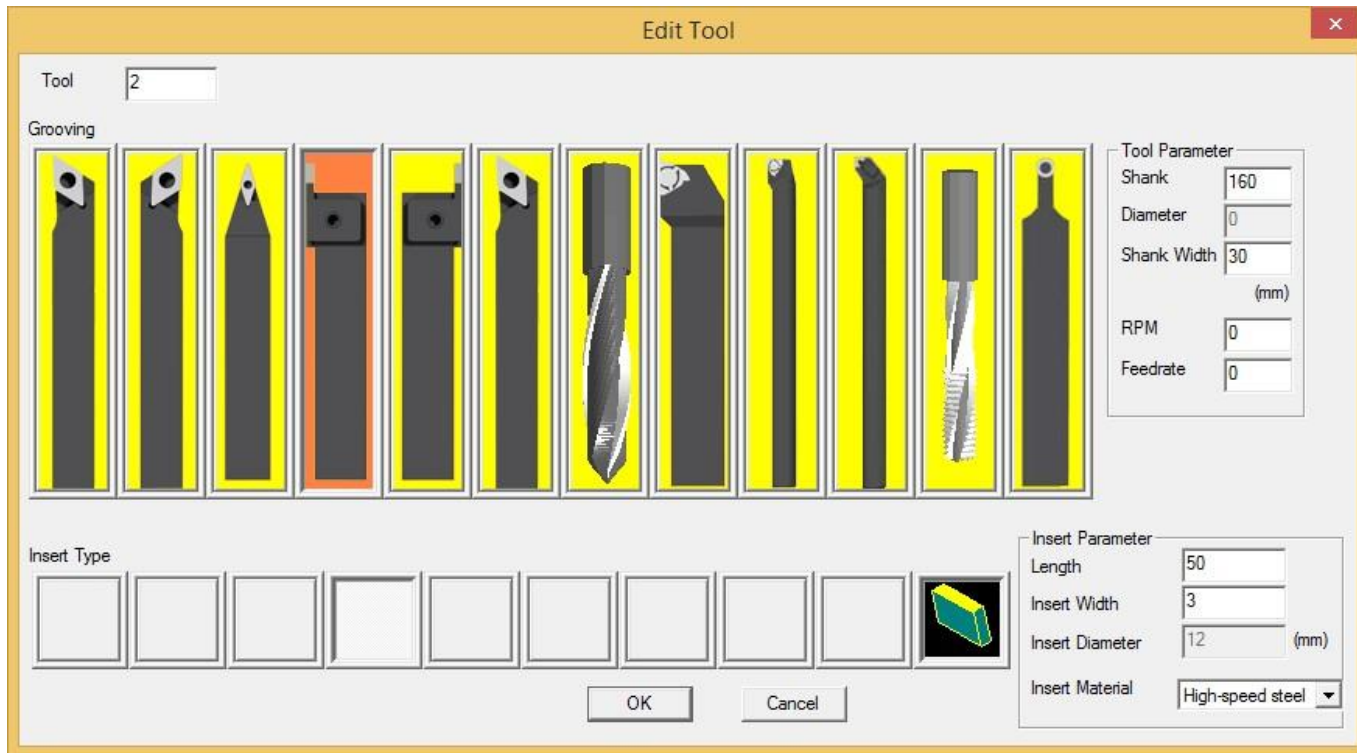


Рисунок 1.17 – Налаштування відрізного лівого інструменту

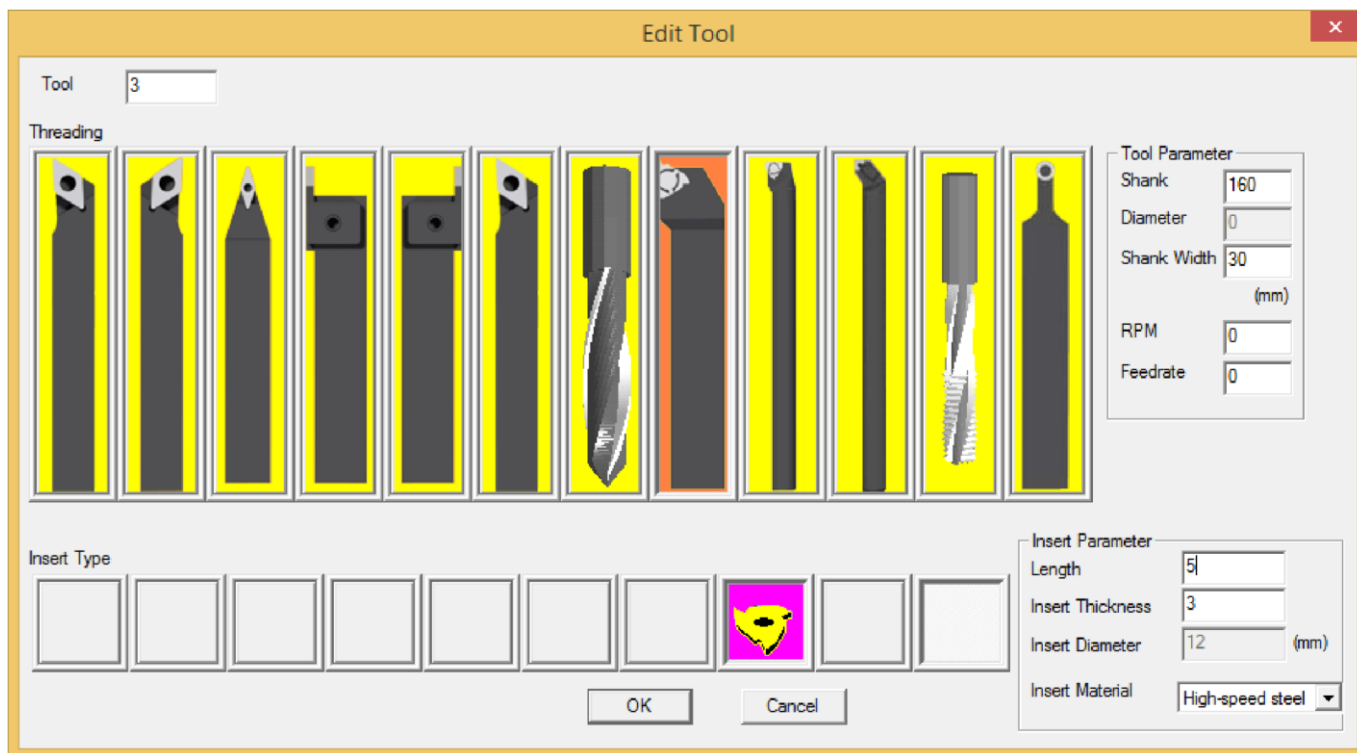


Рисунок 1.18 – Налаштування різьбонарізного інструменту

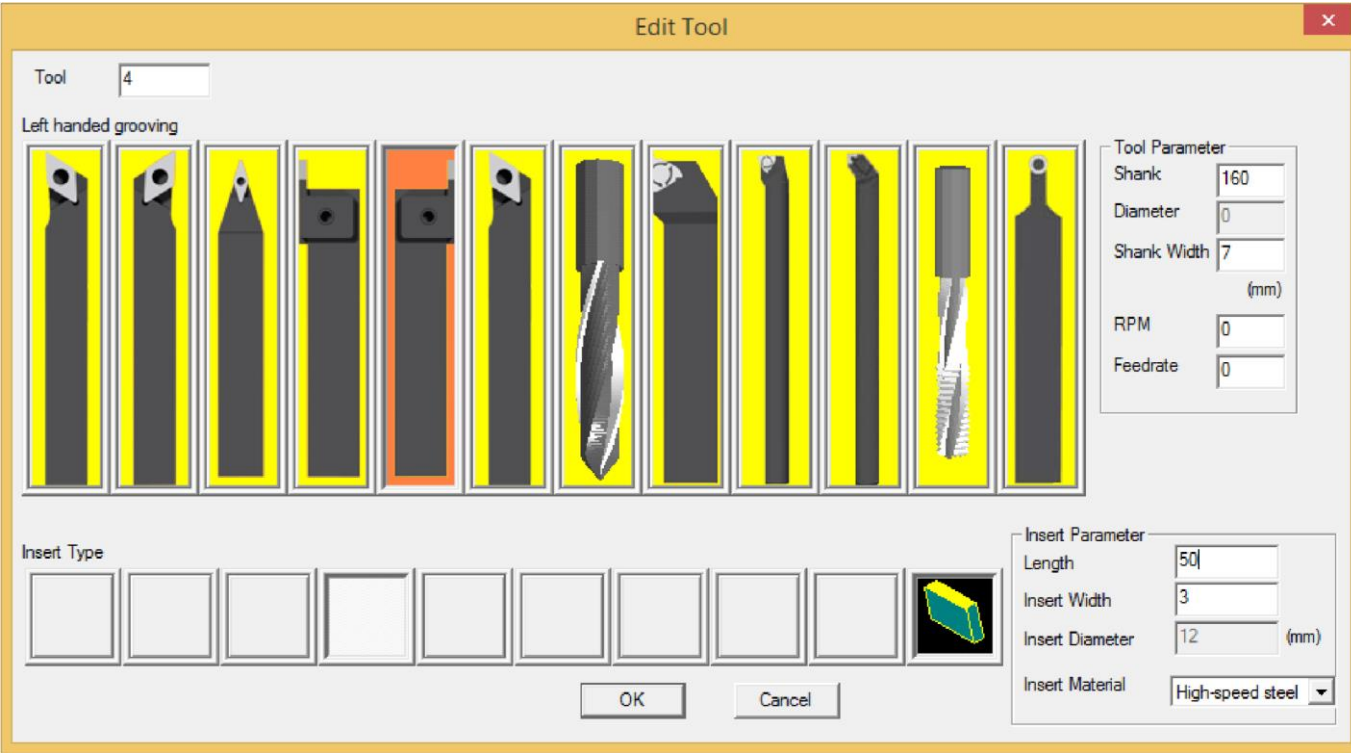


Рисунок 1.19 – Налаштування відрізного лівого інструменту

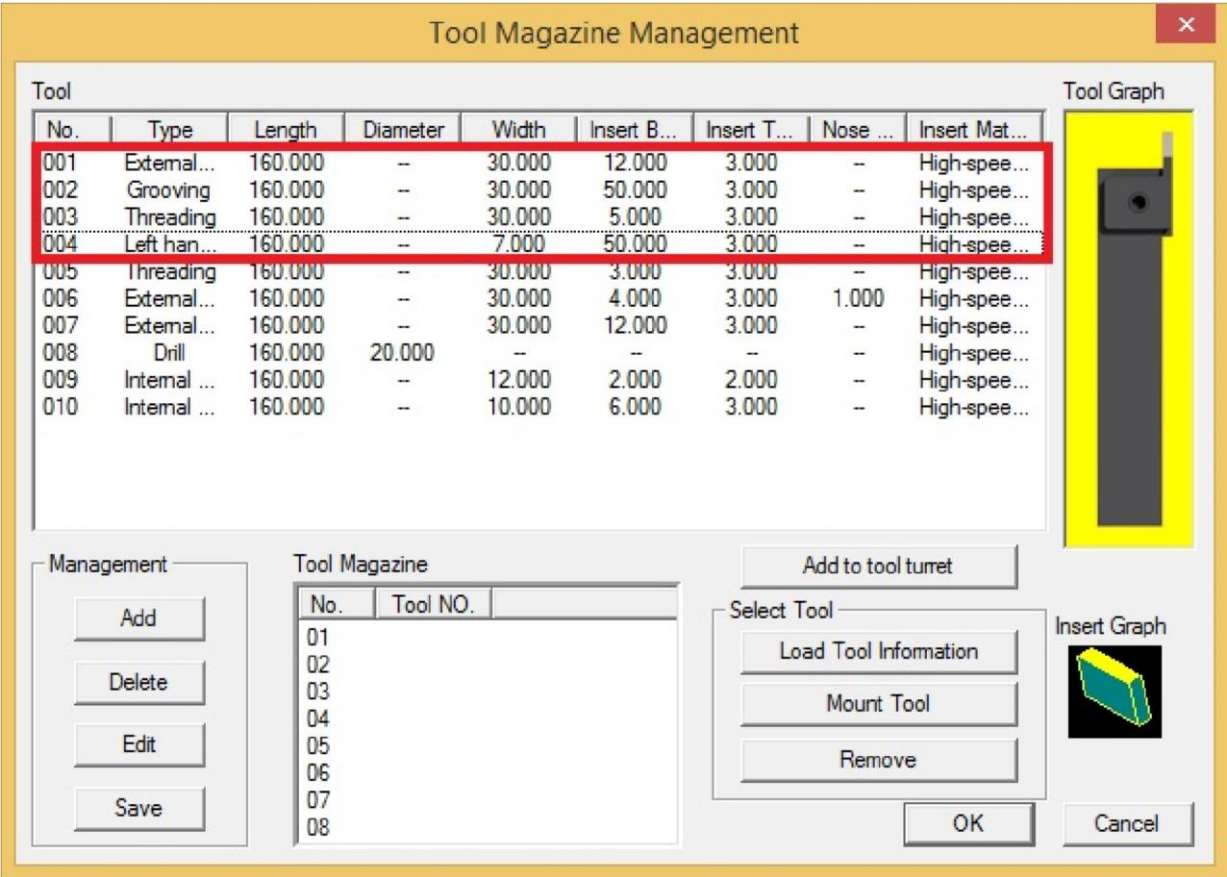


Рисунок 1.20 – Результати налаштування інструментів

Після налаштування всіх необхідних інструментів необхідно встановити їх в магазин. Для цього **послідовно** встановимо відредагований інструмент в відповідні позиції револьверної головки, просто перетягнувши їх в «Магазин» (Tool Magazine) рис.1.21.

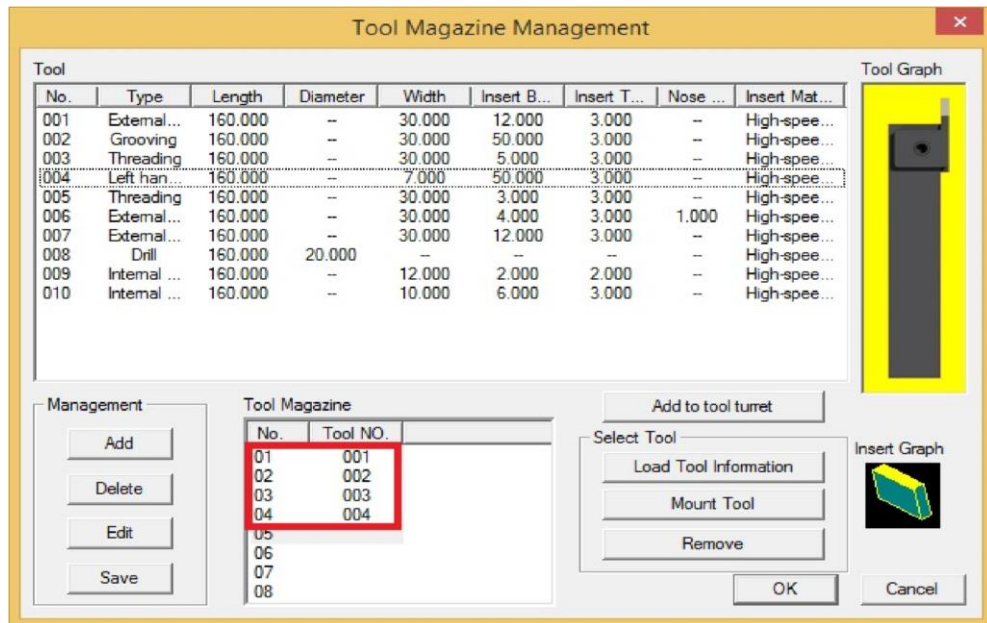


Рисунок 1.21 – Встановлення ріжучого інструменту в «Магазин»

Поглянемо на револьверну головку. Всі різці на своєму робочому місці рис. 1.22. Якщо різці створювались раніше і збереглись то їх можна не створювати заново а просто завантажити їх з файлу конфігурації. Зміна різців вручну відбувається за допомогою клавіші **TOOL**.

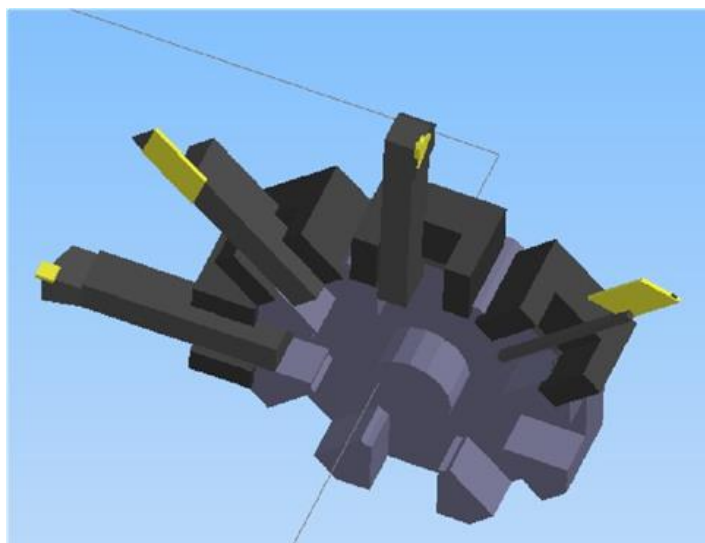


Рисунок 1.22 – Готова до роботи револьверна голівка.

Для коректної обробки заготовки потрібно задати систему координат відповідно до оброблюваної деталі. В ЧПУ є система координат верстата, нуль його ми виставили після ручного переведення револьверної головки в референтну позицію, зміни інструменту. Кожен виробник верстата встановлює нуль на верстаті.

Є також система координат заготовки. На верстаті одночасно можна задати декілька координат заготовок кодами від G54 до G59. Для задання системи координат заготовки (нуля заготовки) натискаємо кнопку  і потрапляємо в меню корекції інструмента. Правою дисплейною клавішею пролистуємо меню поки не з'явиться пункт «Work» і потім вибираємо даний режим відповідною дисплейною клавішею, рисунок 1.23.



Рисунок 1.23 – Вибір режиму корекції «WORK»

Після натиснення клавіші «WORK» ми перейдемо до вікна вибору системи координат заготовки. Для прикладу використаємо систему координат G54, рисунок 1.24.



Рисунок 1.24 – Задання системи координат заготовки

Координати задаються наступним методом: користуючись режимами «JOG» та «JOG INC» переміщуємо прохідний різець впритул до правого торця заготовки, рис.1.25. Як бачимо, координата по Z змінилась з 0 на -295, а координата по X з 0 на -158.

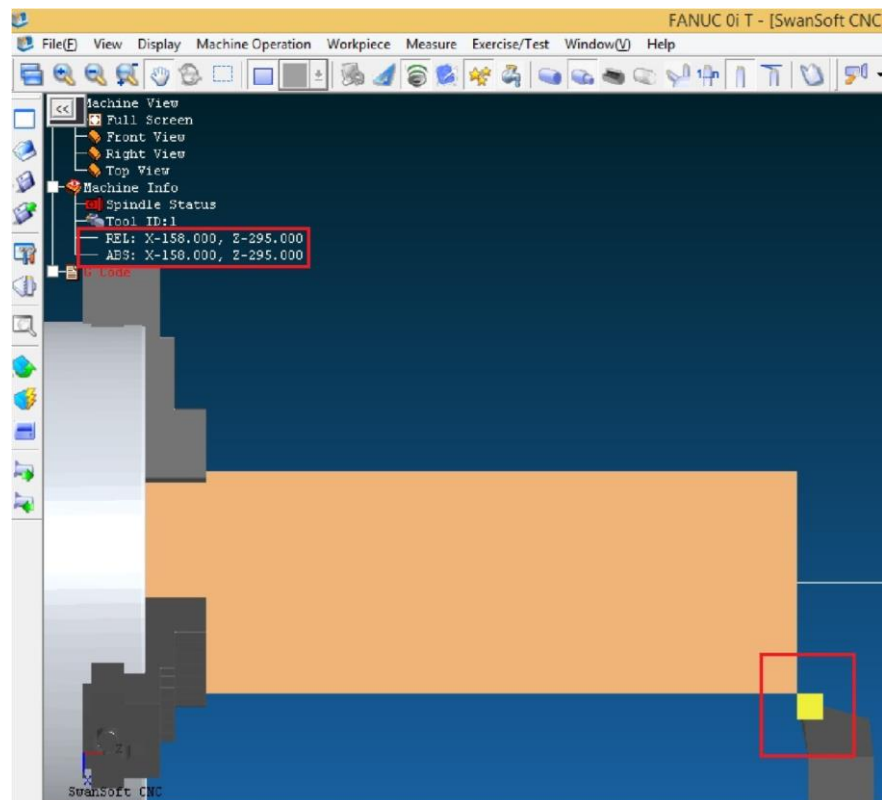


Рисунок 1.25 – Переміщення різця впритул до торця заготовки

Також підвід різця до торця деталі можна виконати перейшовши в режим «REF». Для цього натискаємо клавішу «Налаштування заготовки»  та обираємо функцію «Швидкий підвід».

Враховуючи розміри креслення деталі та то, як зміщений нуль заготовки, додаємо ще переміщення на 200мм у від'ємному напрямку і отримуємо: $-295-200=-495\text{мм}$. До цього значення додаємо ще припуск на торець, допустимо 2мм. Тоді отримаємо $-495-2=-497\text{мм}$. Це значення вводимо в параметр Z, рис.1.24. Для введення інформації вводимо з клавіатури (можна використовувати як клавіатуру пульта так і ПК) значення «-497» і натискаємо дисплейну клавішу «Input».

Аналогічні дії проводимо з віссю X. Після підведення різця до периферії заготовки, до отриманої координати по X додаємо переміщення на діаметр, тому що в даній системі координати по X вводяться як діаметр, а не як радіус. В результаті отримаємо $-158-102=-260\text{мм}$.

Після вставлення всіх параметрів можна перейти до написання керуючої програми. Код програми ввести в симулятор станка і ЧПУ системи можна двома способами:

1) Написати програму в самій системі ЧПУ

Щоб набрати програму прямо у вікні системи ЧПУ виконаємо наступні дії:

Перейдемо в режим «EDIT» і в цьому режимі натискаємо клавішу «Program». Вікно набуде вигляду як на рисунку 1.26.

Для створення нової програми скористаємось дисплейною клавішею «DIR». Після її натиснення відкриється вікно зі списком програм, які є в пам'яті ЧПУ. Потім введемо ім'я нової програми, яке записується у форматі «O _ _ _», де перша літера «O», а далі числовий чотиризначний код назви програми. Для прикладу введемо ім'я «O0001», після чого натиснемо клавішу «Insert» і відкриється вікно як рисунку 1.27.



Рисунок 1.26 – Режим редагування програми



Рисунок 1.27 – Режим введення коду програми

Після цього можна вводити код програми з клавіатури ПК чи клавіатури пульта. Підтверджуємо введену інформацію натисканням клавіші «Insert» або «Enter».

2) Програму також можна написати у звичайному текстовому редакторі і зберегти у форматі «.txt» та потім завантажити у ЧПУ. Спочатку створюємо файл із бажаним ім'ям, як вказано вище. Потім замість написання програми натискаємо клавішу «Відкрити файл». На питання: «Зберегти поточний файл?» натискаємо «Ні». У вікні що відкрилося вибираємо наш текстовий файл та натискаємо «Відкрити», рисунок 1.28.

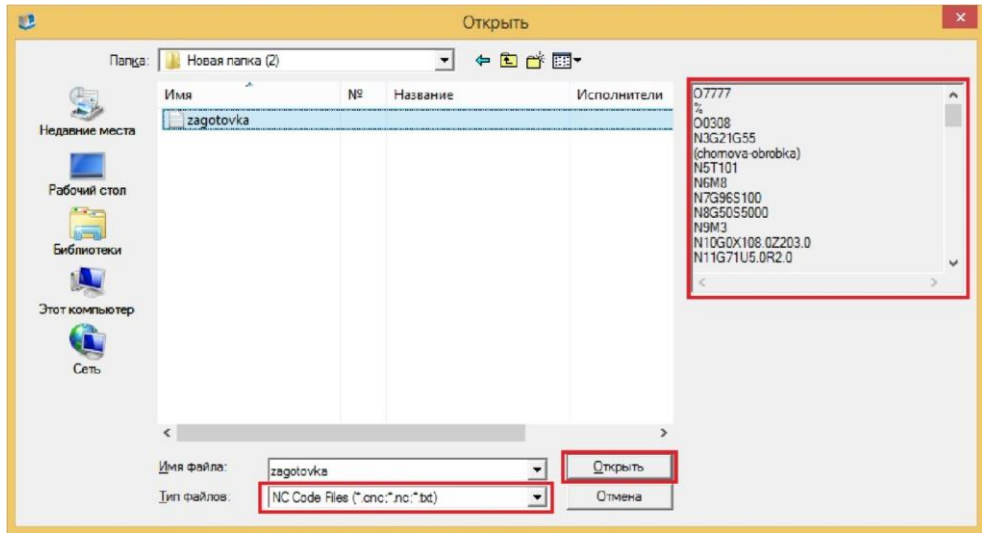


Рисунок 1.28 – Вікно вибору програми

Тепер програма відкрилась і завантажилась в систему ЧПУ. Також можна спостерігати траєкторії інструменту, рис. 1.29.

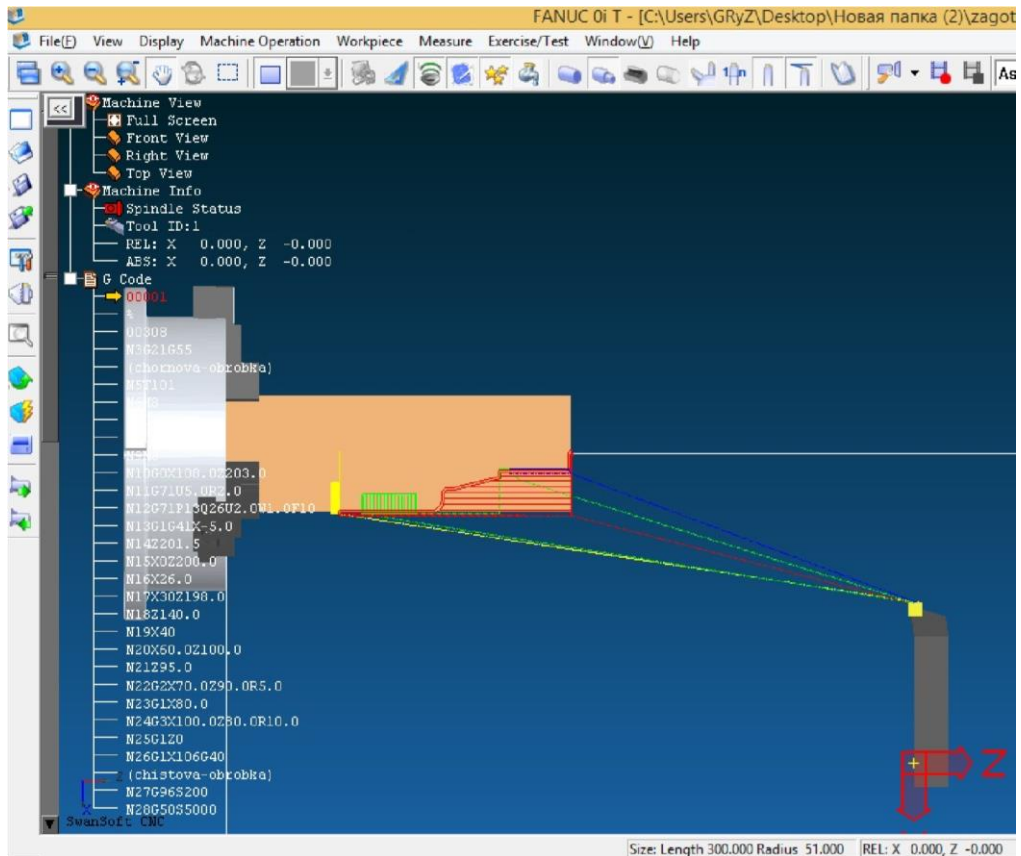


Рисунок 1.29 – Завантажена керуюча програма та зображення траєкторій руху інструмента

Тепер можна здійснити запуск програми. Для цього переходимо в режим «МЕМ» за допомогою клавіші . Розпочати обробку можна лише у випадку коли закриті двері робочої зони. Тому потрібно натиснути клавішу «Закрити двері» .

За допомогою верхньої панелі інструментів можна налаштувати комфортний перегляд процесу обробки деталі, рис. 1.30.

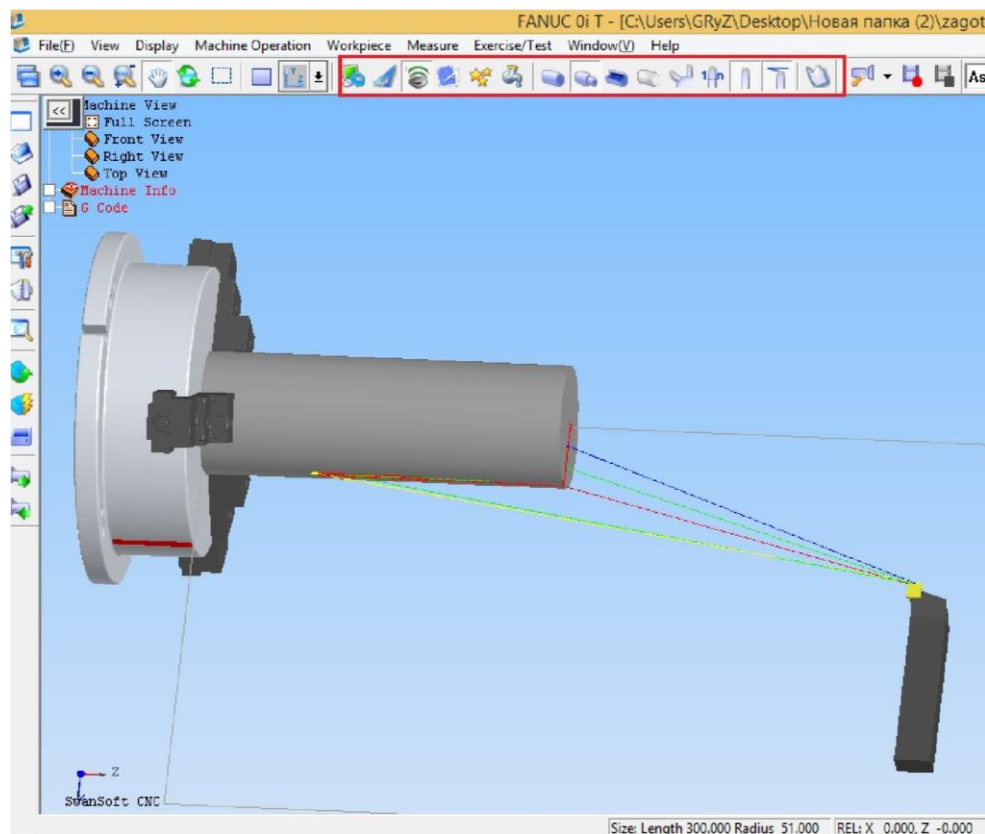


Рисунок 1.30 – Комфортний вигляд перегляду обробки деталі

Старт обробки починається після натиснення клавіші «Початок виконання програми» . Після її натискання запуситься шпиндель і почнеться обробка деталі. Вимкнути обробку можна за допомогою натискання клавіші «Зупинка виконання програми» .

Токарна чорнова обробка заключається в знятті основної кількості матеріалу і наданні заготовці приблизного вигляду готової деталі. В системі Fanuc чорнову обточку можна виконувати по різному: використовуючи цикли

обробки то торцю та периферії, обробку паралельно контуру, обробку «простим» створенням траєкторії без циклів. Ми будемо в роботі використовувати цикл чорнової обробки G71 виходячи з простоти його створення та ефективності в роботі. Цикл складається з Z рядків параметрів після яких задається опис контуру готової деталі. G-код програми наведений нижче:

% O0002 o8888

N3G21G55

N5T101

N6M8

N7G96S100

N8G50S5000

N9M3

N10G0X108.0Z203.0

N11G71U5.0R2.0

N12G71P13Q26U2.0w1.0F10

N13G1G41X-5.0

N14Z201.5

N15X0Z200.0

N16X26.0

N17X30Z198.0

N18Z140.0

N19X40

N20X60.0Z100.0

N21Z95.0

N22G2x70.0Z90.0R5.0

N23G1X80.0

N24G3X100.0Z80.0R10.0

N25G1Z0

N26G1X106G40
N27G96S200
N28G50S5000
N30G70P13Q26
N31G28X108Z203
N32T0202
N33G96S100
N34G50s5000
N35G0X105Z21
N36G75R1
N37G75X72Z66Q3000P7000F10
N389G96S100
N39G50S50000F10
N40G0X105.0Z20.0
N41G1X70.0
N42G0X105
N43Z67.0
N44G1X70.0
N45Z20.0
N46G0X105
N47G50S4500
N48G96S246
N49G0X105Z140.0
N50X45.0
N51G1X26.0
N52Z147.117
N53X45A45
N54G28U0W0
N55T0303

N56G97S1820
 N57G0X35Z203M4
 N58G76P010060Q100R50
 N59G76X26.536Z149R0P1732Q500F2.0
 N60G28U0w0
 N61G96S100
 N62G50S5000M3 N63T0404
 N64G0X105Z-1
 N65G75R1
 N66G75X50Z-7Q1000P7000F10
 N67G0X105Z0
 N68G75R1
 N69G75X-5Z0Q3000P7000
 N70G28U0W0
 N71M30

Розберемо код детальніше:

T101 — вибір інструменту. Кодується «Т», де перші дві цифр це номер інструменту в револьверній головці, а друге число це номер коректору інструменту, про нього ми поговоримо дещо пізніше. Зазвичай у першого різця перший коректор у другого другий і т.д.

M8 — ввімкнення подачі охолоджуючої рідини в місце різання.

G96S5100 — код G96 задає постійну швидкість різання в мм/хв, в даному випадку зі швидкістю 100 мм/х.

G50S5000 — код G50 з параметром S відповідає за установку максимально допустимої частоти обертів шпинделя, в даному випадку з частотою 5000 хв⁻¹

M3 – вмикання шпинделя з напрямком обертання проти часової стрілки (на револьверну головку). Для обертання за часовою стрілкою використовується код M4, а для зупинки шпинделя M5.

G0X108.0Z203.0 — точка підводу різця до заготовки (на «холостій» подачі G0.

Для робочих переміщень, різання металу використовується код G1). Після відпрацювання циклу різець повернеться в цю точку

G71U5.0R2.0 — перший рядок циклу 071 токарної чорнової обробки. В цьому рядку задаються параметри: U — глибина обробки (різання) в мм. В нашому випадку 5.0 мм R — величина відводу різця після закінчення різання. В нашому випадку 2.0 мм

G71P13 Q26 U2.0 W1.0 F10 — другий рядок циклу G71 токарної чорнової обробки. В цьому рядку задаються параметри: P — номер рядка (кадру) з якого починається опис контуру заготовки. В нашому випадку це кадр 13; Q — номер кадру в якому закінчується опис контуру заготовки. В нашому випадку це кадр 26; W — параметр, який визначає величину припуску по осі Z. В нашому випадку чистовий припуск як по Z так в по X складає 1мм. В параметрі W припуск задається як він і є, тобто 1 мм.

U — параметр який визначає величину чистового припуску по осі X. Щоб припуск був однаковим і обробка виконувалась коректно, цей параметр в нашому випадку повинен бути в Z рази більшим за параметр W, тобто 2.0. Це зумовлено тим, що програмування розмірів обробки деталі по осі X здійснюється в діаметрах а не в радіусах.

P — параметр який задає подачу. В нашому випадку подача рівна 10 мм/об.

Після цих 2 рядків параметрів циклу йдуть кадри з описом контуру деталі. В першому кадрі опису контуру заготовки обов'язково треба включити корекцію траєкторії на радіус округлення різця. Якщо цього не зробити станок зробить деталь з невірними розмірами. Корекція на правий різець вмикається

кодом G41, а на лівий кодом G42. в нашому випадку використовується код G41: N13G41X-5

В останньому кадрові опису траєкторії корекцію необхідно вимкнути кодом G40. Якщо цього не зробити подальші переміщення інструменту будуть некоректні.

Після чорнової обробки зазвичай виконують чистову обробку. Для нашої деталі ми залишили припуск в 1мм на чистову обробку. Його ми знімемо за допомогою циклу чистової обробки G70. Обробку будемо виконувати тим же самим інструментом.

G70P13Q26 — код G70 являється циклом чистової обробки контуру, в ньому використовуються наступні параметри:

P — номер рядка (кадру) з якого починається опис контуру заготовки. В нашому випадку це кадр 13 (так як і в чорновій обробці);

Q — номер кадру в якому закінчується опис контуру заготовки. В нашому випадку це кадр 26 (так як і в чорновій обробці);

Також в кадрові задано значення подачі в 10 мм/хв.

Після відпрацювання цього кадру різець повернеться в точку підводу G0X108.0Z203.0.

G28XI08Z203 — команда переходу в референтну позицію, тобто позицію зміни інструмента. Це та ж позиція і яка перейшов різець коли ми виставляли його нуль в пункті «Перший запуск і виставлення нуля», тоді ми перемістили інструмент в референтну позицію в ручному режимові, а тепер за допомогою коду G28 це робиться автоматично. Координати XI08 Z203 вказують точку з якої здійснюється перехід в референтну позицію. В нашому випадку це точка підводу інструменту в яку інструмент повернувся після виконання циклу G70.

В системі Fanuc OiT є декілька методів нарізання різьби. Вони поділяються на нарізання різьби різцем, за допомогою циклів G32, G92, G76, G34, та нарізання різьби мітчиком G84. Розглянемо цикл G76 в силу його

найбільшої «функціональності» та простоти завдання в порівнянні з іншими циклами.

N56 G97S1820 — код G97 встановлює постійну частоту обертання шпинделя за допомогою параметру S який йде після нього. В даному випадку це частота 1820 об/хв. Постійна частота обертання шпинделя необхідна для нарізання постійного кроку різьби

N57 G0 X35 Z203 M4 В даному кадрі вказується точка підводу інструменту для початку обробки. Цю точку варто задавати на 3-5 мм далі за початок витків для правильного формування профілю витків. Також в кадрі заданий напрямок обертання шпинделя, так як різьба права, то оберти шпинделя кодуємо через параметр M4.

N58 G76 P010060 Q100 R50 — перший рядок циклу G76 для нарізання різьби. Розглянемо його параметри.

P — перші 2 цифри відповідають за кількість заходів різьби у нас однозаходна різьба тому параметр рівний «01». Наступні дві цифри вказують розмір фаски різьби. У нашому випадку фаска уже є, тому зараз робити її ще раз недоцільно тому параметр рівний «00». Наступні 2 цифри визначають кут ріжучої кромки інструменту. Ми нарізаємо метричну різьбу тому і кут інструменту рівний 60° — «60»

Q — в цьому рядку параметр «Q» визначає мінімальну глибину нарізання різьби за 1 прохід. Це значення задається в мікронах. В нашому випадку це 100 мікрон «Q100»

R — Глибина різання при фінішному проході (глибина чистового різання) в мікронах. Тут фінішний прохід складає 50 мікронів «R50»

N59 G76 X26.536 Z149 R0 P1732 Q500 P2.0 Другий рядок циклу G76 для нарізання різьби. В ньому також є багато параметрів різання, розглянемо їх:

X — координата по осі X кінцевої точки нарізання різьби. Щоб вирахувати цю точку потрібно знати висоту різьби, висота різьби складає 0,866025404 від кроку різьби.

$H = 0,866025404 \cdot P$, де - H висота різьби (теоретична); P — крок різьби. Висота різьби в нашому випадкові складає $1,732050808 \sim 1,732$ мм. Так як координата X кодується в діаметрах, то від номінального діаметру різьби віднімаємо

2 висоти профілю і отримуємо кінцеву точку нарізання різьби по осі X .

$$X_{\text{кінцева}} = 30 - (1,732 \cdot 2) = 26,535 \text{ мм.}$$

Z — координата кінцевої точки нарізання різьби. Цю точку слід задавати трохи далі на 1-5 мм від реальної кінцевої точки різьби, для формування повноцінного профілю. В нашому випадку координата рівна $Z149$.

R — в цьому рядку, на відміну від першого, параметр R задає переміщення по осі X при нарізанні конічної різьби. Так як ми нарізаємо циліндричну різьбу цей параметр залишаємо рівним нулю.

P — параметр який вказує висоту профілю різьби в мікронах. Цю величину ми визначали вище за формулою:

$$H = 0,866025404 \cdot P = 0,866025404 \cdot 2 = 1,732050808 = 1,732 \text{ мм}$$

Одержане значення висоти профілю переводимо в мікрони і записуємо в кадр програми: « $P1732$ ».

Q — параметр який вказує глибину нарізання профілю за перший прохід в мікронах. В нашому випадку « $Q500$ ».

F — параметр який вказує крок різьби в міліметрах. Ми в УП записали « $F2$ ».

Після закінчення нарізання різьби різець повертається у точку підводу $X35 Z203$.

$N60 G28 U0 W0$ цей параметр нам уже знайомий, він поверне різець з точки $X35 Z203$ в першу референтну позицію для подальшої зміни інструмента.

$N34 G50 S5000$ — установка максимальної частоти обертання шпинделя 5000 об/хв.

N35 G0 X105 Z21 — підвід інструменту для виконання циклу в точку X105 Z21. Саме з цієї точки починається обробка канавки тому при її виставленні треба виділити особливу увагу координаті Z. Її значення вказується таким чином щоб залишити припуск на чистову обробку, в нашому випадку припуск складає 1мм. Початок канавки по осі Z зміщений на 20мм від нуля деталі. Додаємо до нього наш припуск і отримуємо $20+1=21\text{мм}$

N36 G75 R1 — перший рядок циклу G75. Параметр R визначає відстань в міліметрах на яку відводиться різець після врізання. В нашому випадку ця відстань рівна 1 мм.

N37 G75 X72 Z66 Q3000 P7000 F10 — другий рядок циклу G75. Розглянемо його параметри:

X72 — координата по осі X яка визначає кінцеве положення канавки (діаметр канавки). Вводячи цю координату треба враховувати те що потрібно ще залишити припуск на чистому обробку, в нашому випадку він складає 1 мм (на радіус). Так як координата по X вводяться по діаметру до діаметру заготовки додаємо 2 припуски і отримуємо: $70+1 + 1= 72\text{мм}$

Z66 — координата кінцевої точки канавки. На кресленні (рис.1.6) видно що кінцева точка канавки має координату Z70. Але нам це значення не підходить. Пам'ятаємо про припуск 1мм який треба залишити на чистову обробку. В даному випадку від значення 70 треба відняти припуск: $70-1=69\text{мм}$. Але це значення координати також не підходить тому що воно не включає в себе корекцію на ширину різця. Різець у нас шириною 3мм с нулем в верхній лівій точці. Це 3 положення віртуальної вершини інструменту Рис.33, віртуальною вона є через те що різець не має гострих кутів робочої кромки, в нашому випадку її радіус округлення складає 0.2 мм. Від отриманої координати віднімаємо ще й ширину різця $69-3=66\text{мм}$. Це значення і є кінцевою точкою обробки канавки по осі Z.

Q3000 крок проточки по осі Z в мкм. Цей параметр ні в якому разі не повинен перевищувати ширину різця і повинен бути кратним довжині

нарізаємо!’ канавки по осі Z. В нашому випадку ширина канавки складає 48мм, тому, щоб знизити кількість проходів задамо найбільше можливе значення параметру 3000 мкм, тобто 3 мм (ширина різця).

P7000 параметр який визначає величину врізання по осі X в мкм. В нашому випадку значення параметру складає 7000 мкм.

F10 — параметр подачі, яка складає 10 мм/хв., в даному випадку Після відпрацювання циклу різець повертається в точку с старту циклу, в нашому випадку в точку X105 Z21.

X70.0— врізання в канавку з точки підводу і зняття припуску в 1 мм з лівої сторони канавки і частини меншого діаметру канавки.

G0 X105 — повернення інструменту в точку початку обробки канавки X105.0 Z20.0

Z67.0 — переміщення інструменту для зняття чистового припуску з правої сторони канавки. Реально права сторона канавки по осі Z має координату 70. Так пам'ятаємо що треба ще враховувати товщину ріжучої пластини інструменту, яка складає 3 мм. От і отримуємо $70-3=67$ мм.

N44G1X70. 0 — зняття припуску з правої сторони канавки до діаметру канавки в 70 мм.

N45 Z20. 0 зняття припуску з дна канавки і проточування цим самим його до 70мм;

N46 G0 X105 — відвід різця в точку початку обробки.

Все, канавка проточена в розмір 100x70x50. Тепер приступимо до обробки іншої канавки, яка служить для виходу різьбонарізного різця.

N49 G0 X105 Z140. 0 — Переміщення по осі Z в точку початку обробки.

N50 X45. 0 — Переміщення по осі X в точку початку обробки.

N51 G1 X26. 0 — проточка лівої стінки канавки до 26мм;

N52 Z147. 117 — проточка дна канавки до початку нахиленої правої стінки.

На ньому кадрові ми зупинимось детальніше. Здавалося б координата по Z повинна бути 147 з врахуванням ширини різця 3 мм і координатою правої стінки по Z 150: $150-3=147$ мм. Але ні, якщо ввести координату Z147 обробка не буде точною. Згадаємо що різець у нас не має гострої кромки якою він може проточити координату Z147. Округлення кожної ріжучої кромки складає 0,2мм. Це також треба враховувати при введенні координати.

N53 X45 A45 — в цьому кадрові ми одночасно точимо фаску $2 \times 45^\circ$ і відводимо різець після виконання обробки канавки. Для цього вказуємо координату по X на яку буде відводитись різець і за допомогою параметру A вказуємо кут під яким здійснюється різання, в нашому випадку це кут 45° . Все канавка під різьбу виконана.

N54 G28 U0 W0 — це останній кадр в цій групі обробки. В ньому ми відводимо різець з поточної точки в референтну позицію для подальшої зміни інструменту. Код відведення різця в 1 референтну позицію G28. Після нього вказана точка з якої виконується відвід. Тут точка задана не в абсолютних координатах (як після циклу токарної чистової обробки), а в приращеннях. Це зроблено для спрощення роботи і не вираховування координат поточного положення різця. Параметр W вказує переміщення від поточної точки по осі X, а параметр U0 по осі Z.

Література: [3], [6].

Практична робота 2.

Дослідження стандартних токарних циклів FANUC

Мета роботи: «Дослідити особливості стандартних токарних циклів обробки деталей типу «тіл обертання», що використовуються на верстатах з ЧПУ FANUC.

Хід роботи

- 1) Опанувати особливості написання коду стандартних циклів токарної обробки в системі Fanuc, використовуючи програму «CNC SIMULATOR».
- 2) Навести результати виконання лабораторної роботи у вигляді ескізів виготовлених елементів деталей в середовищі «CNC SIMULATOR».
- 3) Оформити звіт по виконаній роботі.
- 4) Зробити висновки по роботі.

Програмування обробки на верстатах з ЧПУ здійснюється на мові, яку зазвичай називають мовою ISO 7 біт або мовою G і M кодів. Мова G і M кодів ґрунтується на положеннях Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) і Асоціації електронної промисловості (EIA).

Виробники систем ЧПУ дотримуються цих стандартів для опису основних функцій, але допускають вільності і відступи від правил, коли мова заходить про спеціальні можливості своїх систем.

Японські системи ЧПУ FANUC (FANUC CORPORATION) були одними з перших, адаптованих під роботу з G і M кодами і використовують цей стандарт найбільш повно. В даний час стійки FANUC є найбільш поширеними як за кордоном, так і в Україні.

Системи ЧПУ інших відомих виробників, наприклад SINUMERIK (SIEMENS AG) і HEIDENHAIN, також мають можливості по роботі з G і M кодами, однак деякі специфічні коди можуть відрізнятися. Про різницю в

програмуванні специфічних функцій можна дізнатися з документації до конкретної системи ЧПУ.

При роботі на верстатах зі стійкою ЧПУ FANUC неминуче доводиться писати програми обробки деталей. Способів створення цих програм безліч - найпростіший (але не швидкий спосіб) писати програми вручну. Це особливо актуально при роботі на токарних верстатах з ЧПУ. Токарні операції вимагають меншої кількості кадрів програми ніж фрезерні, тому всі ці переміщення цілком реально прописати вручну. При цьому частина кадрів і навіть блоків програми виходять досить одноманітні і їх можна скопіювати.

Якщо на Вашому верстаті встановлена система ЧПУ FANUC, то процес ручного написання програм значно спрощується. Інженери цієї японської фірми подбали про те, щоб наладчик не витрачав свого часу на рутинне прописування одноманітних траєкторій. У цій практичній роботі зібрані основні цикли FANUC для токарної обробки. Для кожного циклу прописані розгорнуті описи з урахуванням всіх нюансів, які зазвичай зустрічаються на практиці.

2.1 Цикл поздовжньої чорнової обробки G90

G90 - цикл автоматичної чорнової поздовжньої обробки FANUC призначений для проточки довгих циліндричних ділянок деталі. Так само можна розточувати внутрішні отвори. При необхідності можна запрограмувати конічну проточку.

Переваги:

- Дозволяє проточити необхідний діаметр за кілька проходів по глибині.
- Запис циклу лаконічний, що дозволяє знизити ймовірність помилки і спростити подальше редагування.
- Для кожного проходу може бути індивідуально задана подача і швидкість обертання шпинделя.

Недоліки:

- Не зручний при великій різниці початкового і кінцевого діаметрів.
- Немає чистового проходу.
- Незручне програмування конічних поверхонь.
- Інструмент після кожного проходу повертається у вихідну точку циклу.

Розглянемо більш уважно цикл G90. Найбільш використовуєма операція на токарному верстаті - це поздовжня проточка. Навіть найсучасніші прохідні різці з твердосплавними пластинами не завжди можуть за один прохід зняти потрібну кількість матеріалу. Для того щоб збільшити ресурс інструменту і скоротити навантаження на механічні системи верстата, матеріал знімають за кілька проходів. Глибина проходів залежить від властивостей матеріалу і ріжучого інструменту, а також надійності закріплення заготовки.

Розглянемо приклад застосування циклу G90.

У нас циліндрична заготовка діаметром 40мм (рис. 2.1), яку нам необхідно проточити до діаметра 31 мм на глибину 25 мм. Глибина знімання на сторону виходить 4.5 мм - це дуже багато (особливо для невеликих токарних верстатів). Тому 4.5 мм ми розділимо на 3 проходи, кожен по 1.5 мм на сторону. Крім цього, для кожного проходу необхідно прописати точку виходу з X, повернення різця на безпечну позицію Z і захід на наступний діаметр X. Для тих, хто знайомий з програмуванням в G-кодах, буде очевидно, що для одного проходу потрібно 4 рядки програмного коду. Загалом на всю обробку потрібно мінімум 12 рядків коду (кадрів). І всі ці рядки доведеться прописувати вручну.

G0 X37. Z2 - захід на перший прохід;

G1 Z-25 - проточка діаметра 37 мм на глибину 25 мм;

G1 X42 - вихід з матеріалу;

G0 Z2 - прискорене відведення за торець деталі;

G0 X34 - захід на наступний діаметр;
 G1 Z-25 - проточка діаметра 33 мм на глибину 25 мм;
 G1 X42 - вихід з матеріалу;
 G0 Z2 - прискорене відведення за торець деталі;
 G0 X31 - захід на наступний діаметр;
 G1 Z-25 - проточка діаметра 31 мм на глибину 25 мм;
 G1 X42 - вихід з матеріалу;
 G0 Z2 - прискорене відведення за торець деталі.

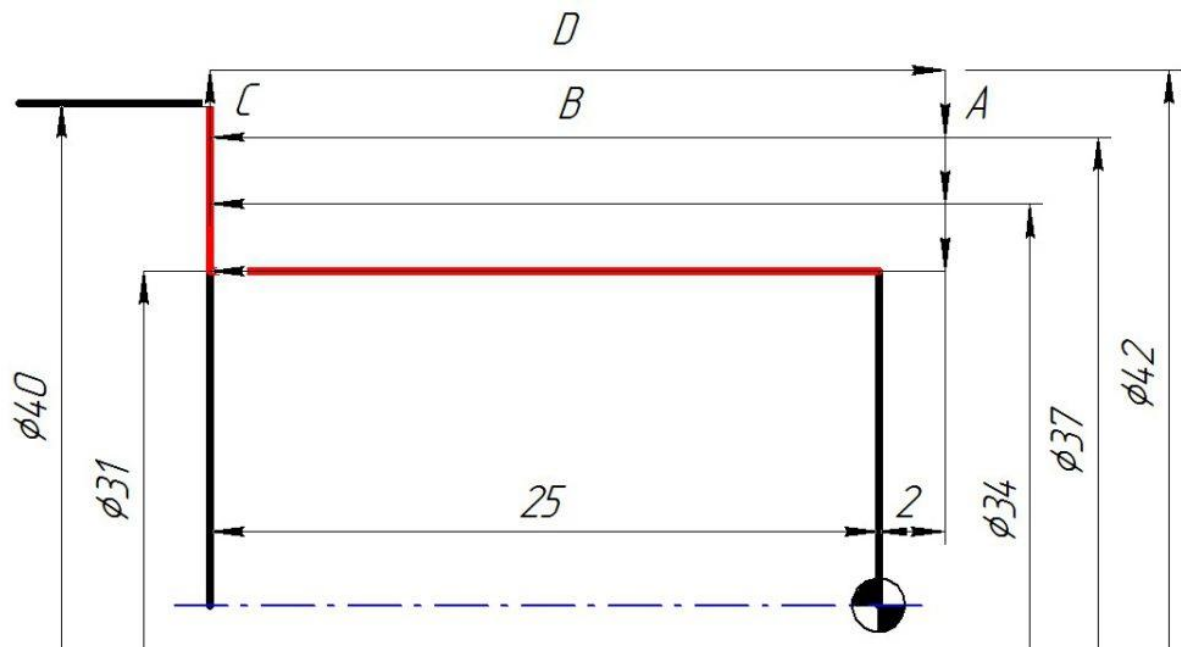


Рисунок 2.1 – Приклад операції поздовжнього точіння

Як видно з рисунка 2.1, за один прохід різцем ми робимо 4 однакових операції:

1. Вихід на потрібний діаметр на прискореній подачі (G0 X37. Z2.)
2. Поздовжня проточка на робочій подачі (G1 Z-25.)
3. Вихід з матеріалу на робочій подачі (G1 X42.)
4. Вихід за торець деталі на прискореній подачі (G0 Z2.)

У нашому випадку проходів всього 3 і їх реально прописати вручну, але що робити, якщо різниця між початковим і кінцевим діаметром значно більша?

У цьому випадку доцільно застосовувати стандартні цикли FANUC. Цикл поздовжньої обробки G90 дозволить спростити нашу програму, скоротити час її написання, а також виключити небажані помилки. G90 - це один з найпростіших циклів FANUC, давайте поглянемо на його форму запису:

- G0 X (Xc) Z (Zc) (переміщення в координати стартової точки циклу)
- G90 X (X1) Z (Z1) (включення циклу і позначення координат 1-го проходу)
- X (X2) (позначення координати X другого проходу)
- ...
- X (Xn) (позначення координат X наступних проходів)

Пропишемо нашу програму з 12 кадрів за допомогою циклу G90 (рис. 2.2).

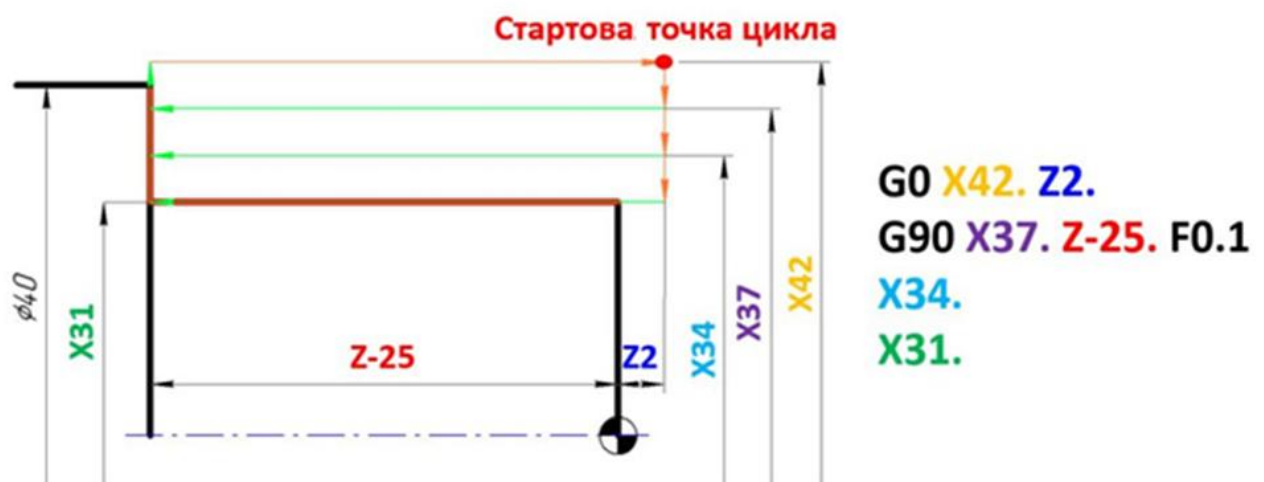


Рисунок 2.2 – Приклад програмування циклу G90

З рисунку 2.2 видно, що нам більше не потрібно вручну прописувати кожен рух, цикл G90 розраховує їх сам, крім того це дозволило нам **скоротити програму всього до 4-х кадрів!** Дуже важливий перший рядок циклу, він задає стартову точку - після кожного проходу інструмент буде повертатися саме в цю точку. У другому рядку прописується команда G90, яка повідомляє верстату, що тепер він працює в режимі циклу поздовжньої обробки. Після G90 вказується діаметр першого проходу і глибина всіх наступних проходів

(яку ми вказуємо 1 раз). Команда G90 модальна і скасовується будь-яким іншим G-кодом переміщення (G0, G1, G2 або G3). Далі на кожен прохід нам потрібно тільки 1 рядок, що складається з координати X. Верстат самостійно визначає траєкторію прискореної подачі (помаранчеві стрілки) і траєкторію робочої подачі (зелені стрілки).

А тепер може виникнути питання: «А чи можна розточити отвір подібним чином?» Відповідь - Так! Якщо стартова точка циклу буде нижче наступних проходів, то система FANUC визначить, що це розточування внутрішнього діаметра і буде діяти трохи інакше.

Приклад: необхідно розточити отвір до діаметру 35 мм, попередньо просвердлений свердлом діаметром 27 мм. Як і в попередньому випадку, у нас буде 3 проходи, діаметр кожного наступного проходу буде збільшуватися. Координату X стартової точки циклу ми вибираємо трохи меншою, ніж діаметр попередньо просвердленого отвору, рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Приклад програмування циклу G90 для операції розточування

Даний цикл дуже зручний, але слід не забувати стежити за стружкоутворенням, інакше скупчення стружки всередині отвору може привести до поломки розточувального різця.

Багатьом відомо, що на токарних верстатах проточують не тільки циліндричні поверхні, але і конічні. За допомогою циклу G90 можна

проточувати не тільки циліндричні поверхні, але і конічні! Для цього завдання нам необхідно злегка модернізувати наш цикл G90, щоб повідомити верстат про свої наміри виточити конус.

Приклад: необхідно виточити конус з кутом нахилу 6 градусів, з діаметром підстави 31 мм і висотою 25 мм з прутка діаметром 36 мм. За конус в циклі G90 відповідає параметр R, рис. 2.4.

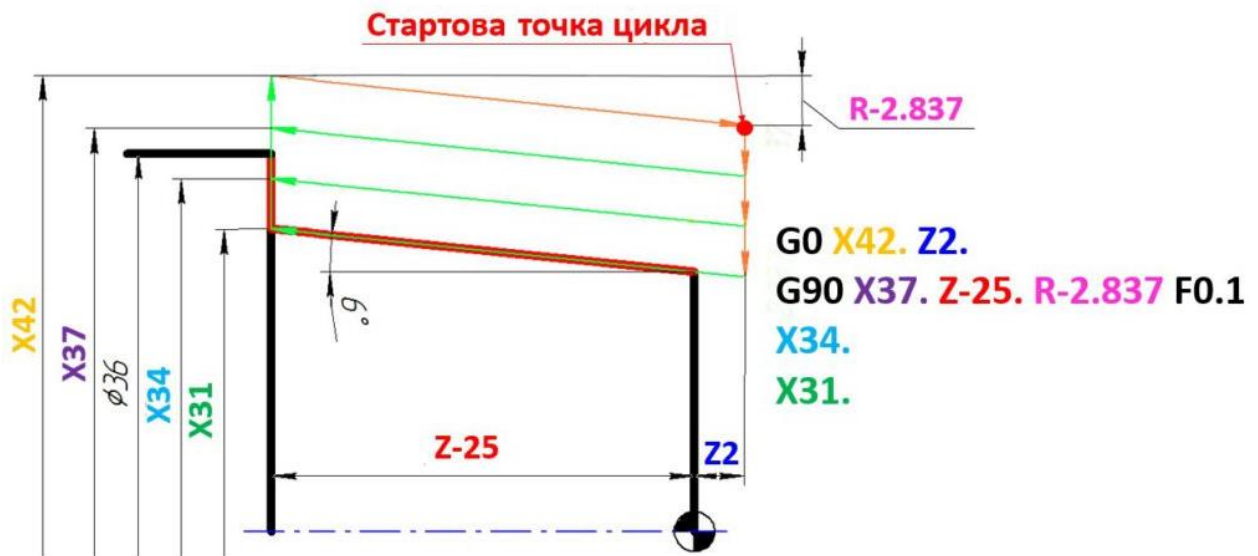


Рисунок 2.4 – Приклад програмування циклу G90 для операції точіння конусу

Як видно з рис. 2.4, параметр R просто зрушує стартову точку циклу на фіксоване значення X. Причому для зовнішньої обробки нам необхідне від'ємне значення X, так як початковий діаметр конуса менший, ніж кінцевий. Параметр R визначається за такою формулою:

$$R = (Z + \Delta Z) \cdot \operatorname{tg}(\alpha);$$

де Z – довжина конуса в мм;

ΔZ – відстань від торця деталі до нульової точки;

α – кут конусу.

При програмуванні внутрішнього розточення значення R буде позитивним. Неправильний вибір знаку параметра R може привести до поломки різця. Тому завжди перевіряйте нові і відредаговані програми в

режимі SBK (покадрове відпрацювання) на мінімальних швидкостях переміщення.

2.2 Цикл торцевої чорнової обробки G94

G94 - цикл чорнової поперечної обробки FANUC може бути корисний при програмуванні проточки коротких циліндричних ділянок деталі з великою різницею початкового і кінцевого діаметрів. Іншими словами - це цикл для обробки торцевих поверхонь деталі. При бажанні може бути запрограмоване конічне торцювання. Даний цикл є аналогом циклу G90, тільки основний матеріал, що знімається, йде в іншому напрямку.

Переваги:

- Дозволяє підрізати торець деталі за кілька проходів по глибині.
- Запис циклу лаконічний, що дозволяє знизити ймовірність помилки і спростити подальше редагування.
- Для кожного проходу можуть бути індивідуальні відмінності задання подачі і швидкості обертання шпинделя.

Недоліки:

- Не зручний при великій глибині обробки.
- Немає чистового проходу.
- Незручне програмування конічних поверхонь.
- Інструмент після кожного проходу повертається у вихідну точку циклу.

Приклад застосування циклу G94 для торцевої чорнової обробки представлено на рис. 2.5.

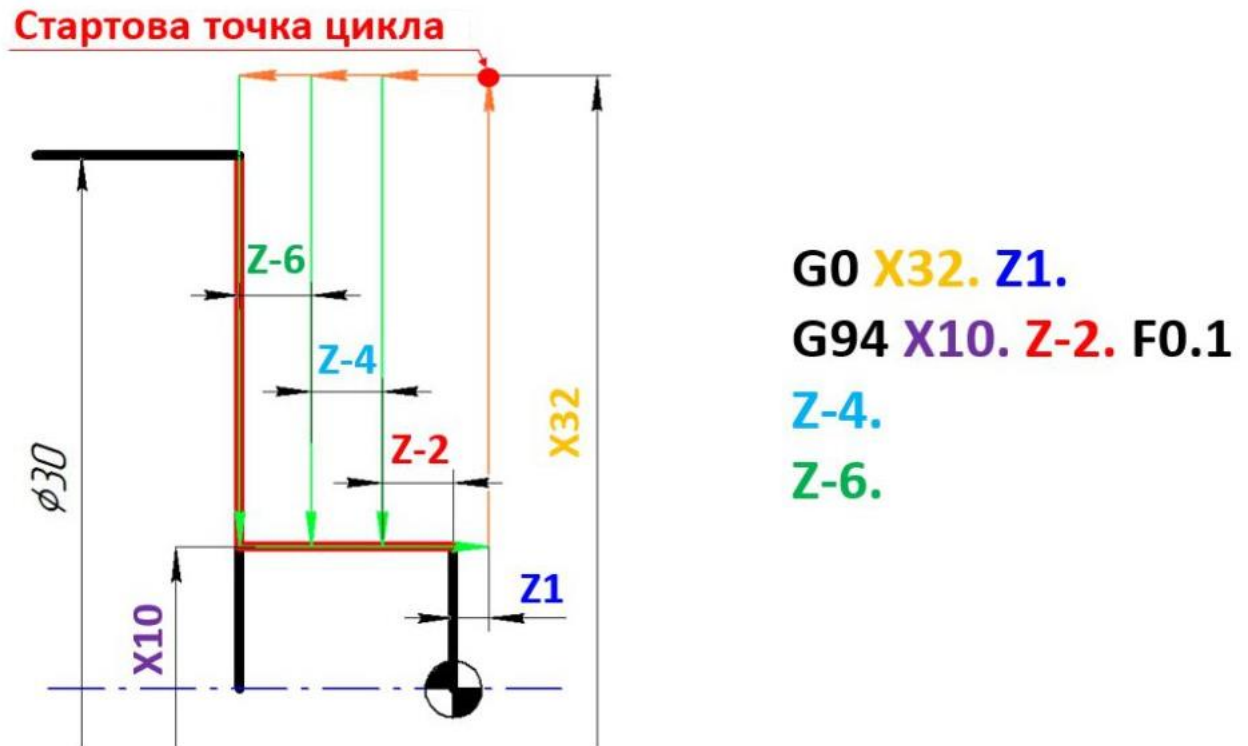


Рисунок 2.5 – Приклад застосування циклу G94 для торцевої чорнової обробки

2.3 Цикл нарізання різьби G92

G92 - цикл нарізання різьби різцем. Дозволяє зробити кілька проходів різьбовим різцем по глибині, при цьому на верстаті включається синхронізація, яка дозволяє потрапляти різцем в один і той же виток. При цьому вказується фіксована довжина різьби, яка поширюється на весь цикл.

Переваги:

- Дозволяє проточити один або кілька проходів різьби на фіксовану глибину.
- Можна задати індивідуальні режими різання і глибини для кожного проходу.

Недоліки:

- Не зручний при великій кількості проходів.
- Координату кожного проходу потрібно задавати вручну.

- Немає чистового проходу.
- Немає параметра, що відповідає за збіг різьби.

Приклад застосування циклу G92 для нарізання різьби представлено на рис. 2.6.

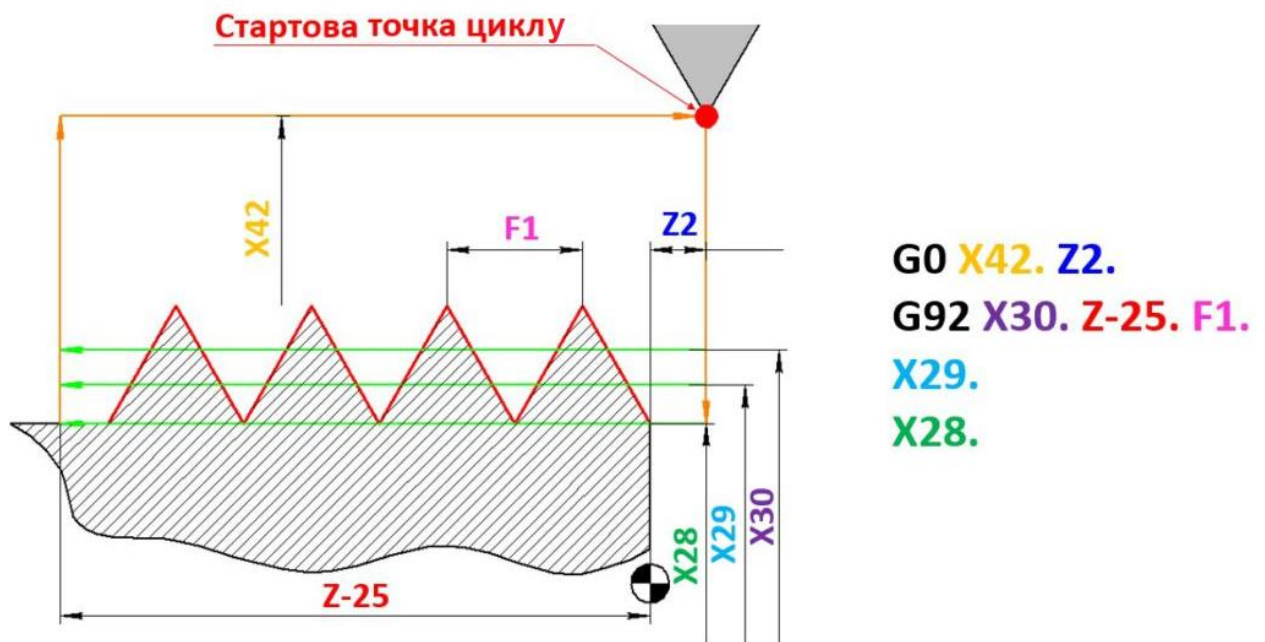


Рисунок 2.6 – Приклад застосування циклу G92 для нарізання різьби різцем

2.4 Цикл чорнової поздовжньої контурної обробки G71

G71 - це цикл чорнової поздовжньої контурної обробки. Даний цикл має більш розширений функціонал у порівнянні з циклом G90. У більшості випадків рекомендується застосовувати саме цей цикл обробки.

Переваги:

- Дозволяє проточити контур будь-якої складності.
- Кількість проходів в циклі розраховується через параметр величини знімання матеріалу, тобто не потрібно задавати кожен прохід окремо.

- Доповнюється циклом G70, який дозволяє зробити чистовий прохід.
- Контур, що обточується, програмується окремо від циклу, і прописується як звичайна траєкторія руху інструмента - зручно в редагуванні.
- Можна запрограмувати припуски, причому окремо по осі X і Z.
- При кожному проході автоматично обчислюється відведення по осі X, що дозволяє заощадити машинний час.

Недоліки:

- Не можна задавати швидкість подачі на окремі проходи.
- Відстань між проходами фіксована для всього циклу.
- Необхідно нумерувати рядки коду, які описують контур.

Приклад застосування циклу G71 для чорнової поздовжньої контурної обробки представлено на рис. 2.7.

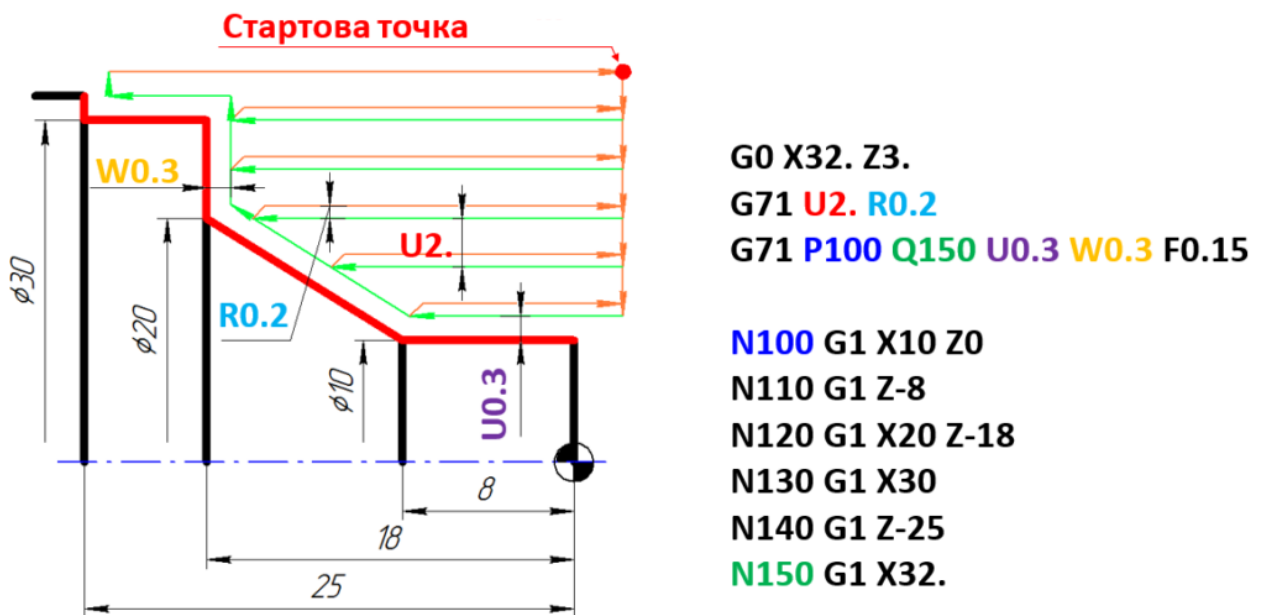


Рисунок 2.7 – Приклад застосування циклу G71 для чорнової поздовжньої контурної обробки

2.5 Цикл чорнової поперечної контурної обробки G72

G72 - це цикл чорнової поперечної контурної обробки. Цей цикл схожий з циклом G71, тільки обробка ведеться в напрямі осі X. Застосовуючи цей цикл

дуже зручно обробляти фасонні торцеві поверхні. Даний цикл може застосовуватися при контурному розточуванні отворів.

Переваги:

- Зручний для обробки торцевих поверхонь.
- Дозволяє проточити контур будь-якої складності.
- Кількість проходів в циклі розраховується через параметр величини знімання матеріалу, тобто не потрібно задавати кожен прохід окремо.
- Доповнюється циклом G70, який дозволяє зробити чистовий прохід.
- Контур, що обточується програмується окремо від циклу, і прописується як звичайна траєкторія руху інструмента - зручно в редагуванні.
- Можна запрограмувати припуски, причому окремо по осі X і Z.
- При кожному проході автоматично обчислюється відведення по осі Z, що дозволяє заощадити машинний час.

Недоліки:

- Не можна задавати швидкість подачі на окремі проходи.
- Відстань між проходами фіксована для всього циклу.
- Необхідно нумерувати рядки коду, які описують контур.

Приклад застосування циклу G72 для чорнкової поперечної контурної обробки представлено на рис. 2.8.

2.6 Цикл контурної обробки G73

G73 - це цикл контурної обробки. Цикл розроблений для обточування деталей, які мають рівномірний припуск матеріалу по всьому периметру обробки. Зазвичай під цей тип обробки потрапляють литі деталі.

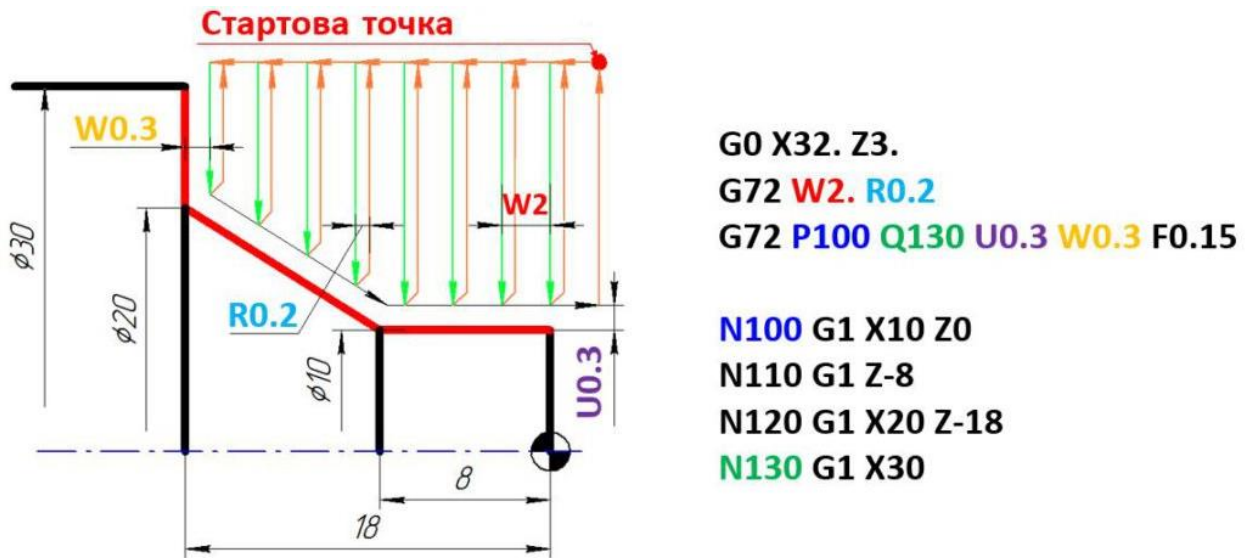


Рисунок 2.8 – Приклад застосування циклу G72 для чорнової поперечної контурної обробки

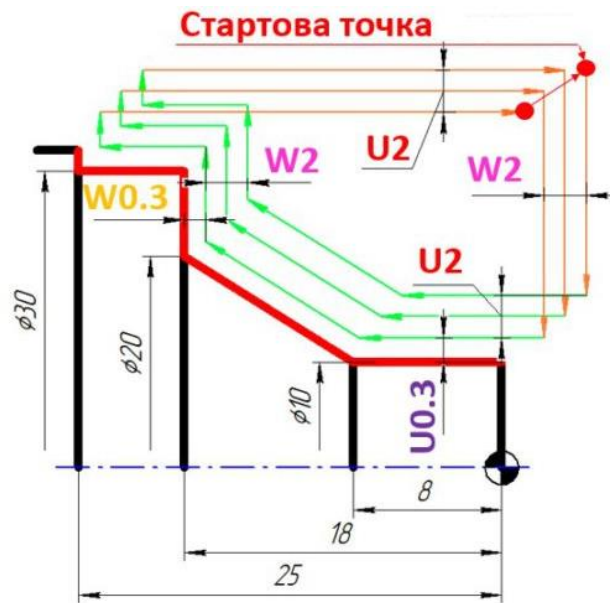
Переваги:

- Дозволяє обробити контур будь-якої складності.
- Дозволяє за короткий час обробити литу заготовку.
- Кількість проходів в циклі розраховується через параметр величини знімання матеріалу, тобто не потрібно задавати кожен прохід окремо.
- Доповнюється циклом G70, який дозволяє зробити чистовий прохід.
- Контур, що обточується, програмується окремо від циклу, і прописується як звичайна траєкторія руху інструмента - зручно в редагуванні.
- Можна запрограмувати припуски, причому окремо по осі X і Z.

Недоліки:

- Не можна задавати швидкість подачі на окремі проходи.
- Відстань між проходками фіксована для всього циклу.
- Необхідно нумерувати рядки коду, які описують контур.

Приклад застосування циклу G73 для контурної обробки представлено на рис. 2.9.



G0 X32. Z3.
 G73 U2. W2. R3.
 G73 P100 Q150 U0.3 W0.3 F0.15

N100 G1 X10 Z0
 N110 G1 Z-8
 N120 G1 X20 Z-18
 N130 G1 X30
 N140 G1 Z-25
 N150 G1 X35

R3. - кількість проходів

Рисунок 2.9 – Приклад застосування циклу G73 для контурної обробки

2.7 Цикл чистової контурної обробки G70

G70 - цей цикл доповнює цикли G71 / G72 / G73. Він дозволяє зробити чистову обробку контуру, після застосування циклу чорнової обробки. Як самостійний цикл використовувати його недоцільно.

Переваги:

- Дозволяє проточити контур будь-якої складності.
- Можна запрограмувати подачу і обороти окремо на чистовий прохід.
- Програмування чистового проходу в одному рядку.

Недоліки:

- Не має сенсу як самостійний цикл.
- Необхідно нумерувати рядки коду, які описують контур.

Приклад застосування циклу G70 для чистової контурної обробки представлено на рис. 2.10.

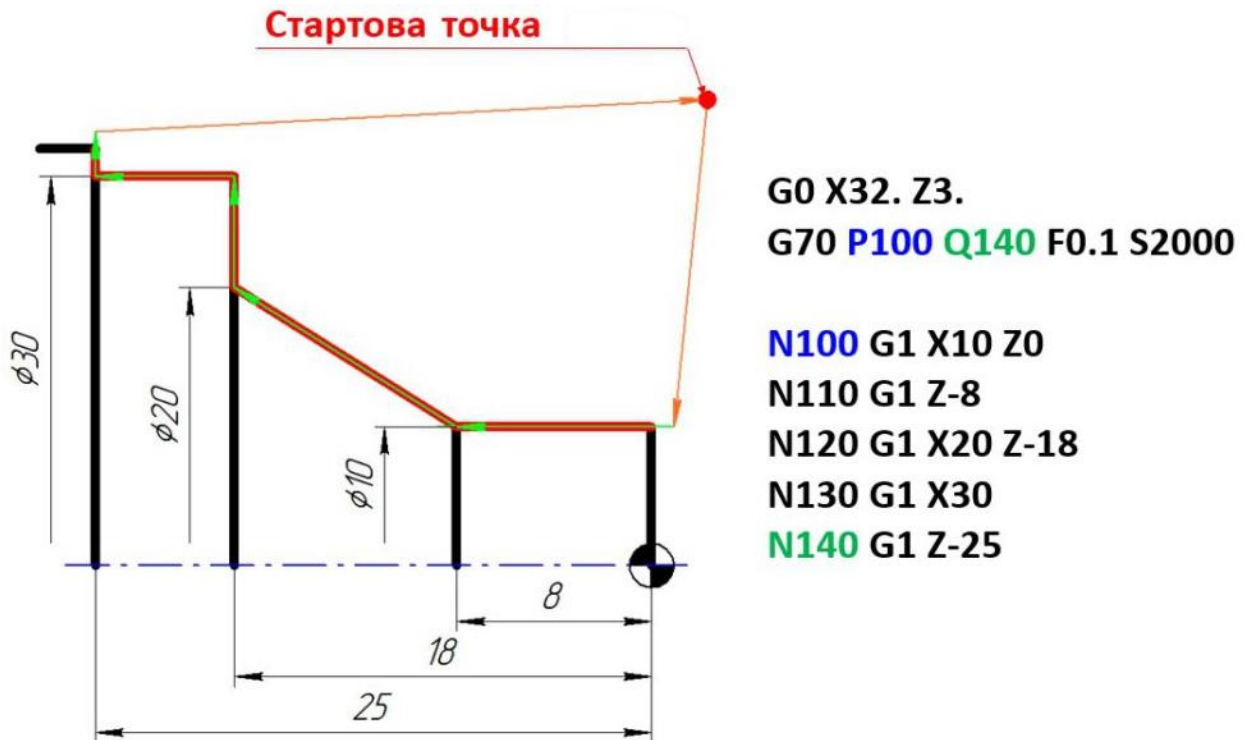


Рисунок 2.10 – Приклад застосування циклу G70 для чистової контурної обробки

2.8 Цикл автоматичної обробки канавок G75

G75 - це цикл для виточування канавок. Дозволяє запрограмувати прямокутну канавку довільного розміру.

Переваги:

- Дозволяє швидко запрограмувати канавку заданих розмірів.
- Покращує процес виведення стружки з канавки.

Недоліки:

- Не можна задавати швидкість подачі на окремі проходи.
- Відстань між проходами фіксована для всього циклу.
- Немає чистового проходу.
- Необхідно враховувати ширину пластини при програмуванні канавки.

Приклад застосування циклу G75 для автоматичної обробки канавок представлено на рис. 2.11.

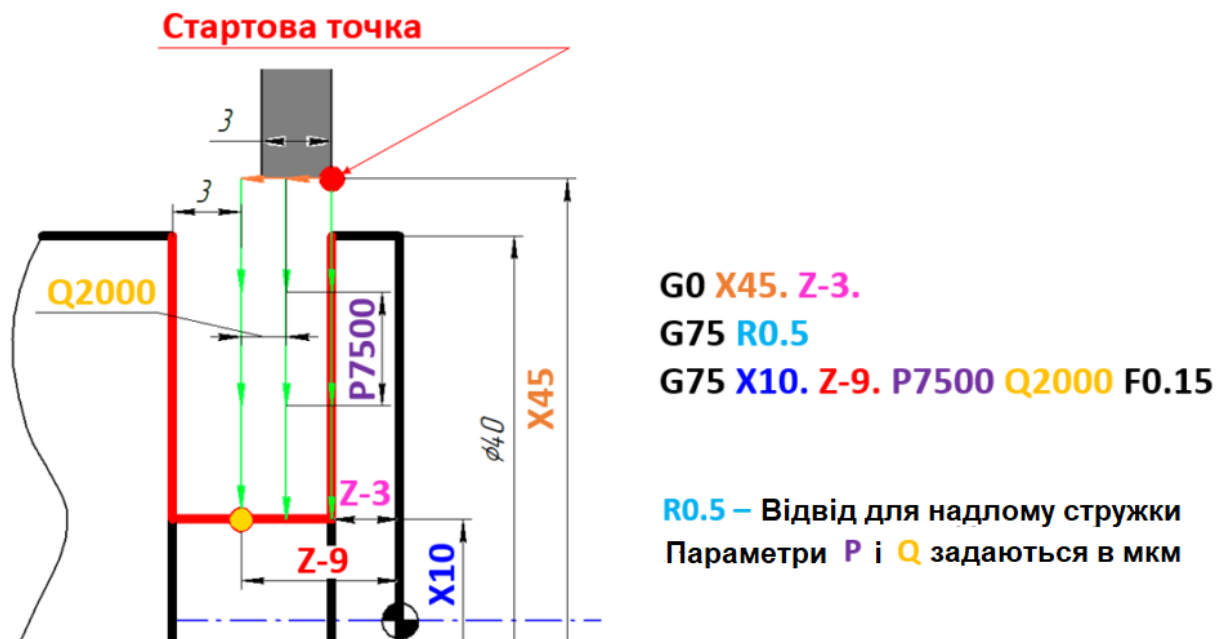


Рисунок 2.11 – Приклад застосування циклу G75 для автоматичної обробки канавок

2.9 Цикл автоматичного нарізання різьби G76

G76 - це цикл спеціально розроблений для нарізання різьби на токарних верстатах за допомогою різця. Циклом G76 можна запрограмувати нарізання зовнішньої і внутрішньої різьби за кілька проходів.

Переваги:

- Дозволяє нарізати різьбу будь-якого діаметру і кроку.
- Розрахунок чорнових проходів проводиться автоматично.
- Можна запрограмувати збіг різьби.
- Цикл дозволяє зробити чистові проходи.
- Можна запрограмувати кінчну різьбу.

Недоліки:

- Недоліків у цього циклу немає, хіба що складна форма запису.

Цикл G76 є стандартним циклом, застосовуваним на токарних верстатах з ЧПУ Fanuc. Різьбове з'єднання - це вид роз'ємного з'єднання, яке дуже часто застосовується в машинобудуванні. Близько 70% деталей, виготовлених на токарних верстатах, містять різьбові елементи. Відповідно, оператори ЧПУ, що працюють зі стійкою Fanuc, повинні вміти правильно запрограмувати цикл G76.

Раніше, коли верстатів з ЧПУ практично не було, нарізати різьбу можна було на токарно-гвинторізний верстаті. По-перше, цей процес займав багато часу. По-друге, нарізати різьбу довільного кроку було можливо лише за рахунок налагодження гітари змінних коліс, що займало багато часу. В даний час цикл ЧПУ G76, застосовуваний для нарізки різьби на токарних верстатах з ЧПУ, істотно полегшив цю задачу.

Подивимося, як запрограмувати різьбу M16x2 (рис. 2.12). За стандартами ЕСКД даний запис свідчить, що нам потрібна метрична різьба з зовнішнім діаметром 16 мм і кроком 2 мм.

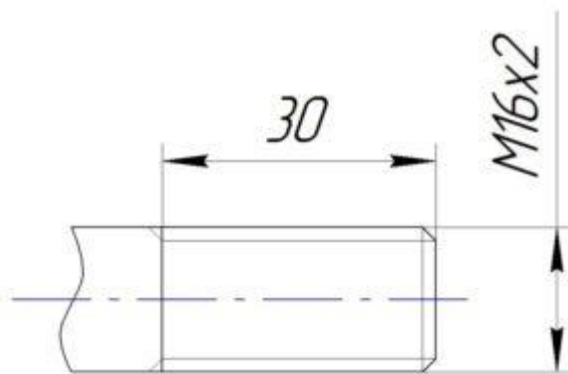


Рисунок 2.12 – Ескіз кінця шпильки з різьбою M16x2

Для початку нам потрібно вибрати відповідний різьбовий різець. Основним параметром різьбової пластини буде її кут при вершині. У нашому випадку кут пластини повинен бути 60° (тому що різьба метрична). Ви повинні переконатися, що державка різця за своїми габаритами дозволяє виконати дану операцію. Це дуже важливо, тому що при запуску циклу в

автоматичному режимі під час різь не працюватиме кнопка «CYCLE STOP». Якщо ви натиснете кнопку «CYCLE STOP», то верстат зупиниться тільки після повернення різця в стартову точку циклу. Відповідно, зупинити верстат вийде тільки кнопкою «emergency stop» або «RESET».

Потім нам необхідно прив'язати нульову точку різця. Ми можемо прив'язувати нуль до кінчика різця або до бічної поверхні, рис. 2.13. Якщо Ви плануєте нарізати різьбу на прутку, то краще перший варіант. Однак, якщо різьба буде закінчуватися уступом (наприклад, головкою болта), то краще другий варіант.

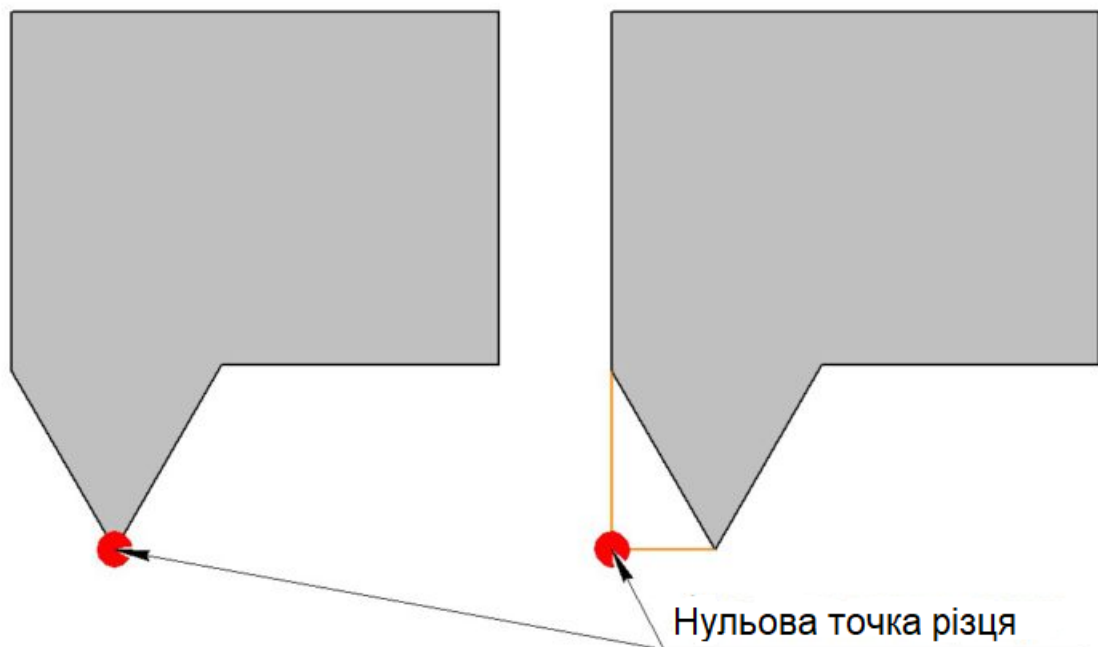


Рисунок 2.13 – Варіанти розташування нульової точки інструмента

Тепер ми можемо перейти безпосередньо до програмування. Цикл нарізання різьби G76 програмується за допомогою 2-х рядків. А також, перед включенням циклу необхідно перемістити інструмент в стартову точку циклу. Стартову точку циклу слід вказувати на безпечній відстані від заготовки, щоб стружка могла спокійно виводитися із зони різання, рис. 2.14.



Рисунок 2.14 – Вибір стартової точки циклу G96

2.9.1 Опис циклу G76 (перший рядок)

Тепер розберемося з першим рядком циклу, рис. 2.15. Перший параметр в ньому комплексний і визначає відразу 3 параметра: кількість чистових проходів, величину збігу різьби і спосіб знімання матеріалу. Задається буквою Р і далі йде три двозначних числа, які повинні бути написані разом.

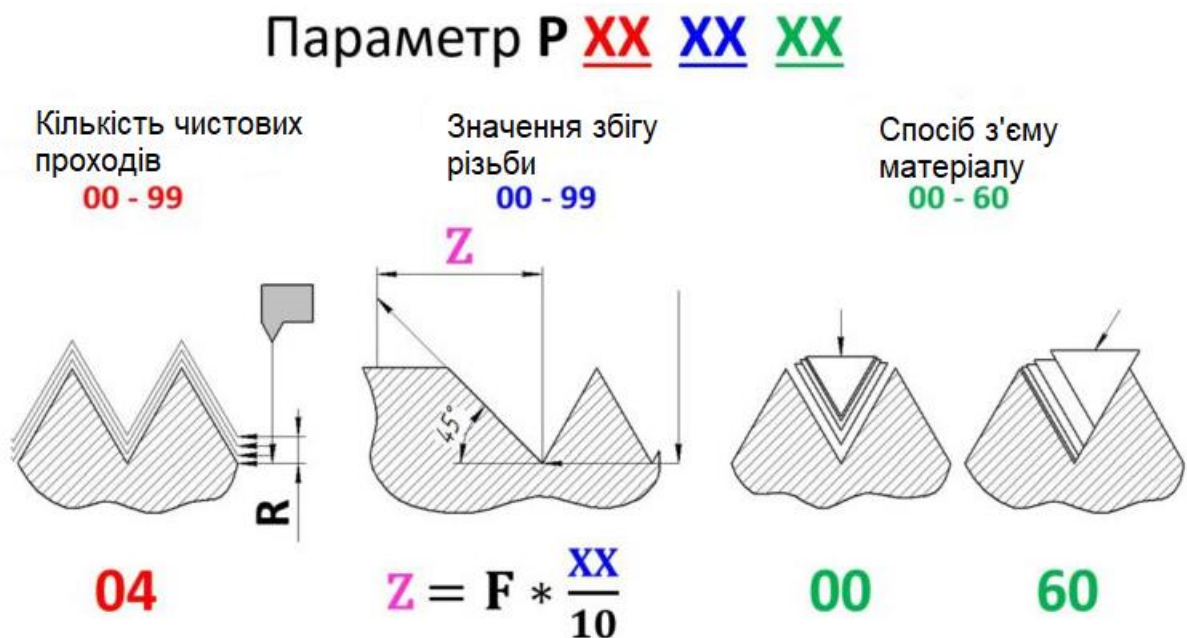


Рисунок 2.15 – Параметри першої строки циклу G76

Кількість чистових проходів як правило складає від «01» до «03» і підбирається експериментальним шляхом. При цьому слід пам'ятати, що

припуск на чистовий прохід R розділиться на таку кількість чистових проходів, яку ми вкажемо (рис. 2.16).

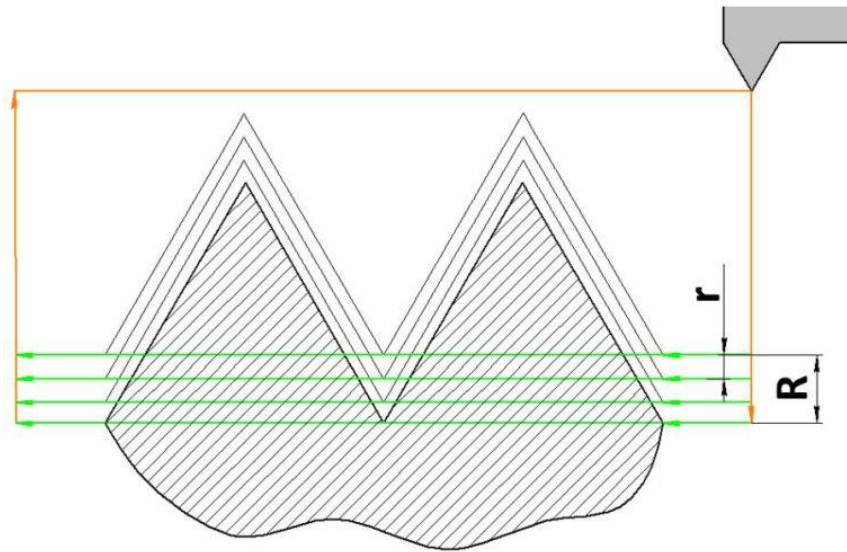


Рисунок 2.16 – Розділ припуску на чистовий прохід R на кількість чистових проходів

Величину збігу різьби необхідно вказувати для більш плавного виходу різця з матеріалу. Якщо на деталі передбачена виточка під вихід різьби (рис. 2.17), то значення цього параметра приймається рівним «00».

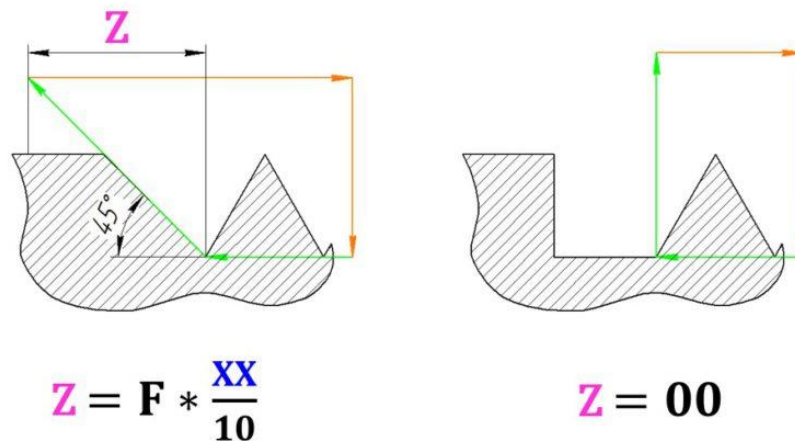


Рисунок 2.17 – Розрахункова схема для визначення величини збігу різьби

Параметр може приймати будь-які цілі значення в інтервалі від «00» до «99». Довжина самого збігу розраховується за вищевказаною формулою.

Спосіб знімання матеріалу буває з прямим врізання і бічним врізання. Пряме врізання краще застосовувати на різбових різцях, що володіють низькою бічною жорсткістю. Воно забезпечує розподілене навантаження на різець, рис. 2.18.

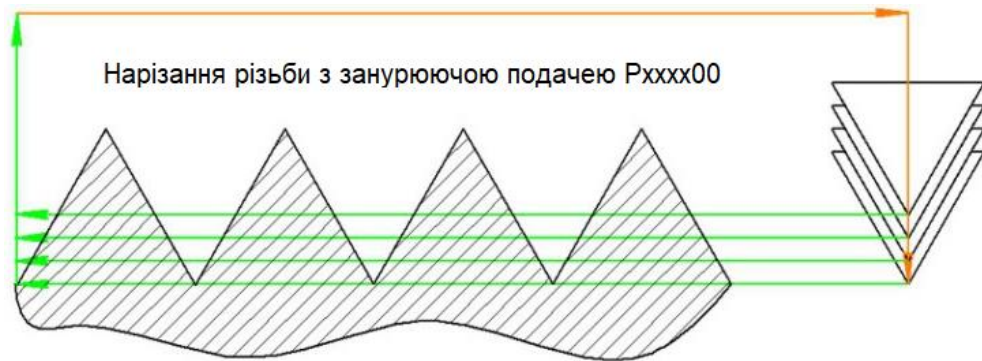


Рисунок 2.18 – Схема прямого врізання

Але якщо потрібно нарізати різьбу великої глибини, то правильніше застосовувати бічне врізання. Завдяки цьому знижується площа контакту кромки різця із заготовкою. Якщо на поверхні різьби утворюється дроблення, то застосування бічного врізання може допомогти в цій ситуації. Даний параметр може приймати значення від «00» до «99», в залежності від кута різьби, що нарізується. Для метричної різьби не більше «60», рис. 2.19.

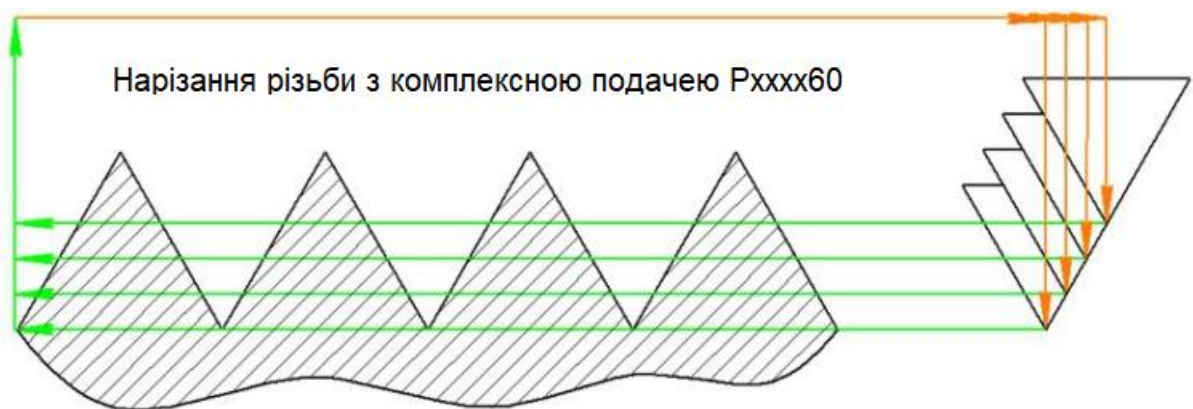


Рисунок 2.19 – Схема бічного врізання

Ще два параметра, що прописуються в першому рядку циклу, відзначені на рис. 2.20.

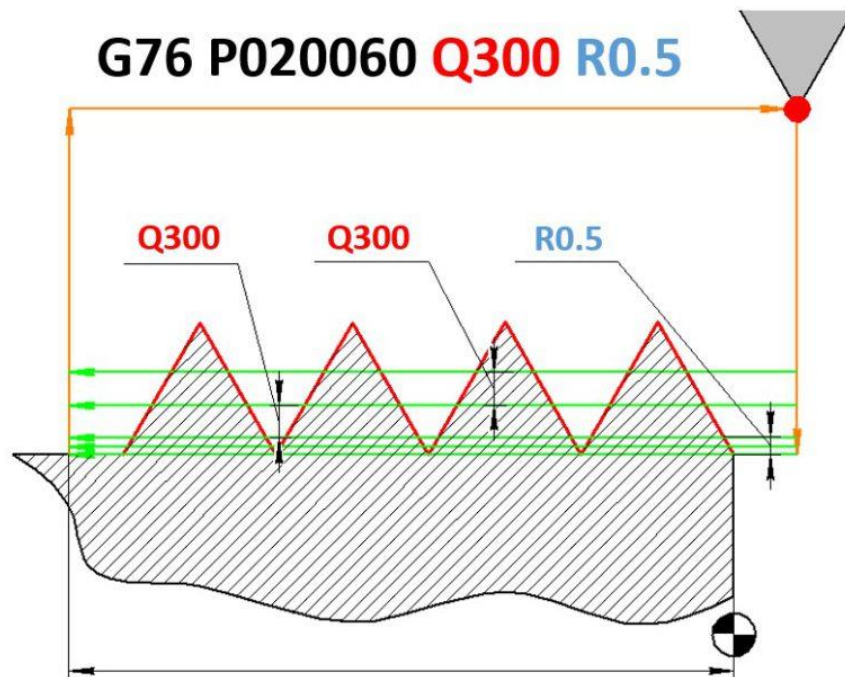


Рисунок 2.20 – Графічне представлення двох останніх параметрів першого рядку циклу G76

Q – величина знімання матеріалу при проходах, які слідують за першим проходом. Задається в мкм.

R – значення припуску на чистові проходи. Задається в мм.

2.9.2 Опис циклу G76 (другий рядок)

У другому рядку циклу, параметрів більше ніж в першому. Зверніть увагу, що програмісти компанії Fanuc розробили цикл нарізання різьби G76 таким чином, що в двох рядках використовуються параметри, які мають однакові буквені позначення. Так що будьте дуже уважні!

Графічний опис токарного циклу G76 представлено на рис. 2.21.

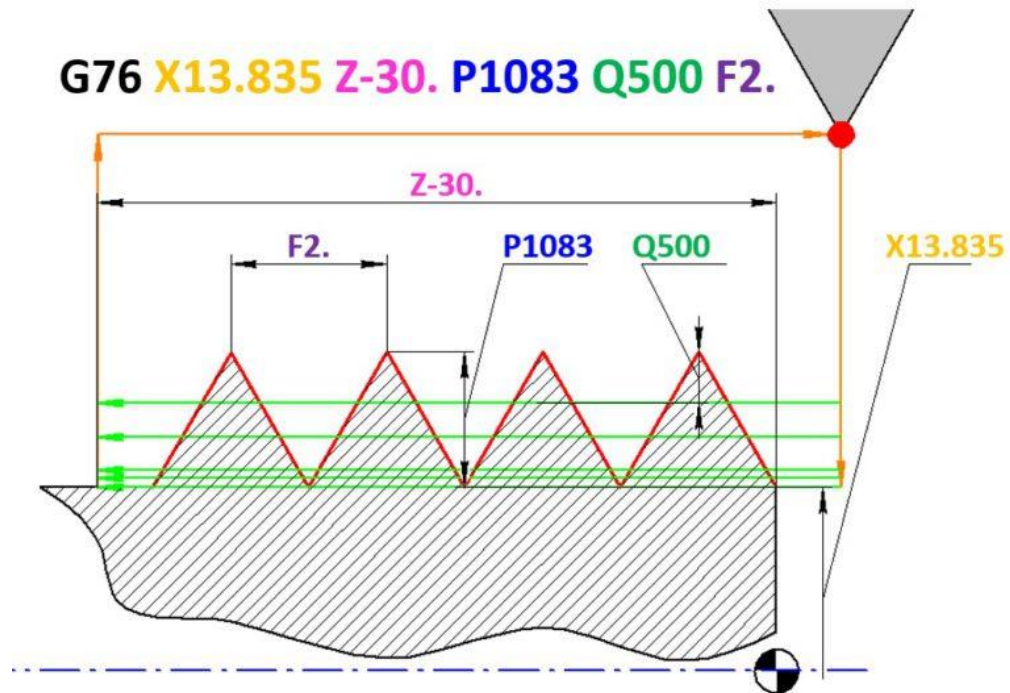


Рисунок 2.21 – Графічний опис токарного циклу G76

1. P - це висота профілю різьби. Цей параметр розраховується за формулою:

$$P = F \cdot \alpha = 2 \cdot 0,542 \approx 1,083$$

де F – крок різьби;

α – коефіцієнт, що залежить від кута різьби. Для метричної різьби $\alpha = 0,542$

Отримане значення множимо на 1000, оскільки параметр P задається в мікрометрах і для нашого прикладу отримуємо $P = +1083$.

2. X - це внутрішній діаметр різьби. Його можна розрахувати за формулою:

$$X = D - 2P = 16 - 2 \cdot 1,083 = 13,835$$

де D – внутрішній діаметр різьби. В нашому прикладі він дорівнює 16 мм.

3. Z - це довжина різьби. Не забувайте, що цей параметр вказується в абсолютній системі координат, тобто зі знаком «мінус». У нашому прикладі $Z = -30$.

4. Q - це величина знімання при першому проході. Через те, що при першому проході навантаження на різець мінімальне, то перший прохід можна робити трохи більшим, ніж наступні. Виберемо значення Q що дорівнює 0,5 міліметрів. Так як цей параметр задається в мікрометрах, то $Q = 500$.

5. F – це крок різьби. За фактом цей параметр позначає подачу, але так як на токарному верстаті ми задаємо подачу в мм/оберт, то подача буде дорівнювати кроку різьби. Для нашого прикладу $F=2$.

В кінцевому підсумку цикл G76 (цикл нарізки різьби) для нашого прикладу буде виглядати так, як показано на рис. 2.22.

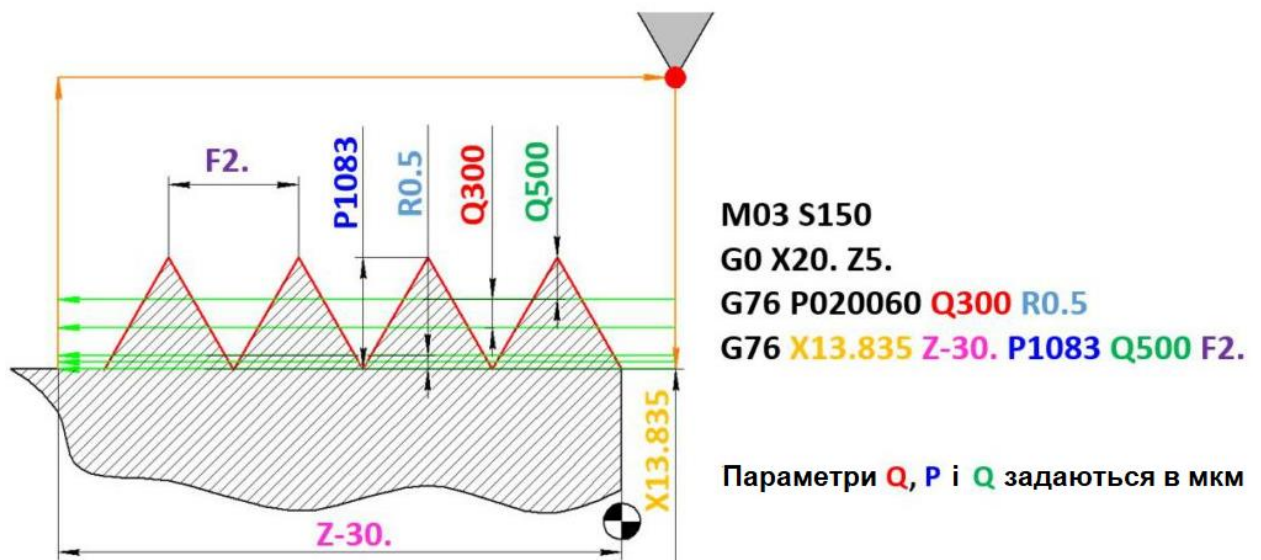


Рисунок 2.22 – Приклад застосування циклу G76 для автоматичного нарізання різьби

Література: [3], [4], [5], [6].

Практична робота 3.
Програмування фрезерної обробки в системі ЧПУ 2С42

Мета роботи: «Дослідити особливості програмування трьохосового фрезерного верстат з системою ЧПУ 2С42»

Хід роботи

- 1) Вивчити основи фрезерної обробки на верстатах з ЧПУ.
- 2) Досконало розібрати наведений приклад.
- 3) Самостійно запрограмувати обробку індивідуальної деталі.

3.1 Вибір діаметра фрези

Найчастіше для контурної обробки на фрезерних верстатах із ЧПУ використовують кінцеві фрези. При обробці відкритих зон розміри і конфігурація деталі не впливає на розміри інструмента. Зі збільшенням діаметра фрези підвищується продуктивність обробки. Тому діаметр фрези рекомендується приймати максимально можливим.

При обробці внутрішніх закритих зон максимальний радіус фрези обмежений мінімальним радіусом округлення контуру деталі.

При чистовій обробці радіус фрези повинний дорівнювати радіусу округлення (рис. 1.1).

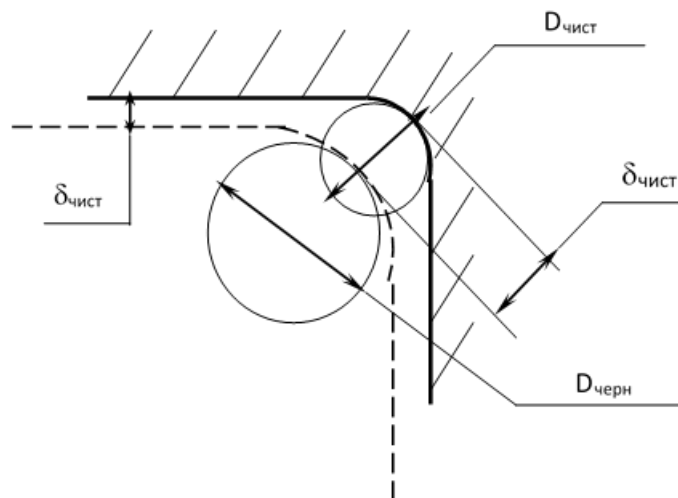


Рисунок 3.1 – Вибір радіуса інструмента

При чорновій обробці з погляду продуктивності радіус фрези бажано вибирати максимальним. Але це приводить до того, що в кутах контуру залишається припуск δ , величина якого залежить від радіуса фрези. При чистовому фрезеруванні припуск на обробку стрибкоподібно міняється від величини $\delta_{\text{чист}}$, котра складає частки міліметра, до значно більшої величини δ . Це приводить до стрибкоподібної зміни сили різання і можливого віджиму деталі. Точність обробки при цьому знижується.

Тому радіус фрези для чорнової обробки рекомендується вибирати таким, щоб величина припуску δ не перевищувала величини

$$\delta \leq (0,15 \dots 0,25) \cdot D_{\text{чист}}.$$

3.2 Вибір довжини фрези

Для забезпечення достатньої жорсткості інструмента необхідно витримувати співвідношення (рис. 3.2):

$$H \leq 2,5 \cdot D,$$

де H – максимальна товщина стінки деталі.

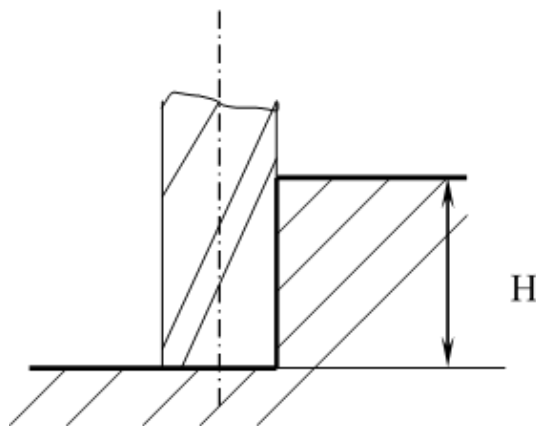


Рисунок 3.2 – Вибір довжини інструмента

Якщо ця умова не виконується, обробку розбивають на кілька проходів.

проекціях із усіма розмірами. Вибирають положення нуля деталі і проводять осі координат системи деталі.

2. Вибирають положення вихідної точки (точка 0). Задають її координати в системі координат деталі. Положення вихідної точки вибирається виходячи з умови безпечної зміни інструмента і мінімізації холостих ходів. При багатоінструментальній обробці вихідних точок може бути кілька.

3. Цифрами позначають усі базові точки деталі. При необхідності ставлять технологічні точки (точки зміни режимів різання, точки короткочасної зупинки інструмента для контролю точності обробки з указівкою часу зупинки).

4. Позначають положення елементів, що базують, і притискних елементів пристосування.

5. Наносять траєкторії руху всіх інструментів у двох площинах. Початком і кінцем траєкторії служить точка 0. Напрямок переміщення вказують стрілками. Перед зупинкою інструмента чи зміною режимів різання інструмент необхідно відвести від деталі. Траєкторії руху різних інструментів бажано наносити різним кольором.

6. Указують режими різання для різних інструментів на різних ділянках обробки.

7. Наносять додаткові дані: модель верстата, характеристика інструмента, послідовність обробки і т.д.

3.4 Призначення системи ЧПУ 2C42

Система ЧПУ 2C42 призначена для управління верстатами свердлильної, фрезерної і розточувальної груп. Програмування виробляється шляхом запису на перфострічці чи безпосереднім введенням з пульта управління з використанням коду ISO-7bit.

Система дозволяє здійснювати: загальне управління чотирма координатами і двома - одночасно; позиціювання; лінійну, кругову, лінійно-кругову інтерполяцію; відпрацьовування постійних циклів; дзеркальне відпрацьовування по координатах X, Y; цикл розгону і гальмування; автоматичну компенсацію люфту при реверсі; корекцію на радіус і довжину інструмента; зсув нуля відліку по кожній координаті; завдання дискретності переміщень 0,01 мм чи 0,001 мм; завдання величини переміщень в абсолютних і відносних координатах; завдання величини подач у мм/хв, швидкості головного руху - у об/хв; корекцію робочих подач на 0...120%; корекцію швидкості головного руху на 40...140%; позиціювання магазину інструментів по датчику положення; контроль за швидкістю обертання шпинделя.

3.5 Структура управляючої програми

УП складається з послідовності кадрів. Починається програма символом «%», що позначає «початок програми», і її номером. Символ % служить для зупинки перемотування стрічки при зчитуванні. Закінчується програма кадром, що містить команду M02 – «кінець програми».

Повторювані частини програми можуть бути оформлені у виді окремих підпрограм (ПП), що заносяться в постійний запам'ятовуючий пристрій системи. Пам'ять СЧПУ може зберігати до 99ПП.

Після кадру, що містить ознаку початку програми, міститься інформація, що пояснює, (вказівки наладчику, номер деталі, дата складання і т.д.). Текст, що пояснює програму керування, необхідно укладати в круглі дужки. У середині дужок не повинне бути символів «%», «:», «ПС». Інформація в дужках не сприймається і не відпрацьовується УЧПУ. Інформація, внесена в дужки, може включати:

- назви інструмента в кадрі зміни інструмента (FREZA 125, SVERLO 10);
- вказівка наладчику (PROV 60H7).

3.6 Структура кадру

Керуюча програма складається з кадрів. Кадр складається зі слів, кожне з яких несе геометричну, технологічну чи іншу інформацію. Слово складається з буквеного символу, називаного адресою, і числового значення, установленого розмірності.

Кожен кадр програми повинний починатися словом «N ...» номер кадру (не більш 9999) і закінчуватися словом «ПС» - кінець кадру. Суцільна нумерація кадрів необов'язкова. Максимальна довжина кадру – 64 символів.

Замість символу «N» може стояти символ «:» - головний чи кадр чи «/» - кадр, що випадає. Головний кадр служить для указівки всієї інформації, необхідної для початку і поновлення відпрацьовування УП. Кадр, що випадає, містить інформацію, що може бути пропущена за бажанням оператора. Для зчитування кадрів з «/» на пульті вибирається відповідний режим.

Приклад: % №1 номер програми

N 10

N 20

/ N30

N 40

При вказівці на зчитування кадрів з «/» - зчитуються всі кадри підряд. Якщо цей режим роботи не зазначений, УП відпрацьовує кадри 10,20,40.

В одному кадрі не можна програмувати два і більш слова під однією адресою, крім слів, запрограмованих під адресою G і M.

Порядок і правила запису інформації в кадрі задається форматом кадру. Він містить усі застосовувані в системі команди. Формат кадру системи 2C42:

N4 G2 X+ 3,3 Y+ 3,3 Z+3,3 B+ I+3,3 J+3,3 K+3,3 F4 S4 T2 N9 H1
D2 M2 P2 L2 R1 E7 ПС,

де N - номер кадру,

G - підготовчі функції

X, Y, Z, I, J, K - координати в мм,
 B - кутове переміщення навколо осі Y,
 F - швидкість подачі в мм/хв,
 S - швидкість головного руху в об/хв,
 T - номер інструмента,
 D - номер коректора зсуву інструмента по довжині чи радіусу,
 N9 - номери кадрів, що підлягають повтору,
 H - число повторів,
 P - параметр підпрограм,
 L - номер підпрограми,
 M - допоміжна функція,
 R - формальний параметр,
 E - час затримки в 0,1с.

3.7 Допоміжні функції

Допоміжні функції призначені для керування допоміжними і технологічними процесами на верстаті і програмуються адресою M и двозначним числом.

Реалізовані в системі функції поділяються на ті, котрі вказуються в програмному режимі (позначені PP) і відпрацьовуються після вказівки в УП чи ПП у кадрі завдання і діють до скасування, і на функції, що задаються в ручному режимі (P) з пульта керування чи екрана дисплея. Перелік кодів функцій приведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Допоміжні функції

Функція	Призначення	Дія	Примітка
M00	Програмована зупинка	ОК	Діє в програмному режимі в кадрі виклику. Використовується для зупинки програми по закінченні кадру. Подальша робота з УП можлива при натисканні кнопки «Пуск програми».
M01	Зупинка з підтвердженням	ОК	Технологічна зупинка. Використовується, якщо зупинка потрібна не для кожної обробки, а періодично.
M02	Кінець керуючої програми	ОК	Програмується в останньому кадрі програми і вказує кінець програми обробки деталі
M03	Обертання шпинделя по годинній стрілці	ДО	Включає обертання шпинделя по годинній стрілці
M04	Обертання шпинделя проти годинної стрілки	ДО	Включає обертання шпинделя проти годинної стрілки
M05	Зупинка шпинделя	ДО	Скасовується адресою S. Включення шпинделя здійснюється автоматично при завданні S
M06	Зміна інструмента	ОК	Діє в програмному режимі чи в ручному режимі при натисканні кнопки «Пуск автооператора»
M08	Включення охолодження	ДО	Скасовується функцією M09
M09	Вимикання охолодження	ДО	Скасовується функцією M08
M17	Кінець програми	ОК	Програмується окремим кадром наприкінці програми
M19	Зупинка шпинделя в заданій позиції	ДО	Відбувається орієнтація шпинделя, задається перед зміною інструмента
M20	Кінець підпрограми	ОК	Програмується окремим кадром наприкінці підпрограми
M30	Кінець стрічки	ОК	
M38 M41	Переключення діапазону обертання шпинделя	ДО	У програмному режимі діє автоматично

Функція	Призначення	Дія	Примітка
M60 M63	Автоматична зміна палет	ДО	Здійснюється зміна супутників. У попередньому кадрі необхідно здійснювати виїзд у відповідну позицію зміни

3.8 Програмування режимів обробки

3.8.1 Програмування швидкості обертання шпинделя

Програмується за допомогою адреси S і чотиризначного числа в об/хв. Код під адресою S запам'ятовується і діє до надходження нового коду з цією адресою. Для завдання обертання по годинній стрілці в цьому ж кадрі задається підготовча функція M03, проти годинної стрілки – M04. При завданні S0 відбувається автоматична орієнтація шпинделя після зупинки. Завдання орієнтації шпинделя обов'язково перед зміною інструмента, а також перед початком роботи шпинделя в режимі, що стежить, (координата C).

Швидкість обертання шпинделі може бути скоректована від 50 до 120% від заданого значення.

Приклад програмування швидкості обертання шпинделя 300 об/хв по годинній стрілці

N25 M03 S300

3.8.2 Програмування величини подачі

Здійснюється за допомогою адреси F і чотиризначного числа в мм/хв для лінійних координат і в град/хв - для кругових. Дискретність завдання швидкості подачі - 1 мм/хв. Наприклад, величина подачі 200 мм/хв задається F200.

Нулі, які стоять до першої значущої цифри, можна опускати.

Наявність у кадрі функції G09 автоматично приводить до гальмування

наприкінці кадру до швидкості мінімального ходу. Ця функція може використовуватися при різкій зміні напрямку руху інструмента для підвищення точності обробки.

При написанні управляючої програми кадри з програмуванням режимів обробки йдуть безпосередньо за кадром зміни інструмента. Вихід у позицію зміни завжди відбувається на прискореному ходу, тому вказувати в цьому кадрі функцію G00 не потрібно.

Наприклад, необхідно перемінити інструмент на фрезу, що знаходиться в 5 позиції інструментального магазину і задати режими різання при фрезеруванні швидкість різання $n=450$ об/хв, обертання по годинній стрілці, подача $S=50$ мм/хв. Запис у керуючій програмі:

N03 M05 S0 PC зупинка шпинделя у фіксованому положенні під зміну інструмента.

N04 G28 PC вихід у позицію зміни інструмента

N05 M06 T05 зміна інструмента

N06 M03 S450 F50 PC завдання режимів різання

Якщо програма тільки починається і відбувається зміна першого інструмента, необхідного для обробки, то кадр N03 не потрібний. Відразу після кадру з ознакою початку програми (%) відбувається виведення шпинделя в позицію зміни і зміна інструмента.

3.9 Підготовчі функції

Визначають вид і умови руху. Задаються адресою G і двозначним числом. Нуль у першому розряді вказувати обов'язково. Усі підготовчі функції розбиті на групи. В одному кадрі можуть бути задані команди G тільки з різних груп. Значення підготовчих функцій для системи 2C42 приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Значення підготовчих функцій

Код	Значення	Час дії
G00	Позиціювання	ДО
G01	Лінійна інтерполяція	ДО
G02	Кругова інтерполяція по годинній стрілці	ДО
G03	Кругова інтерполяція проти годинної стрілки	ДО
G28	Вихід у позицію зміни інструмента	ОК
G29	Вихід у постійні точки верстата	ОК
G33	Нарізування різей	ОК
G17	Вибір площини обробки XY	ДО
G18	Вибір площини обробки ZX	ДО
G19	Вибір площини обробки YZ	ДО
G20	Дозвіл корекції подачі	ДО
G21	Дозвіл корекції швидкості обертання шпинделя	ДО
G22	Дозвіл корекції подачі і швидкості обертання шпинделя	ДО
G23	Заборона корекції подачі і швидкості обертання шпинделя	ДО
G25	Вихід в абсолютний нуль верстата по обраний координаті	ОК
G40	Скасування корекції на радіус і довжину інструмента	ДО
G41	Корекція на радіус при русі ліворуч від контуру	ДО
Код	Значення	Час дії
G42	Корекція на радіус при русі праворуч від контуру	ДО
G43	Корекція на довжину інструмента позитивна	ДО
G44	Корекція на довжину інструмента негативна	ДО
G53	Скасування дії нуля, що плаває	ДО
G71- G75	Зсув початку відліку	ДО
G70	Скасування зсуву нуля	ДО
G90	Абсолютний розмір	ДО
G91	Розмір у збільшеннях	ДО
G09	Гальмування наприкінці кадру	ОК
G04	Витримка у відпрацьовуванні на визначений час (пауза)	ОК
G36- G38	Постійні цикли обходу кутів	ДО
G30	Скасування постійних циклів G36-G 38	ДО
G64- G66	Постійні цикли виходу на контур	ОК
G89	Постійні цикли обробки отворів	ДО
G80	Скасування постійних циклів G81-G89	ДО

Примітки: 1 Зміна нуля, що плаває, повинна відбуватися тільки на прямолінійній ділянці траєкторії з використанням функцій G90 і G40.

2 ДО - команди, що діють до скасування командою тієї ж групи чи командами, що приводять систему у вихідний стан.

3 ОК - команди, що діють у межах одного кадру.

Система 2C42 передбачає використання великої кількості підготовчих функцій, тому розглянемо лише деякі з них.

3.9.1 Вибір системи координат (G 90 і G 91)

Величини переміщень можуть програмуватися в абсолютних координатах чи у збільшеннях (відносні координати). Для роботи в абсолютній системі координат у кадрі записується функція G 90, для роботи в збільшеннях - G 91. Одна з функцій G 90 чи G 91 повинна бути задана в першому кадрі керуючої програми, у якому присутні адреси координатних переміщень X, Y чи Z. Функції діють до скасування одна одною. У межах однієї керуючої програми можливо переходити від функції G 90 до функції G 91 необмежену кількість разів. Це зв'язано з характером завдання розмірів на кресленні деталі і зручністю програмування.

При роботі в абсолютній системі координат (наявність функції G90) під відповідною адресою програмується числова інформація, що відповідає координатам кінцевої точки в кадрі щодо обраної системи координат деталі.

При завданні числової інформації в збільшеннях (наявність функції G91) під відповідною адресою програмуються переміщення щодо координати, запрограмованої в попередньому кадрі.

3.9.2 Не скоординовані переміщення (G00)

Функція застосовується для великих переміщень на прискореному ході (до 4000 мм/хв) – підхід до деталі, вихід у точку зміни інструмента і т.д. По

цій команді переміщення столу відбувається по довільній траєкторії. Функція G00 є єдиною функцією, що дозволяє рух робочих органів верстата в автоматичному режимі без включення обертання шпинделя.

Функція діє до скасування функціями G01 – переміщення на робочій подачі по прямої лінії, G02 чи G03 - переміщення на робочій подачі по дузі окружності. При переході від робочого переміщення до прискореного (завдання функції G00) задане раніше значення F запам'ятовується і, якщо в наступному кадрі значення подачі залишається колишнім, його повторювати не потрібно. У цьому випадку пристрій ЧПУ відпрацьовує задану зміну подачі з прискоренням на початку кадру без ознаки на перфострічці. Аналогічно наприкінці кадру відпрацьовується гальмування до швидкості подачі наступного кадру.

3.9.3 Вихід у позицію зміни інструмента (G28)

Функція забезпечує автоматичний вихід у позицію зміни інструмента, переміщення відбувається тільки по координаті Y.

Увага! Кадру з командою G28 повинний обов'язково передувати кадр із командою S0, тому що при обертівому чи неорієнтованому шпинделі спроба зміни інструмента може привести до поломки верстата. Приклад програмування див. пункт 3.8.

3.9.4 Вибір площини обробки (G17, G18, G19)

Вибір площини, у якій буде вироблятися обробка даної ділянки деталі, вказується в кадрі управляючої програми, що стоїть за кадром зміни інструмента і призначення режимів різання.

Увага! Якщо в межах однієї управляючої програми необхідно

перемінити площину обробки, то необхідно попередньо відвести інструмент від деталі на безпечну відстань.

3.10 Програмування переміщень

Траєкторія ділянки контуру деталі, що інтерполюється, визначається відповідною функцією. Ділянка інтерполяції може складатися з одного чи декількох відрізків інтерполяції. Початкова точка кожного відрізка збігається з кінцевою точкою попереднього. Кожному відрізку інтерполяції в програмі відповідає окремий кадр, у якому задаються координати кінцевої точки відрізка.

3.10.1 Лінійна інтерполяція (G01)

Функція використовується при обробці прямолінійних ділянок деталі (рівнобіжних чи під кутом до координатних осей). Інтерполяція може відбуватися по одній, двом чи трьом координатним осям. Якщо додатково не вводиться спеціальна функція вибору площини інтерполяції (функції G17-G19), то автоматично встановлюється площина XOY.

Приклад програмування в абсолютній системі координат:

N16 G17 G64 G01 X20 Y30 G41 D01 F800 S300 ПС завдання площини інтерполяції, вихід на еквідистанту, завдання координат точки 1

N17 X50 Y70 F200 ПС переміщення в точку 2 на робочій подачі (координати точки 2 задані в абсолютній системі координат)

N18 G41 D00 X0 Y40 F800 ПС відхід з еквідистанти.

Приклад програмування у відносній системі координат:

N16 G64 G01 X20 Y30 G41 D01 F800 S300 ПС

N17 G91 X20 Y30 F200 ПС координати точки 2 задані в збільшеннях стосовно координат точки 1

N18 G90 G41 D00 X00 Y40 F800 ПС

Функція вибору способу інтерполяції діє до скасування її іншою

функцією з цієї групи. Тому при незмінному способі інтерполяції повторювати функцію в кожному кадрі не треба.

3.10.2 Кругова інтерполяція (G02 і G03)

Кругова інтерполяція - це погоджений рух механізмів по круговій траєкторії уздовж двох осей. Вона можлива в кожній із трьох координатних площин XY, YZ, XZ. Вибір площини інтерполяції здійснюється однією з підготовчих функцій G17,G18,G19.

Увага. При програмуванні кругової інтерполяції в одному кадрі управляючої програми можна задавати переміщення робочого органа тільки в одному квадранті системи координат. Якщо криволінійний контур деталі знаходиться в декількох квадрантах, то необхідно вводити додаткові точки на контурі деталі (точки 2 і 3) і програмувати обробку в декількох кадрах.

При круговій інтерполяції, крім завдання координат кінцевої точки дуги адресами X,Y,Z, необхідно під адресами I, J, K задати координати центра окружності.

Для площини XY - задаються адреси X,Y,I,J

XZ - задаються адреси X,Y,I,K

YZ - задаються адреси Y,Z,J,K.

При абсолютному способі програмування під цими адресами задаються координати кінцевої точки дуги і центра окружності в поточній системі координат.

При програмуванні в збільшеннях - координати цих точок відносно початку дуги (рис.3.4).

3.10.3 Обхід кутів G36-G38, G30

Однієї з найбільш трудомістких операцій при складанні УП є розрахунок додаткових траєкторій при обході кутів деталі. Система ЧПУ 2С42 має стандартні підпрограми, що дозволяють автоматично розраховувати ці траєкторії. Функції G36-G38 забезпечують обхід кутів по різних схемах.

Цикл G36 забезпечує обхід кута дугою, що сполучає, рис. 3.5. При завданні в програмі цього циклу здійснюється автоматичний розрахунок дуги еквідистантного контуру в крапках зламу контуру. Автоматичний розрахунок дуги, що сполучає, здійснюється тільки для зовнішніх кутів.

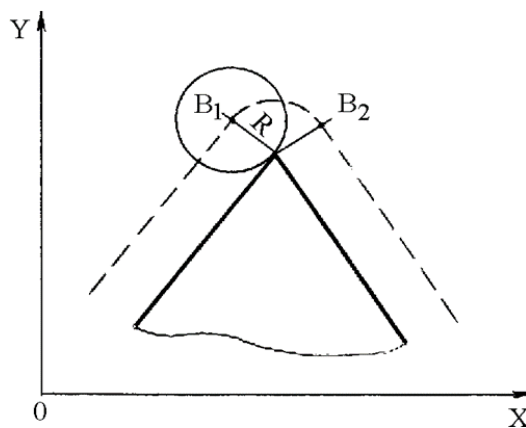


Рисунок 3.5 – Ілюстрація циклу G36

Команда виклику циклу повинна програмуватися в тому кадрі, у якому задавався рух по еквідистантному контурі.

Цикл G37 (рис. 3.6) забезпечує обхід кута відрізками прямих. На відміну від циклу G36, дозволяє одержувати гострі кути. При цьому відбувається відрив від контуру, але строго витримується задана форма поверхні деталі. Використовується тільки для обходу зовнішніх кутів. Виклик циклу аналогічний виклику циклу G36.

У першому кадрі циклу відбувається переміщення перпендикулярно до точки B1 на величину B1C, рівну радіусу фрези. Кадр відпрацьовується на швидкості попереднього кадру і наприкінці кадру відбувається гальмування. Аналогічно розраховується третій кадр. Другий кадр формується по

координатах крапок C и D, розрахованих у 1 і 3 кадрах. Наприкінці 2 кадри також відбувається гальмування. При обході прямого кута 2 кадр циклу вироджується.

Цикл G38 (рис. 3.6) забезпечує обхід кута методом розрахунку крапки перетинання еквідистантних траєкторій. Цей спосіб має найбільшу довжину дуги, але, на відміну від перших двох циклів, придатний для обходу внутрішніх кутів.

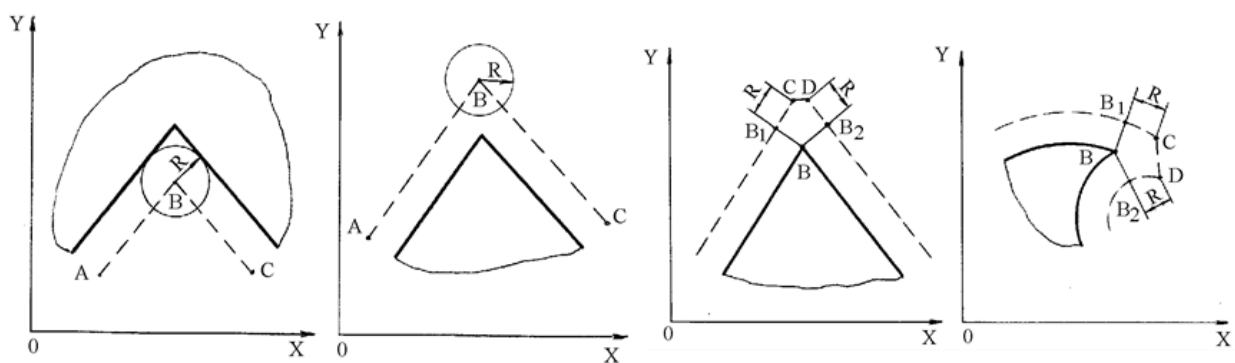


Рисунок 3.6 – Ілюстрація циклів G37 та G38

Функції G36-G38 скасовують одна іншу. Функція G30 скасовує цикли обходу кутів. Якщо при обробці всієї деталі характер обходу кутів не міняється, то цикл обходу кутів задається один раз у кадрі, що забезпечує вихід на еквідистанту, і більше не повторюється.

3.10.4 Вихід на еквідистанту і завдання корекції на радіус інструмента (G64-G66, G41 і G42)

Сучасні системи ЧПУ дозволяють при круговому фрезеруванні програмувати безпосередньо контур деталі, а не еквідистантний контур. Величина радіуса фрези попередньо вноситься у відповідний коректор на пульті оператора і за завданням функцій G41 чи G42 автоматично додається чи віднімається з координат опорних крапок деталі.

Сучасні СЧПУ забезпечують вихід на еквідистанту перпендикулярно напрямку наступного кадру (цикл G64) чи по дузі окружності, дотичної до контуру (цикл G65 чи G66). При цьому виробляється автоматичний розрахунок координати крапки, що відстоїть від запрограмованої на відстань, рівну радіусу фрези. Цикл G66 використовуються при чистовій обробці, тому що забезпечує більш плавну зміну сили різання при врізанні.

Вихід на еквідистанту можливий **тільки в кадрі з лінійною інтерполяцією**. Необхідно перевірити, щоб траєкторія руху інструмента від вихідної точки 0 до точки 1` не перетинала контур деталі, тому що інакше можлива поломка інструмента.

Для того, щоб забезпечити рух фрези по еквідистантному контуру необхідно ввести корекцію на радіус фрези в кадрі, що задає координати першої точки контуру деталі, і скасувати корекцію після закінчення обходу контуру.

Функція G41 означає корекцію радіуса фрези при розташуванні і русі її ліворуч від контуру, а G42 - праворуч. Якщо при заміні G41 на G42 номер коректора не змінюється, то повторювати його в кадрі з новою G-функцією не треба. Номер коректора, у який внесений радіус фрези, записується під адресою D безпосередньо за G функцією. Дане сполучення адрес записується в кадрі після всіх координатних адрес. Адреса D позначає комірку пам'яті СЧПУ, у яку перед запуском програми необхідно ввести значення радіуса фрези.

На рис. 3.7 контур деталі показаний жирною лінією, еквідистантна траєкторія руху інструмента - тонкою лінією.

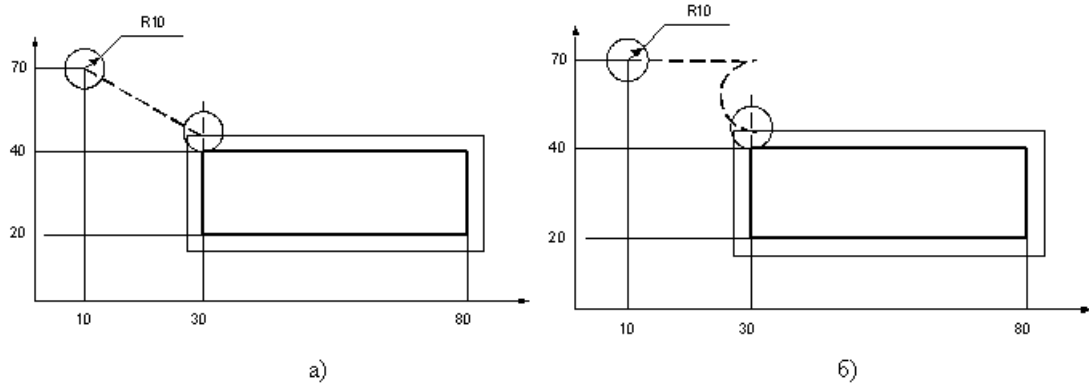


Рисунок 3.7 – Ілюстрація виходу на еквідистантний контур: а – по циклу G64, б - по циклу G65

Приклад програмування:

Вихідною точкою є крапка, що знаходиться поза контуром деталі і відстоїть від нього на відстані, більшому максимально припустимого радіуса фрези (т.0).

N1 G00 G90 G17 X10 Y70 ПС вихід на прискореному ході у вихідну точку, завдання координат в абсолютній системі, вибір площини обробки XOY

N2 G64 G01 X30 Y40 G41 D01 F800 S300 ПС вихід на еквідистанту з рухом ліворуч від контуру, лінійна інтерполяція

N3 X80 F100 ПС рух по еквідистанті на робочій подачі

N7 Y20 ПС

N8 X30 ПС

N9 Y40 ПС

N10 G41 D00 X10 Y70 F800 ПС відхід з еквідистанти на прискореному ході

3.11 Програмування повторюваних ділянок програми

Якщо в тексті основної чи програми підпрограми зустрічаються повторювані ділянки обробки, характерні тільки для конкретної деталі, що мають однакові координати і різні параметри обробки, то інформацію, зв'язану

з обробкою цієї ділянки, можна записати один раз і повторювати за допомогою підпрограми «Повтор кадру». Для реалізації цієї підпрограми у відповідному місці основної програми в кадрі записуються слова з адресою N, що вказує кількість повторів, і адресою Q, що вказує номера повторюваних кадрів.

Приклад: N80 Q10-19 H8 ПС

Запис означає, що після виконання 79 кадру програми необхідно 8 разів повторити кадри з 10 по 19 включно. Після цього буде виконуватися кадр N81.

Повторювані кадри можуть знаходитися на стрічці до і після кадру виклику.

3.12 Приклад написання керуючої програми

Необхідно обробити контур деталі, обробити 5 отворів діаметром 20H7, рис. 3.8.

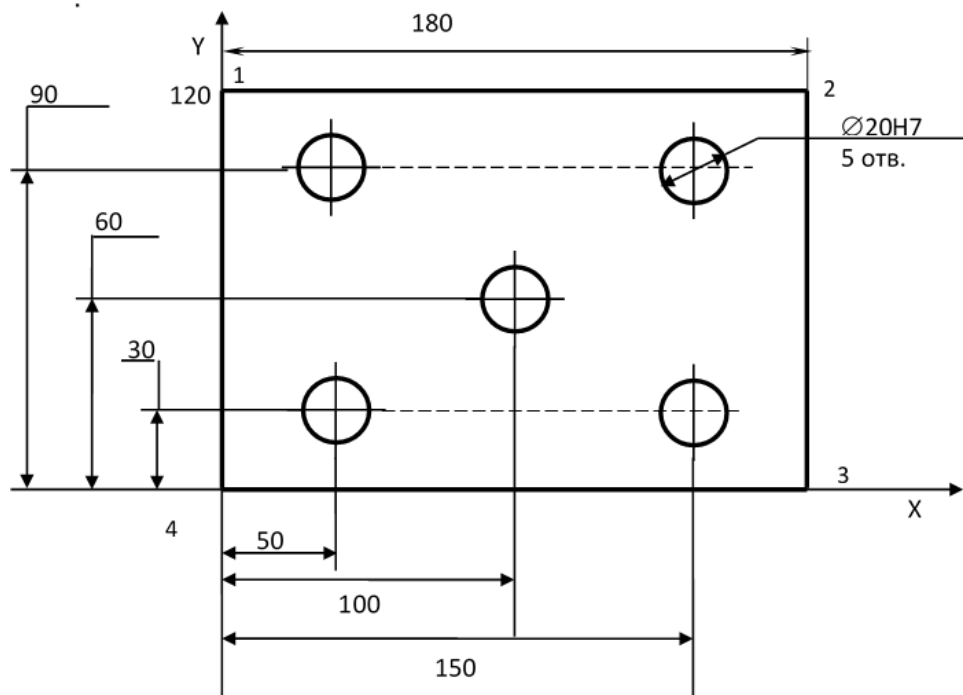


Рисунок 3.8 – Ескіз деталі

% 35 ПС

ознака початку програми і її номер

N1 G28 T01 ПС

вихід у позицію зміни інструмента,

пошук і зміна потрібного інструмента (фреза)

N2 G00 X150 Y200 Z50 ПС	вихід на прискореному ході у
вихідну точку	
N3 M03 F200 S300 ПС	вибір режимів різання
N4 G01 Z-10 ПС	опускання по осі Z
N5 G17 G64 X0 Y120 G41 D01 ПС	вибір площини обробки і вихід на
еквідистанту в точці 1	
N6 X180 G36 ПС	переміщення в точку 2 з
урахуванням необхідності обходу кутів	
N7 Y0 ПС	переміщення в точку 3
N8 X0 ПС	переміщення в точку 4
N9 Y120 ПС	переміщення в точку 1
N10 G41 D00 X150 Y200 ПС	відхід з еквідистанти
N11 Z50 ПС	підйом по осі Z
N12 G28 S0 T02 ПС	вихід у позицію зміни інструмента,
орієнтація шпинделя і пошук потрібного інструмента (свердло)	
N13 G43 D08 Z50 S1250 F100 ПС	введення корекції на довжину
інструмента і завдання режимів різання	
N14 X50 Y30 ПС	вихід у центр отвору №1
N15 Z-10 ПС	свердління отвору
N16 Z50	виведення свердла
N17 Y90 ПС	вихід у центр отвору №2
N18 Z-10 ПС	свердління отвору
N19 Z50	виведення свердла
N20 X150 ПС	вихід у центр отвору №3
N21 Z-10 ПС	свердління отвору
N22 Z50	виведення свердла
N23 Y30 ПС	вихід у центр отвору №4
N24 Z-10 ПС	свердління отвору
N25 Z50	виведення свердла

N26 X100 Y60	вихід у центр отвору №5
N27 Z-10 ПС	свердління отвору
N28 Z50	виведення свердла
N29 G28 S0 T03 ПС	вихід у позицію зміни інструмента, орієнтація шпинделя і пошук потрібного інструмента (зенкер)
N30 G43 D09 Z100 S850 F100 ПС	введення корекції на довжину інструмента і завдання режимів різання
N31 Q14-28	завдання повтору відпрацьовування кадрів з 14 по 28
N32 G28 S0 T04 ПС	вихід у позицію зміни інструмента, орієнтація шпинделя і пошук потрібного інструмента (розвертка)
N33 G43 D10 Z100 S850 F100 ПС	введення корекції на довжину інструмента і завдання режимів різання
N34 Q14-28	завдання повтору відпрацьовування кадрів з 14 по 28
N35 M02 ПС	кінець програми

Література: [2], [3], [4].

Практична робота 4.

Програмування свердлильної обробки в системі ЧПУ Mach3

Мета роботи: «Набуття практичних навичок проектування і виконання свердлильних операцій»

Хід роботи

- 1) Вивчити основи свердлильної обробки на верстатах з ЧПУ.
- 2) Досконало розібрати наведений приклад.
- 3) Самостійно розробити УП для індивідуальної деталі.
- 4) Виконати введення тексту керуючої програми.
- 5) Виконати прив'язку інструменту до нуля деталі.
- 6) Виконати свердління по керуючій програмі.

4.1 Загальні відомості про операцію свердління

Для затиску свердел і фрез малого діаметра з циліндричними хвостовиками на масових операціях часто користуються цанговими патронами, рис. 4.1.

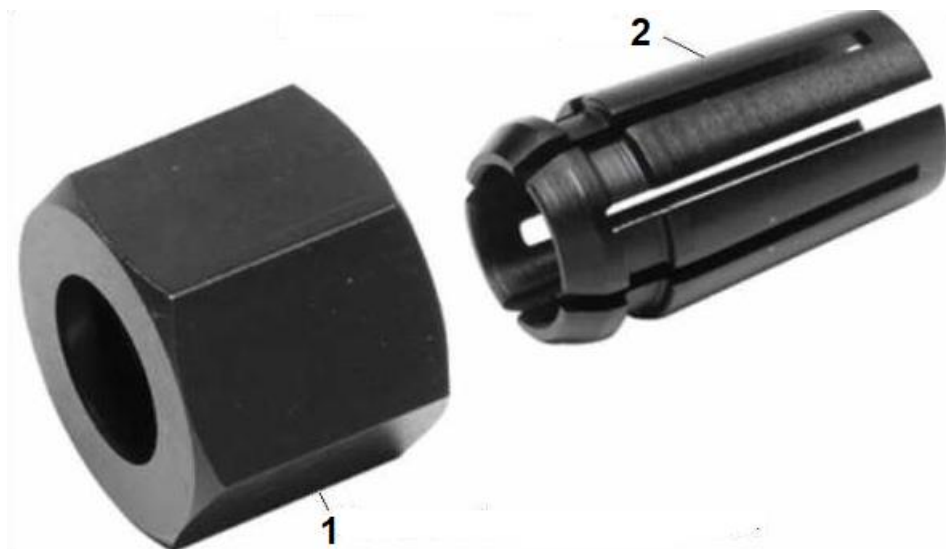


Рисунок 4.1 – Цанговий затискний патрон: 1 – накидна гайка з гранями під ключ; 2 – цанга з затискними пелюстками

Закручуючи кільце на різбову частину корпусу патрона, обжимають конічну поверхню цанги, яка внаслідок зближення розрізнених частин затискає хвостовик інструмента. При згортанні кільця цанга розтискається і звільняє інструмент.

Основні правила виконання операції свердління отворів зводяться до наступного.

1. Встановлювати і закріплювати заготовки на свердлильному верстаті слід якомога ближче до площини його стола. Однак під час свердління наскрізних отворів свердло повинно мати вільний вихід з просвердленого отвору, тому під час свердління наскрізних отворів, заготовки треба встановлювати на підкладку з отвором.

2. При закріпленні заготовки безпосередньо на столі верстата слід по можливості застосовувати бічні, а не верхні притиски, що скорочує виліт свердла і створює більш сприятливі умови для його роботи.

3. Свердло до заготовки підводити тільки після включення обертання шпинделя і так, щоб воно легко торкнулося поверхні заготовки, інакше можуть викришитись ріжучі кромки свердла.

4. Не зупиняти обертання шпинделя в той час, коли свердло знаходиться в отворі: спочатку треба вивести свердло, а потім вимкнути обертання шпинделя або зупинити верстат, в іншому випадку свердло може зламатися.

5. При появі під час свердління скреготу або вереску в результаті перекосу або зносу свердла негайно припинити подачу, вивести свердло і зупинити верстат.

6. Отвір діаметром понад 18 мм в суцільному металі треба свердлити за два переходи (з наступним розсвердлюванням або зенкеруванням).

7. Свердління робити тільки за режимами, вказаними в технологічних картах або за таблицями в довідниках.

4.2 Відомості про програмування обробки отворів в Mach3

Всі постійні цикли використовують числа для X, Y, R і Z в NC - кодах для визначення положення X, Y, R і Z. Положення по параметру R (зазвичай означає висоту «втягування» або «опорний рівень») знаходиться на осі, перпендикулярній поточній площині (на осі Z - для площині XY, на осі X - для площині YZ і на осі Y - для площині XZ). Деякі постійні цикли використовують ще й додаткові аргументи.

Спочатку першого циклу і кожного повторення відбувається одне або два з таких переміщень:

- рух по прямій, паралельній площині XY, в задане положення XY;
- рух по осі Z в положення R, якщо в даний момент інструмент знаходиться не в положенні R.

4.3 Стандартні цикли свердління

Цикл G81 призначений для свердління.

Програмується G81 Z ... R ..., рис. 4.2.

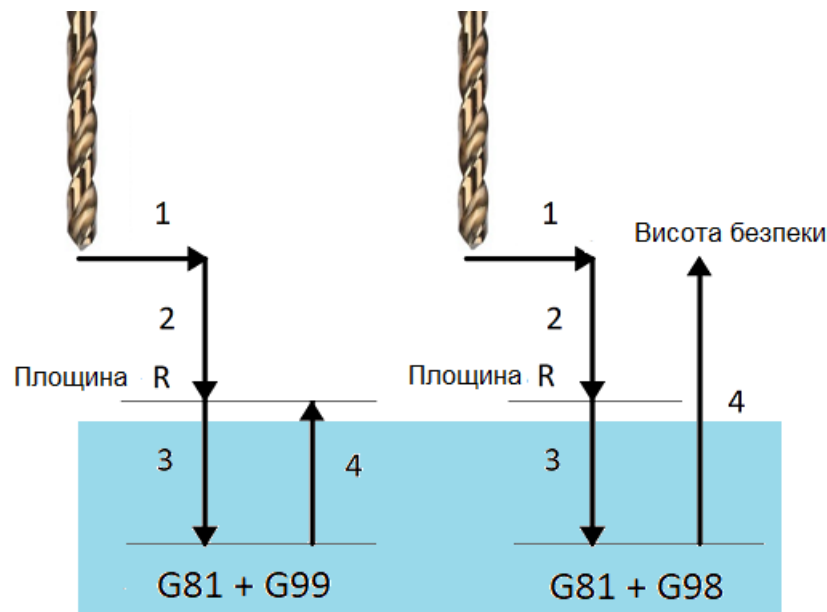


Рисунок 4.2 – Схема роботи команди циклу свердління G81

Рухи інструменту:

- попереднє переміщення здійснюється, як описано вище;
- переміщення по осі Z здійснюється тільки на поточній подачі в положення Z;
- повернення по осі Z здійснюється на швидкому ході в положення по осі Z в точку, на якій знаходився інструмент перед стартом циклу.

Порядок програмування

G0 X10 Y10 Z5 – переміщення до центру першого отвору на висоту 5мм над поверхнею заготовки;

G81 Z-10 R5 – свердління першого отвору на глибину 10мм;

X20 Y20 – свердління другого отвору;

G80 – скасування циклу.

Цикл G82 призначений для свердління з затримкою.

Програмується G82 Z ... R ... P ..., рис. 4.3.

Переміщення по осі Z здійснюється тільки на поточній подачі в положення Z.

Затримка (технологічна пауза) здійснюється в секундах – параметр P.

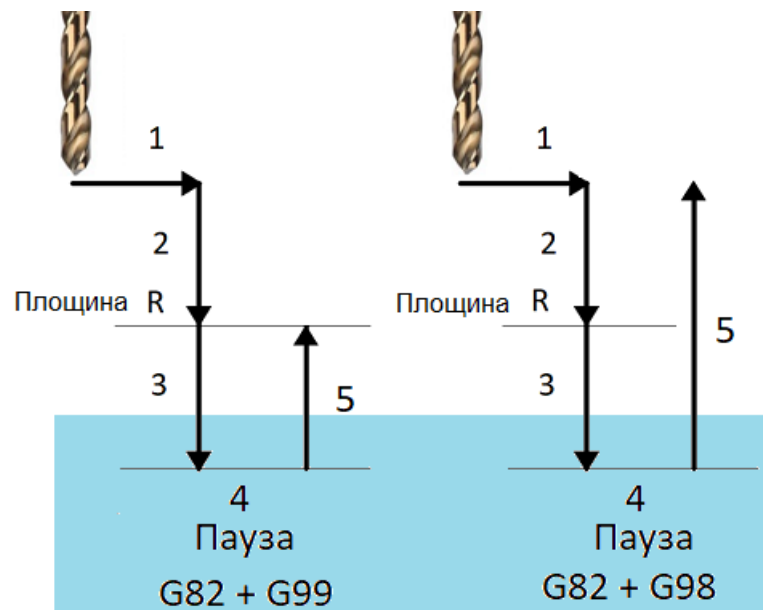


Рисунок 4.3 – Схема роботи команди циклу свердління з задержкой (паузою) G82.

G83 – Цикл переривчастого свердління з виведенням.

При свердлінні глибоких отворів використовується постійний цикл G83 з періодичним виведенням інструменту з просвердленого отвору для дроблення стружки. Виведення інструменту в цьому циклі служить для очищення отвору від стружки і розриву довгих стружок (поява яких характерна під час свердління в алюмінії). Цей цикл використовує параметр Q, який задає приріст - «дельту» по осі Z. Функція має наступний формат:

G83 Z ... R ... Q ..., рис.4.4.

Рухи по осі Z здійснюються тільки на швидкості поточної подачі – вниз на величину Q або в задане положення по Z, як би глибоко воно не було.

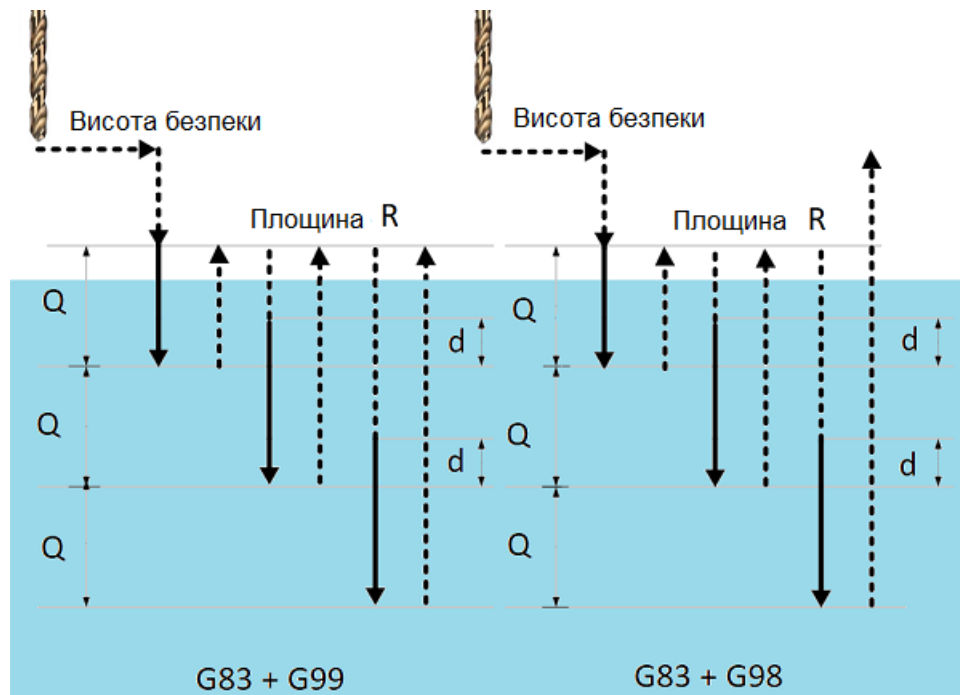


Рисунок 4.4 – Схема роботи циклу переривчастого свердління G83

4.4 Написання управляючої програми для свердління отворів

Розробити текст керуючої програми – знак «?» замінити даними, використовуючи креслення деталі (рис. 4.5)

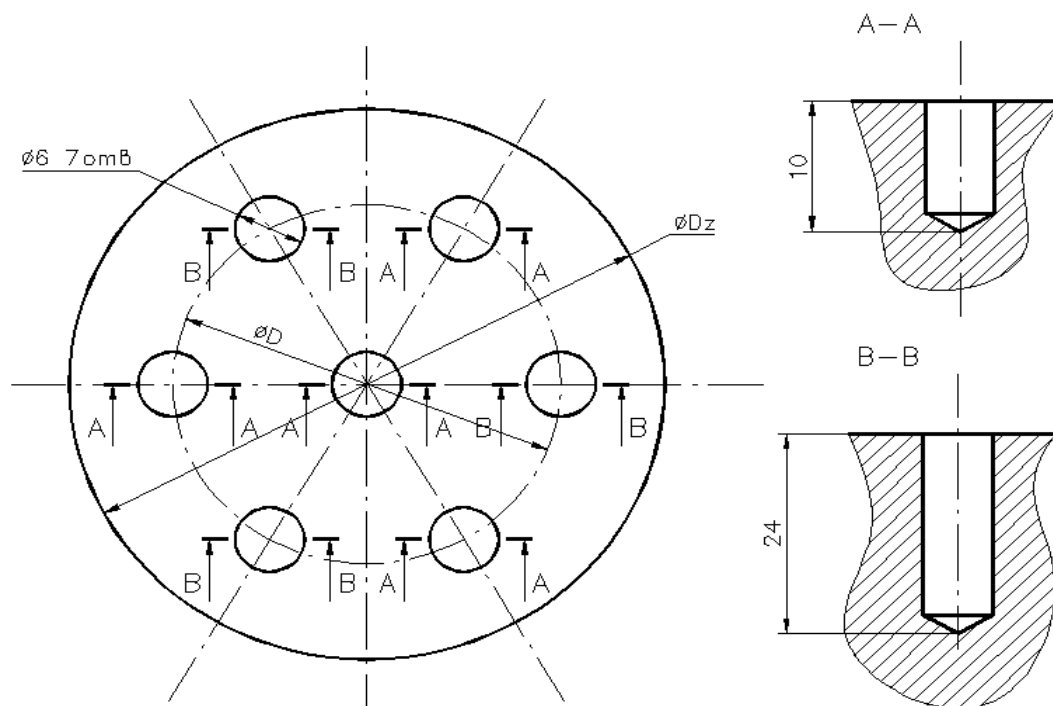


Рисунок 4.5 – Креслення деталі

% – початок програми;

G90 – абсолютне позиціонування;

S1600 F100 M3 – частота обертання шпинделя 1600 об/хв, подача 100 мм/хв;

G0 X? Y? Z? – переміщення до центру 1 отвору;

G81 ??? ???

G80

G0 ???

G83 ??? ????

G80

G0 X40 Y70 Z50 – повернення інструменту в початкову точку;

M05 – зупинка шпинделя;

M02 – кінець інформації;

% – кінець програми.

4.5 Установка нулевой точки на верстаті з ЧПУ

Нульова точка верстата є вихідною точкою системи координат, що відноситься до даного верстата. Положення цієї точки на верстаті встановлюється виробником і не підлягає зміні

Найчастіше при розробці керуючих програм не враховують положення нуля верстата, тому що це вимагало б забезпечити точне положення деталі щодо координатної системи верстата, що значно ускладнює процес підготовки обробки деталі.

Найбільш простим способом є завдання нульової точки деталі. Її розташування в системі координат верстата призначається вільно, виходячи з особливостей процесу обробки даної заготовки. З практичних міркувань зазвичай прагнуть до поєднання точки з початком відліку розмірів на кресленні. Як правило, такою точкою в площині XY є кут заготовки. По осі Z – це або верхня площина деталі (рис. 4.6), або її нижня площина, вона ж площина підстави стола.

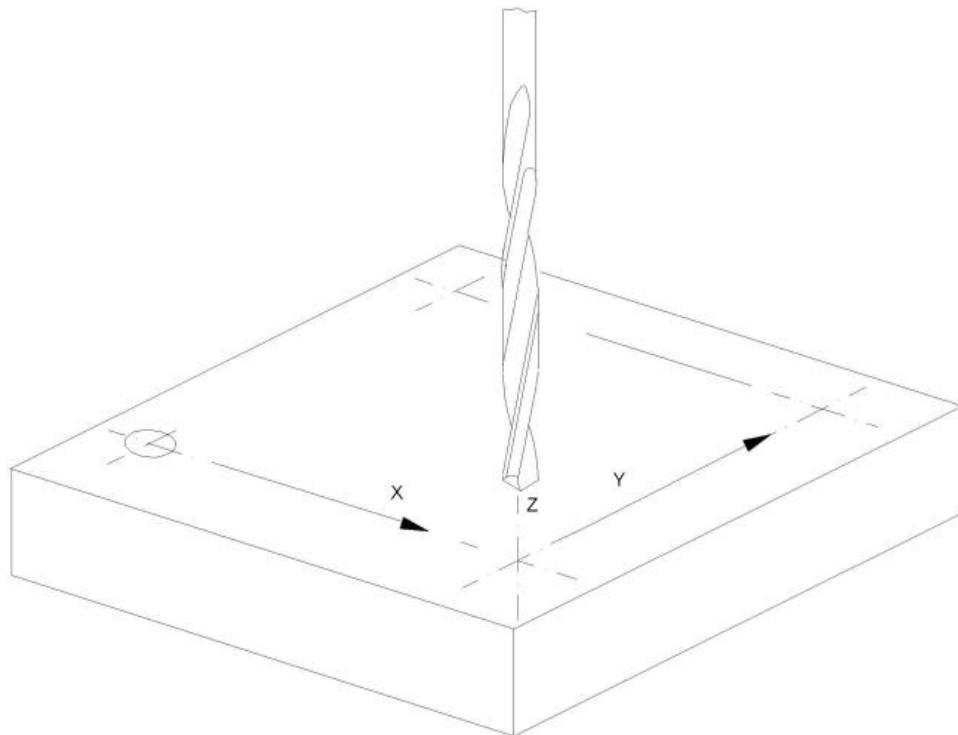


Рисунок 4.6 – Координатна система деталі

Установка нульової точки заготовки.

1. Переконаватися, що нижній торець робочого інструмента гарантовано розташований вище верхньої поверхні заготовки.
2. За допомогою ручного управління або відповідних клавіш на пульті верстата перемістити інструмент в площині XY над заготовкою в точку початку обробки.
3. Обережно підвести робочий інструмент до верхньої площини заготовки, торкнутися поверхні заготовки вершиною ріжучої частини інструменту до появи помітного візуально сліду, і зупинити рух інструменту.
4. Натиснути клавіші обнулення системи відліку координат по осях Zero X, Zero Y і Zero Z (рис. 4.7).

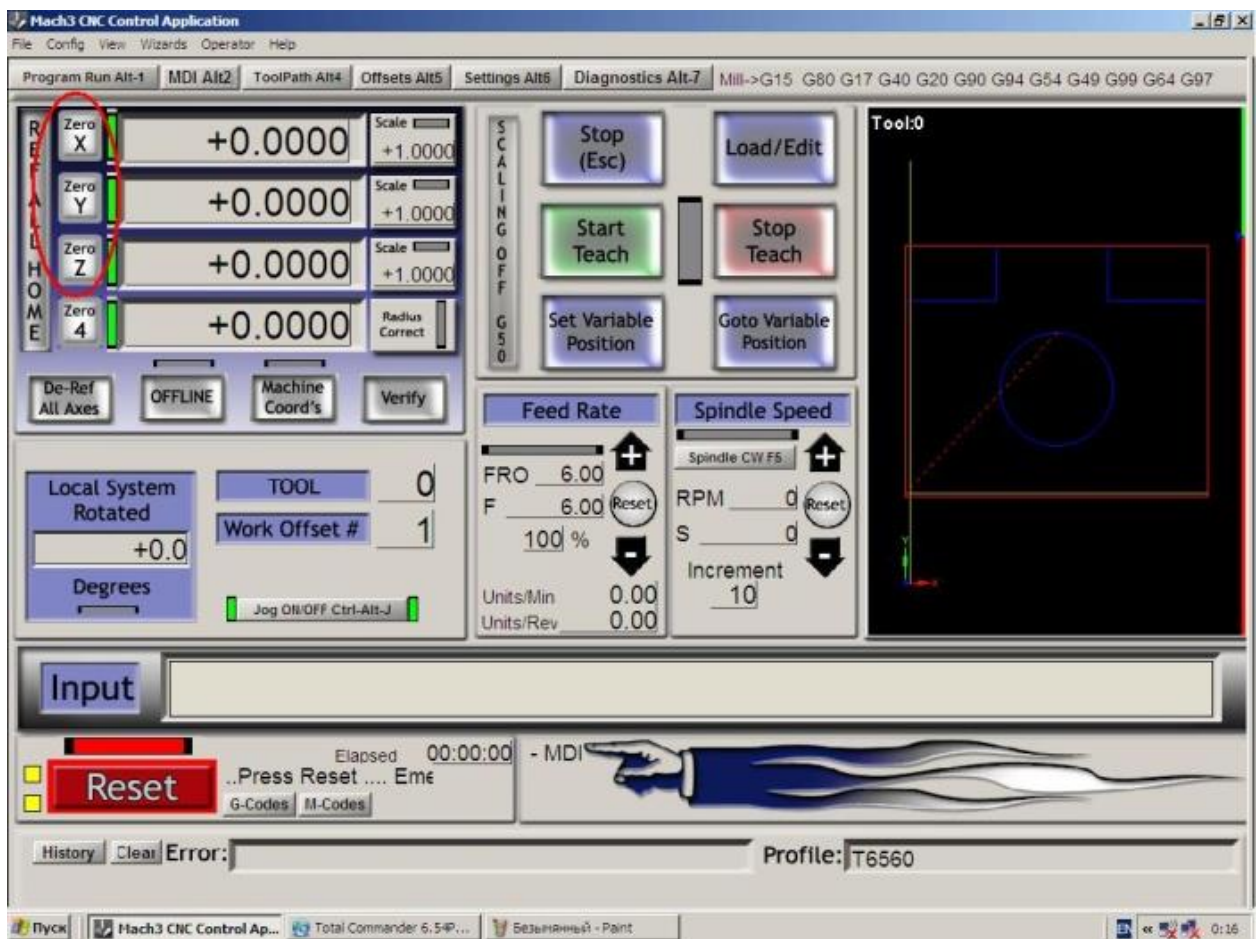


Рисунок 4.7 – Пульт системи Mach3

Література: [1], [3], [4].

Практична робота 5.

Програмування фрезерно-свердильної обробки в САМ-системі ArtCAM

Мета роботи: «Набуття практичних навичок програмування свердильних та фрезерних операцій за допомогою САМ-систем».

Хід роботи

- 1) Вивчити інтерфейс САМ-системи ArtCAM.
- 2) Досконало розібрати наведений приклад.
- 3) Записати текст керуючої програми.
- 4) Виконати прив'язку інструменту до нуля деталі.
- 5) Виконати операції свердління та фрезерування по керуючій програмі на верстаті з системою ЧПУ Mach3.

5.1 Перше знайомство з САМ-системами: CAD/CAM–система ArtCAM

CAD / CAM–система ArtCAM використовується на тисячах підприємств по всьому світу для виробництва широкого спектру виробів з елементами художнього оформлення: монет, ювелірних прикрас, вивісок, упаковки, предметів інтер'єру, меблів, посуду, музичних інструментів, театральних декорацій та навіть крижаних скульптур.

ArtCAM найбільш підходить для новачків, які бажають вивчити, як проектувати прості 2D – 3D моделі і проводити обробку на верстатах з ЧПУ.

Слід зазначити, після закінчення курсу «Верстати з ЧПУ та програмування верстатів з ЧПУ», на Вас чекатиме курс «САМ-системи у машинобудуванні», де Ви зможете опанувати сучасні САМ-системи.

5.2 Проектування заготовки та операції свердління за допомогою інструментів ArtCAM

Запускаємо ArtCAM. В меню «файл» обираємо «новий», як це показано на рис 5.1.

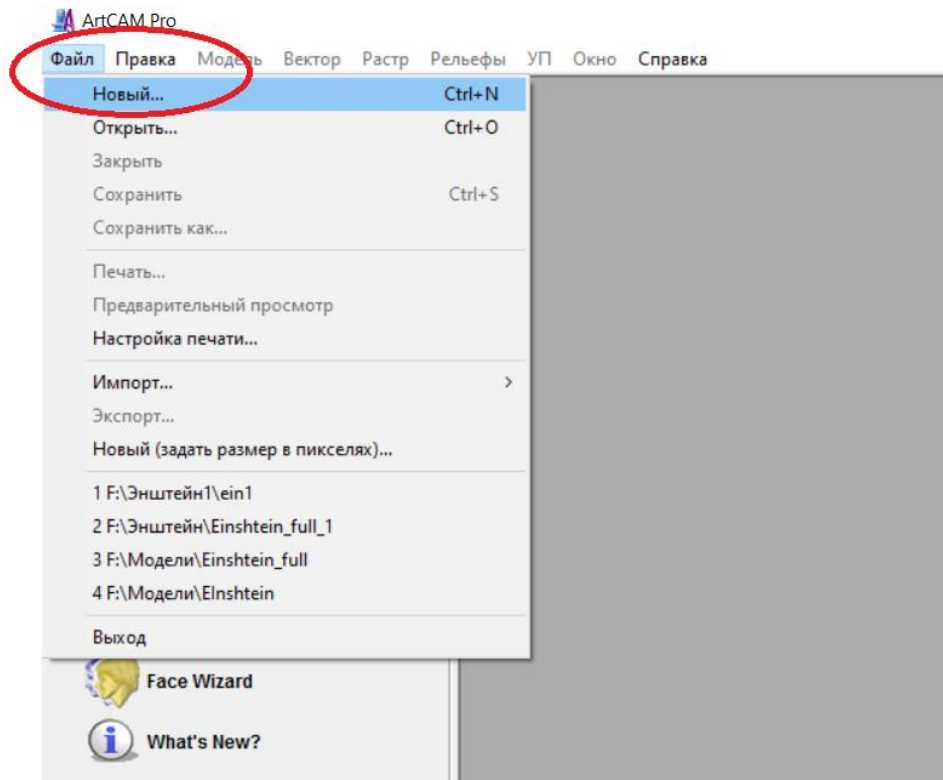


Рисунок 5.1 – Створення проекту в САМ–системі ArtCAM

Відкриється вікно з можливістю змін розмірів моделі, натискаємо «ОК», якщо розміри міняти не потрібно, або редагуємо розміри, як це показано на рис. 5.2

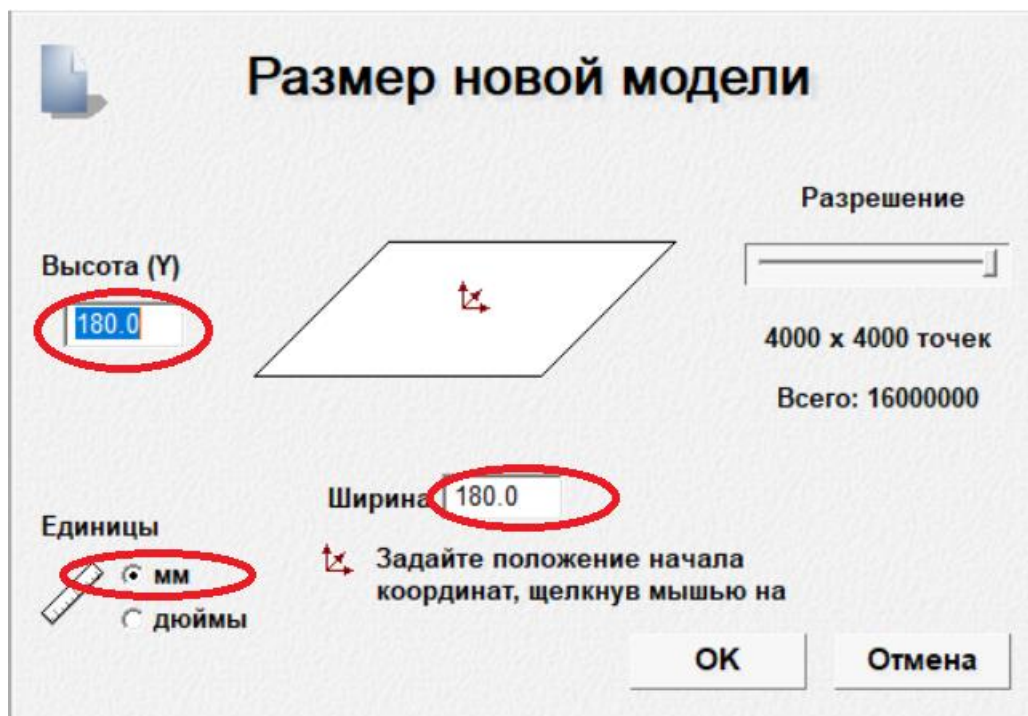


Рисунок 5.2 – Меню редагування розмірів моделі

Після створення робочої площини моделі, приступаємо до створення креслення деталі у векторній формі. Для цього натискаємо кнопку  в меню «Vector Tools», у вікні редагування параметрів фігури вводимо дані, так як це показано на рис. 5.3.

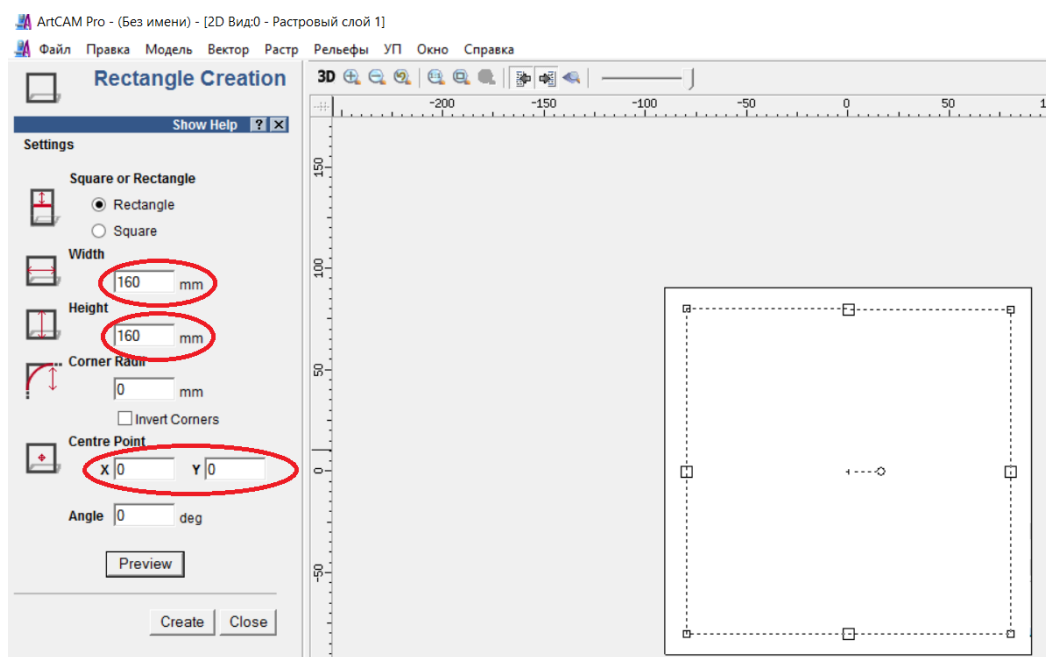


Рисунок 5.3 – Створення контуру деталі

Натискаємо кнопку  в меню «Vector Tools», у вікні редагування параметрів фігури вводимо дані, так як це показано на рис. 5.4.

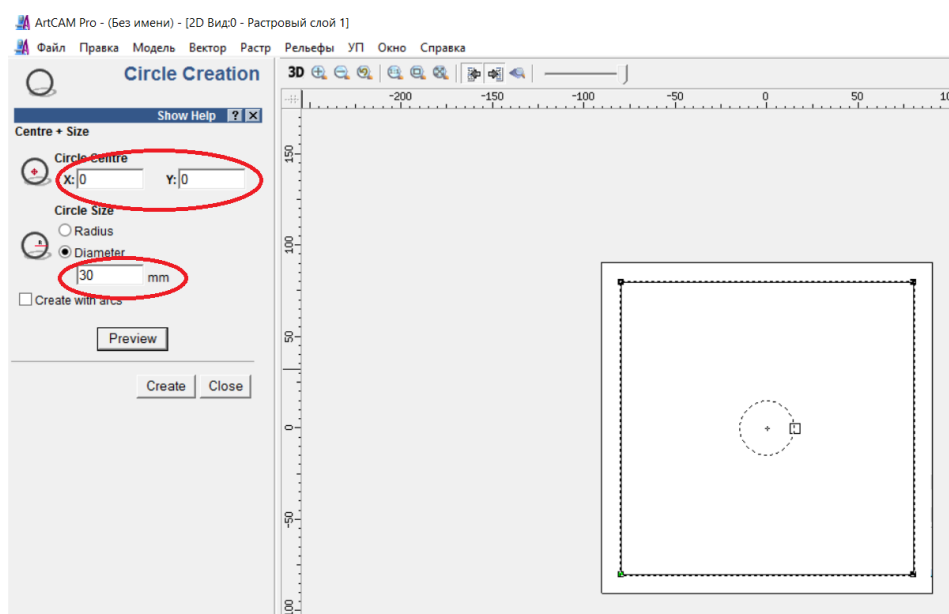


Рисунок 5.4 – Створення кармана циліндричної форми

Аналогічним чином створюємо 4 отвори $\varnothing 6\text{мм}$ (рис. 5.5) в кутах деталі. Координати отворів ($X_1=70$; $Y_1=70$; $X_2=70$; $Y_2=(-70)$; $X_3=(-70)$; $Y_3=(-70)$; $X_4=(-70)$; $Y_4=70$).

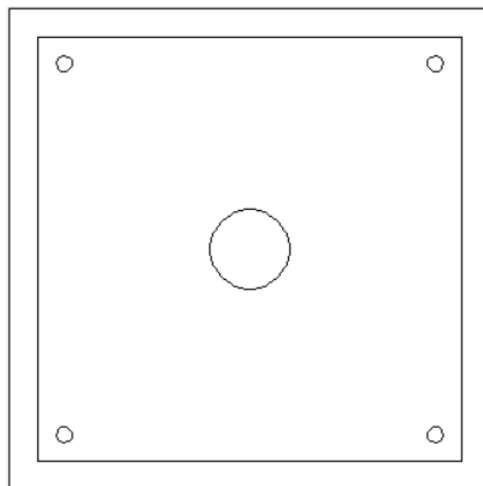


Рисунок 5.5 – Ескіз готової деталі

На наступному етапі приступаємо до створення траєкторій переміщення інструмента. Для цього натискаємо кнопку «свердління» в меню «траєкторії», рис. 5.6.

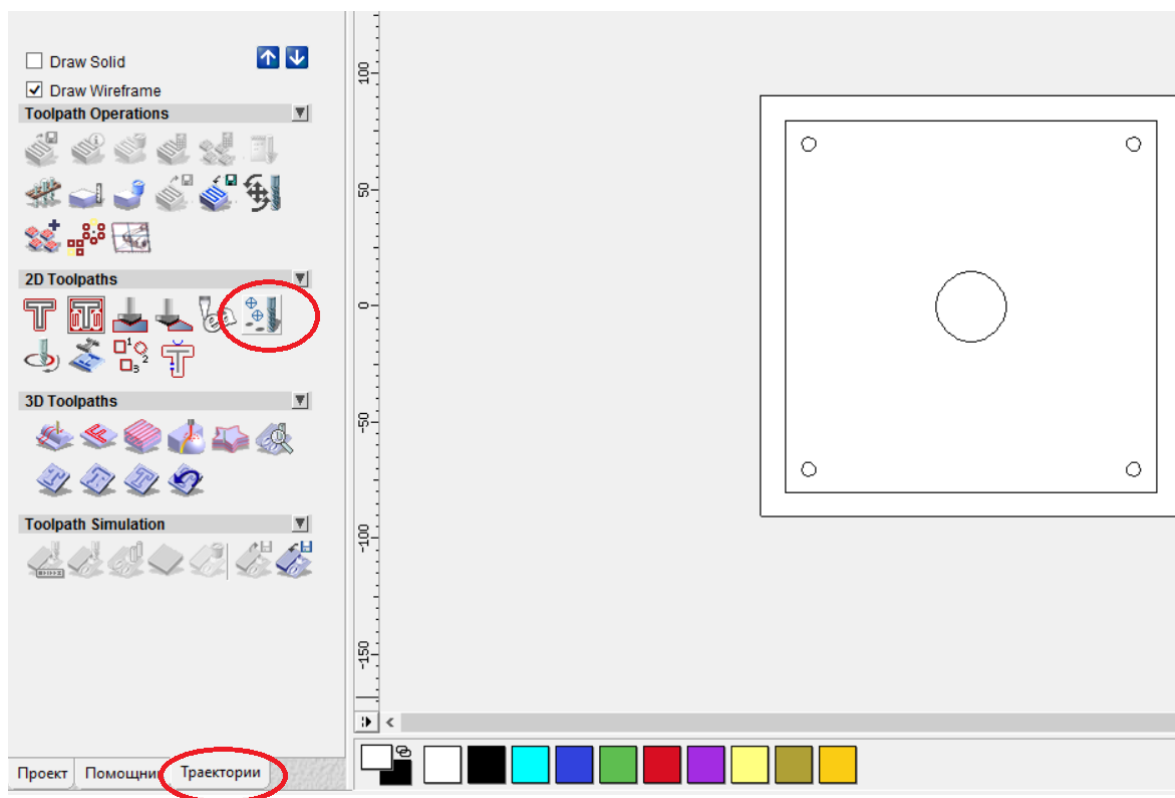


Рисунок 5.6 – Вибір операції свердління в меню ArtCAM

В поле «фінішний прохід» вводимо глибину свердління, рис. 5.7, а в полі «інструмент» створюємо кінцеву фрезу Ø6 мм з параметрами, які показані на рис. 5.7 (в ArtCAM не передбачена можливість створення свердел).

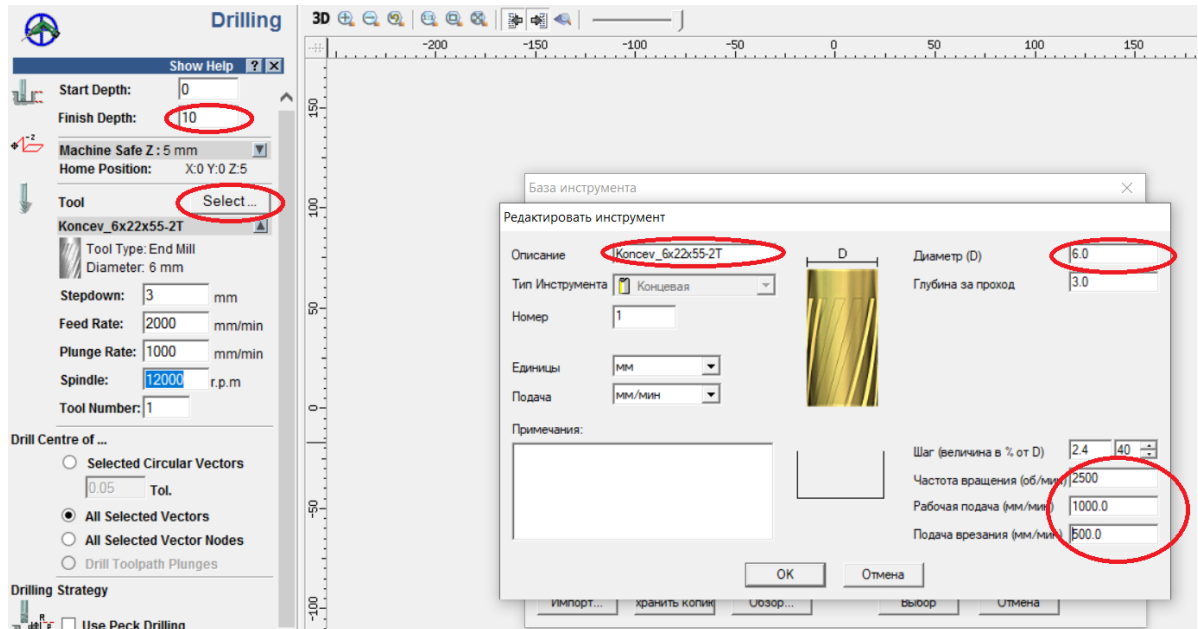


Рисунок 5.7 – Редагування параметрів операції свердління

В полі «матеріал» задаємо висоту заготовки 10мм, рис. 5.8.

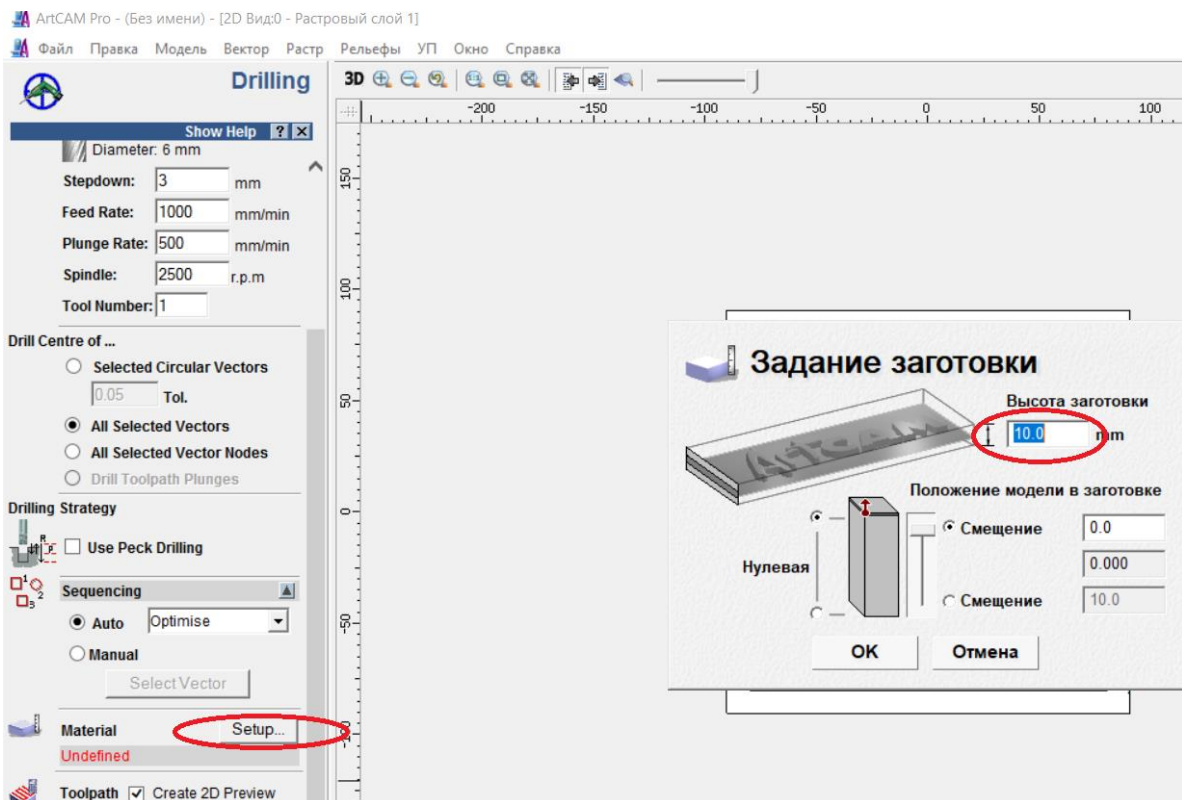


Рисунок 5.8 – Редагування висоти заготовки

5.3 Проектування операції фрезерування

В меню 2D траєкторії, натискаємо кнопку «2D виборка» та виділяємо векторне зображення кармана, рис. 5.9.

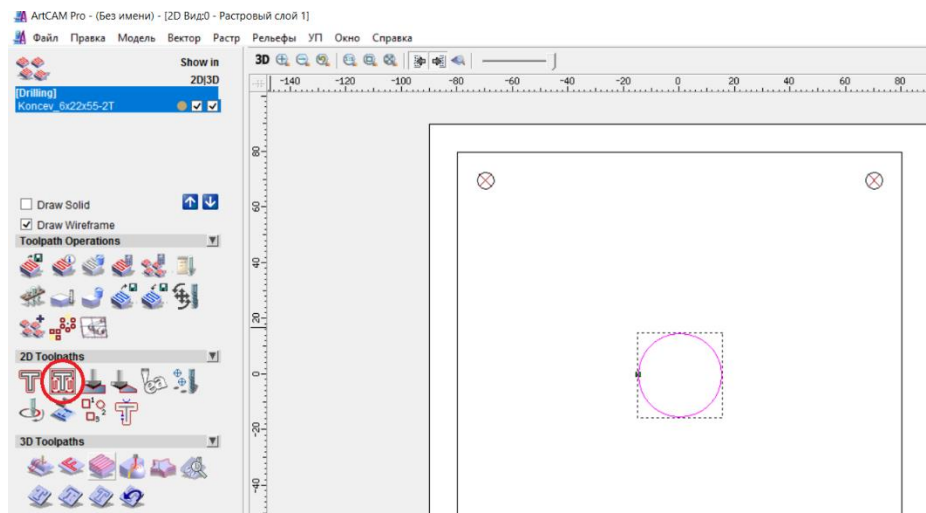


Рисунок 5.9 – Вибір «2D виборки» в меню траєкторій ArtCAM

В меню «2D виборки» задаємо глибину кармана 8 мм, та обираємо кінцеву фрезу Ø6 мм, рис. 5.10.

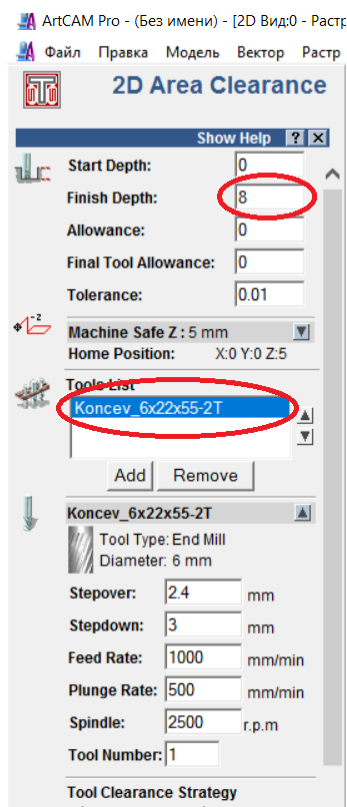


Рисунок 5.10 – Редагування параметрів операції фрезерування

Обчислюємо траєкторію обробки кармана, натиснувши кнопку «Now», в результаті на екрані буде створено карту переміщень інструмента, рис. 5.11.

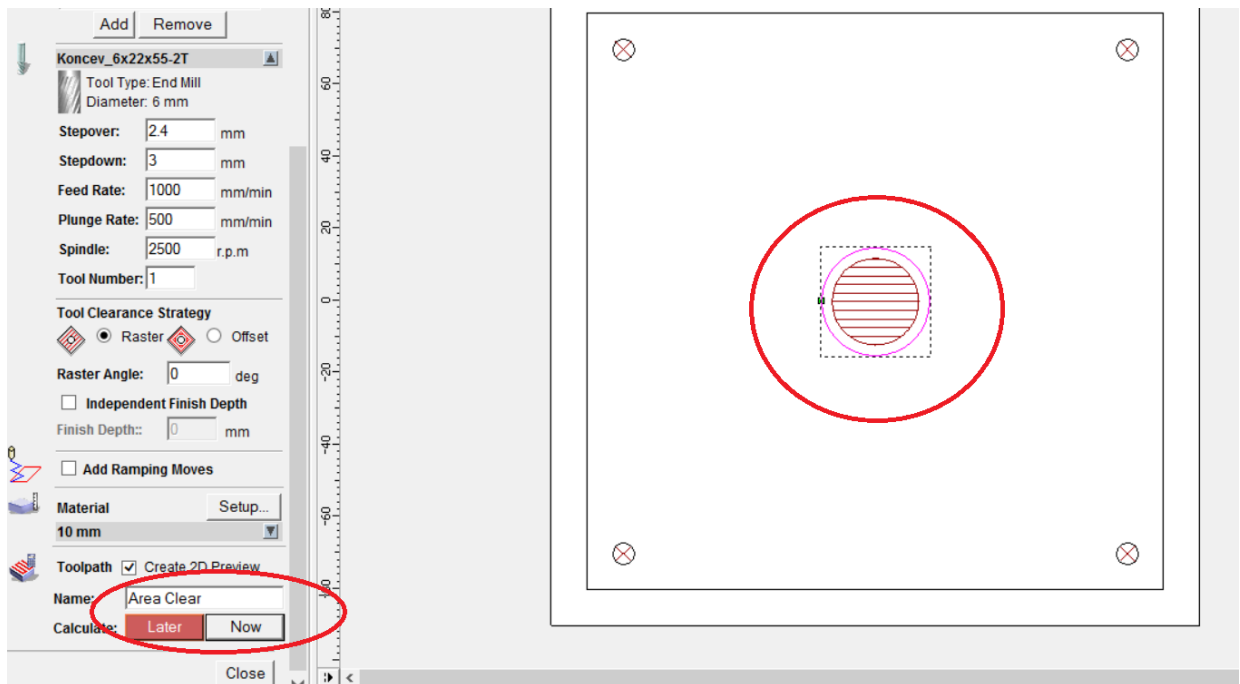


Рисунок 5.11 – Обчислення траєкторій переміщення фрези

Натискаємо кнопку «зберегти траєкторію», рис. 5.12.

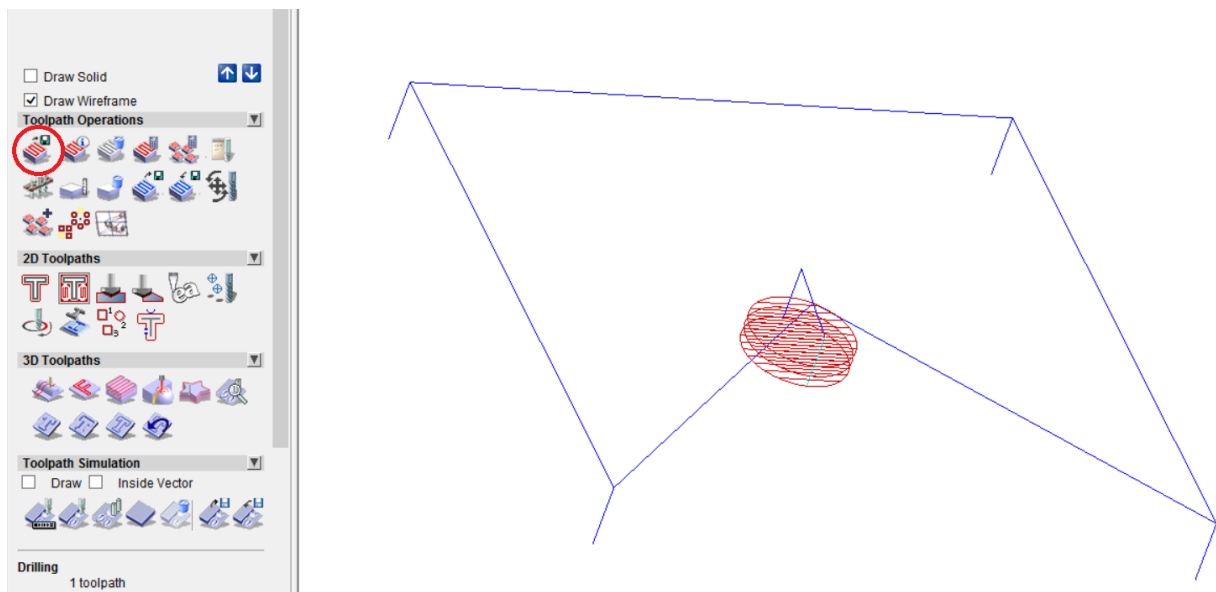


Рисунок 5.12 – Траєкторії переміщення інструменту при обробленні отворів та центрального карману

В меню «УП» вибираємо «зберегти УП як ...». Вибираємо формат вихідного файлу постпроцесора «Mach2 mm (*.cnc)». Послідовно переносимо обчислені УП з вікна обчислені у вікно зберігаються, натискаючи стрілку вправо, вибираємо формат вихідного файлу Mach2 mm (*.cnc), натискаємо кнопку «Зберегти», рис. 5.13.

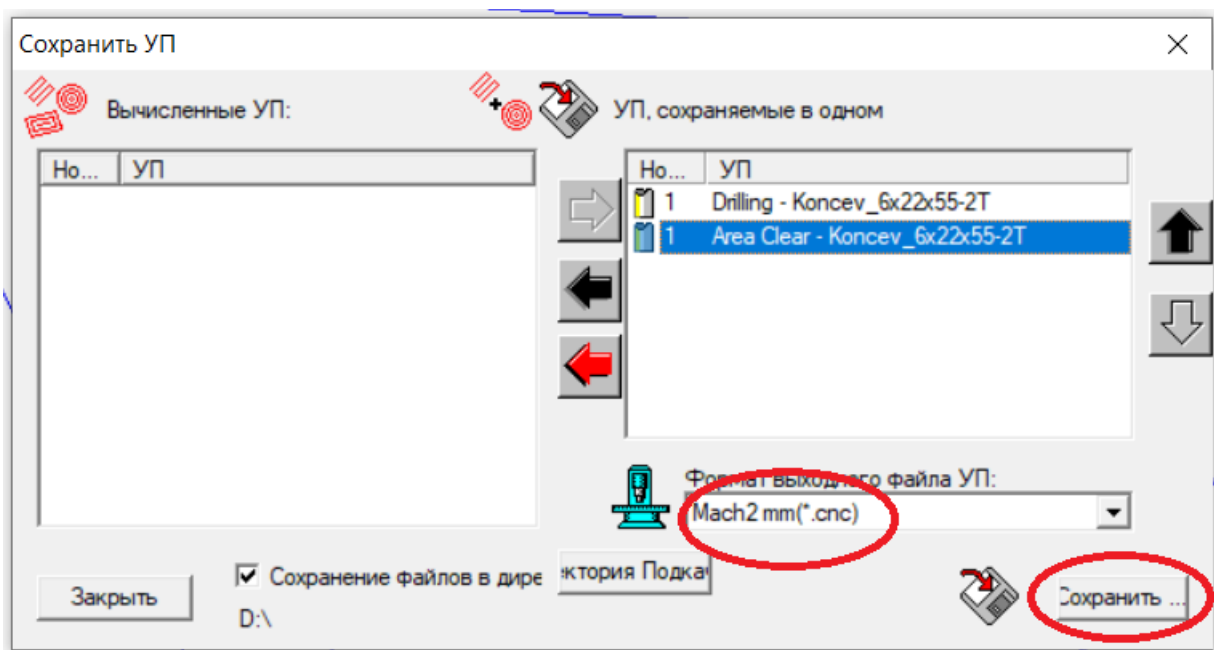


Рисунок 5.13 – Збереження УП

На заключному етапі, під наглядом викладача, необхідно закріпити заготовку на столі верстата, зробити прив'язку інструмента до нуля заготовки, загрузити програму в пам'ять ЧПУ та здійснити обробку деталі.

Література: [1], [2].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс] / [А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, та ін.] // М: ФЛИНТА. – 2014 – 355 с. – Режим доступа до ресурсу: http://diplom-college.ru/a/kimb/files/23892/26230/operator_ChPU.pdf
2. Глебов И. Т. Учимся работать на фрезерном станке с ЧПУ [Электронный ресурс] / И. Т. Глебов // Екатеринбург: УГЛТУ. – 2015 – 115 с. – Режим доступа до ресурсу: <https://core.ac.uk/download/pdf/42049301.pdf>
3. Сосонкин В. Л. Методика программирования станков с ЧПУ на наиболее полном полигоне вспомогательных G-функций. [Электронный ресурс] / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов – Режим доступа до ресурсу: https://technomash.ru/library/metodika_programirovaniya_stanko_cnc.pdf
4. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК: Навчальний посібник. [Электронный ресурс] / В. М. Доля // НТУ: "ХПИ". – 2004 – 169 с. – Режим доступа до ресурсу: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/5820/1/Dolya_Prohramuvannia_vvedennia_2004.pdf
5. Руководство оператора токарного станка [Электронный ресурс] // Haas Automation Inc.. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: https://www.abamet.ru/stanki-pdf/haas/96-ru8910_lathe.pdf
6. FANUC. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://stankomach.com/netcat_files/94/62/h_981b22ffd6944fdde7710a6571d3e0f9

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

з курсу: «Верстати з ЧПУ та програмування верстатів з ЧПУ»
(для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»)

Укладач: Мірошніченко Олександр Володимирович