

ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ РОБЕРТА ЕЛЬВОРТИ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри прикладної механіки

 Пузирьов О.Л.

«12» 06 2023 р.

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему:

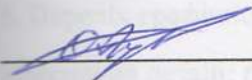
«Розробка технологічного процесу виготовлення деталі
сегмент фланцю з використанням CAD/CAM-систем»

Кривоzub Александра Александрівна

Керівник кваліфікаційної роботи:

Пузирьов Олександр Леонідович, кандидат технічних наук, завідувач кафедри прикладної механіки

Роботу рекомендовано до захисту
на засіданні кафедри з прикладної механіки
інформаційних технологій
Протокол № 10 від «3» 06. 2023 р.
Завідувач кафедри прикладної механіки та

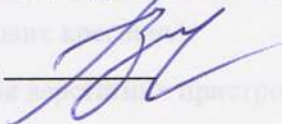
 Пузирьов О.Л.

Роботу захищено на засіданні ЕК
з оцінкою

вигідно 91, А

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Протокол № 1 від «3» 06 2023 р

Голова ЕК 

ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ РОБЕРТА ЕЛЬВОРТИ


КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри прикладної
механіки

 Пузир'ов О.Л.

«6» лютого 2023 р.

ЗАВДАННЯ

для кваліфікаційної роботи студентіві

Кривозуб Олександрі Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі сегмент фланцю з використанням CAD/CAM-систем»

Керівник роботи Пузир'ов Олександр Леонідович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання роботи до захисту _____

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі «Сегмент фланцю»

Річний обсяг випуску: 12 шт.

Тип виробництва - дрібносерійне

Технічні характеристики використовуваного

обладнання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Технологічний розділ - службове призначення деталі, технічні вимоги і умови, розробка технологічного процесу, вибір методу отримання заготовки, обладнання та інструменту, технологічних баз і схем базування, розроблення режимів різання, норм часу.

Конструкторський розділ- проектування, опис створення програми в CAD/CAM-системах.

Практичний розділ - розробка керуючої програми.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Креслення деталі; графічне представлення елементів; конструкція верстатних пристроїв.

Дата видачі завдання: 6 лютого 2023 р.

КАЛЕНДАРЬ

Завідувачу кафедри прикладної механіки
к.т.н. Пузирьову О.Л.
студента IV курсу групи ЗПМ-19
Кривоzub Олександрі Олександрівни

1	Схвалення плану виконання роботи	06.02.2023 - 10.02.2023	
2	Підбір та включення літературних джерел та темою кваліфікаційної роботи	10.02.2023 - 15.02.2023	
3	Підготовка та подання проекту оформлення:		
	- версія розширу	01.03.2023 - 15.03.2023	
	Пробу затвердити тему кваліфікаційної роботи «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі сегмент фланцю з використанням CAD/CAM-систем» та керівника Пузирьова Олександра Леонідовича кандидата технічних наук, завідувача кафедри прикладної механіки.	02.06.2023 - 05.06.2023	
4	Затвердження відгуку		
5	Подання роботи завідувачу кафедри	06.06.2023 - 07.06.2023	
6	Рецензування роботи:	07.06.2023 - 09.06.2023	
	Надання документа, що містить довідку, інструкційної диск, висловлення, опубліковані статті):	07.06.2023 - 08.06.2023	
	Нормо-контроль секретаря ЕК	09.06.2023	
7	Дослідження роботи з врахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	12.06.2023	
8	Підготовка роб. супровідних	14.06.2023	


ЗАЯВА


Пробу затвердити тему кваліфікаційної роботи «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі сегмент фланцю з використанням CAD/CAM-систем» та керівника Пузирьова Олександра Леонідовича кандидата технічних наук, завідувача кафедри прикладної механіки.

З графіком виконання кваліфікаційної роботи ознайомлений.

«6» лютого 2023 р.


(підпис студента)

ПОГОДЖЕНО 
Керівник кваліфікаційної роботи
Завідувач кафедри прикладної механіки
Пузирьов О.Л. «3» лютого 2023 р.

СХВАЛЕНО 
Завідувач кафедри прикладної механіки
Пузирьов О.Л. «3» лютого 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання плану виконання роботи	06.02.2023-10.02.2023	
2	Підбір та вивчення літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи	10.02.2023-15.02.2023	
3	Підготовка та подання науковому керівнику: - першого розділу - другого розділу - третього розділу - вступу та висновків	01.03.2023-15.03.2023 17.04.2023-12.05.2023 22.05.2023-26.05.2023 29.05.2023-31.05.2023	
4	Подання робочого варіанту роботи керівнику	01.06.2023-02.06.2023	
5	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	02.06.2023-05.06.2023	
6	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	06.06.2023-07.06.2023	
7	Рецензування роботи. Підготовка документів, що подаються до ЕК (листи, довідки, інформаційний листок, висновок-виписка, опубліковані статті). Нормо-контроль секретаря ЕК	07.06.2023-09.06.2023 07.06.2023-08.06.2023 09.06.2023	
8	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	12.06.2023	
9	Подання роботи та супровідних документів до ЕК	14.06.2023	
10	Захист роботи	23.06.2023	

Студент


(підпис студента)

Кривозуб О.О.

Керівник роботи


(підпис керівника)

Пузирьов О.Л.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ВСТУП	10
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
1.1. Аналіз вихідних даних.....	12
1.1.1. Службове призначення деталі «Сегмент фланцю»	12
1.1.2. Технічна характеристика деталі	13
1.2 Визначення типу виробництва	15
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	17
1.4 Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Сегмент фланцю»	19
1.5.1 Вибір методів обробки поверхонь заготовки.....	23
1.6 Метод отримання заготовки.....	25
1.7 Вибір обладнання та інструменту для виготовлення деталі.....	29
1.7.1 Вибір допоміжного обладнання.....	34
1.8 Вибір різального інструменту та режимів різання	39
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	45
2.1 Функції CAD/CAM-систем	45
2.2 Засоби 3D моделювання виробів	46
2.3 Створення деталі в CAD-системі Autodesk Fusion 360	48
2.3 Створення траєкторій руху інструменту в системі Autodesk Fusion 360	
MANUFACTURE.....	52
3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	56
3.1 Структура керуючої програми.....	56

3.2. Розробка керуючої програми обробки деталі “Сегмент фланцю” в системі Heidenhain iTNC410	60
ВИСНОВОК	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	66
ДОДАТОК А.....	70
ДОДАТОК Б.....	75
ДОДАТОК В.....	Ошибка! Закладка не определена.

АНОТАЦІЯ

Кривозуб О.О. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі сегмент фланцю з використанням CAD/CAM-систем – Кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 «Прикладна механіка». – Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті, Кропивницький, 2023.

Кваліфікаційна робота містить 100 сторінок, в тому числі 45 рисунків, 7 таблиць, бібліографію із 25 джерел на 4 сторінках, 3 додатки на 28 сторінок.

Мета дослідження – розробка технологічного процесу деталі «Сегмент фланцю» в системі Heidenhain iTNC410 в умовах дрібносерійного виробництва.

Кваліфікаційна робота містить вступ, технологічну, конструкторську і дослідницьку частину, висновок. Проаналізовані службове призначення деталі, технологічність конструкції, спосіб отримання заготовки та матеріал заготовки. Визначений тип виробництва – дрібносерійне. Вибраний спосіб одержання заготовки – плазмове різання. Обґрунтований вибір схем базування, металорізального обладнання та технологічної оснастки. Виконано розробку деталі в CAD/CAM-системах та розрахунок режимів різання.

Ключові слова: деталь, фрезерна операція, верстат з ЧПК, керуюча програма обробки, оснащення, CAD/CAM-система.

ANNOTATION

Kryvozub O.O. Development of the technological process of manufacturing a flange segment part using CAD/CAM systems – Qualification work on specialty 131 "Applied Mechanics". – Economic and Technological Institute named after Robert Elworthy, Kropyvnytskyi, 2023.

The qualification work contains 100 pages, including 45 figures, 7 tables, a bibliography of 23 sources on 3 pages, 3 appendices on 31 pages.

The purpose of the research is to develop the technological process of the "Flange segment" part in the Heidenhain iTNC410 system in the conditions of small-scale production.

The qualification work contains an introduction, a technological, design and research part, and a conclusion. The functional purpose of the parts, the manufacturability of the structure, the method of obtaining the workpiece and the material of the workpiece were analyzed. The specified type of production is small-scale production. The selected method of obtaining the workpiece is plasma cutting. Reasonable selection of basing schemes, metal-cutting equipment and technological equipment. The detail was developed in CAD/CAM systems and the calculation of cutting modes was performed.

Key words: part, milling operation, CNC machine tool, processing control program, equipment, CAD/CAM system.

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЧПК – числове програмне керування;

СЧПК - системи числового програмного керування

КП – керуюча програма;

ЕОМ - електронна обчислювальна машина;

CAD – computer aided design;

CAM – computer aided manufacturin.

NURBS - non-uniform rational B-spline

ASCII - American Standard Code for Information Interchange

ВСТУП

Сучасний розвиток суспільства характеризується широким застосуванням комп'ютерних технологій у багатьох галузях життєдіяльності людей. У наш час математичне моделювання є важливим засобом проектування високоякісної продукції.

У сучасних умовах широкого поширення набуває технологічне обладнання з числовим програмним управлінням, що дозволяє проводити весь комплекс обробки на одному верстаті. Воно відрізняється високою продуктивністю, підвищеною точністю, високою концентрацією обробки та зниженням участі людини в процесі роботи, гнучкістю виробничого процесу і по можливості використання програми багаторазово.

У сучасному виробництві широкого поширення набула автоматизована система керування (САПР), а саме Computer Aided Design (CAD) та Computer Aided Manufacture (CAM).

CAD-системи включають в себе модулі для геометричного моделювання та машинної графіки, що забезпечують потужний функціонал для створення та редагування моделей. CAM-системи, зі свого боку, розроблені для проектування обробки виробів на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Вони виконують важливу роль у технологічній підготовці виробництва, дозволяючи створювати складні деталі зі скороченням циклу виробництва. В сучасних умовах CAM-система є невід'ємною складовою для виготовлення виробів зі складним профілем. CAM/CAE надає повну автоматизовану підтримку на всіх етапах проектування та виробництва нової продукції, вирішуючи завдання з геометричного моделювання, машинної графіки, обробки виробів та багато іншого.

У сучасних CAM-системах є широкий вибір можливостей для проектування. Актуальною задачею для кожного виробництва є зниження трудомісткості операцій та час, що витрачається на обробку деталі, але при цьому мають бути збережені задані показники якості та точності.

Але вибір різального інструменту і технологічних параметрів (величина подачі, швидкість різання) робиться за рахунок особистого досвіду оператора, так як довідники не дозволяють визначити оптимальні технологічні параметри.

Таким чином приходимо до задачі, що при виборі правильного методу обробки, буде досягнуто кращу продуктивність та скорочення часу при виготовленні деталі.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Сегмент фланцю» в умовах реального виробництва Rauameister AS.

Для досягнення мети дипломного проекту вирішується низка завдань:

- Розробити технологічний процес деталі;
- Спроекувати в CAD/CAM системах деталь;
- Обрати технологічне оснащення та різальний інструмент;
- Визначити оптимальну траєкторію руху різального інструменту;
- Розробити керуючу програму для фрезерного верстата з ЧПК в системі Heidenhain iTNC410 ;
- Впровадження технології в практичну діяльність.

Для вирішення поставлених завдань у дипломному проекті пропонується застосування фрезерного верстату з системою ЧПК в рамках дрібносерійного виробництва.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз вихідних даних

Вихідними даними є паперове креслення деталі та заготовка.

На робочому кресленні представлені всі необхідні розміри, види та перерізи для точного подання форми деталі.

1.1.1. Службове призначення деталі «Сегмент фланцю»

Деталь «Сегмент фланцю» (рисунок 1.1) призначений для з'єднання двох елементів і дає можливість одному з них обертатися навколо своєї осі з одночасним підведенням мастила. Використовується в складальній деталі «Притискний фланець» (рисунок 1.2), яка містить у собі чотири сегменти. Маса деталі 10 кг. Габаритні розміри – 1180,87x294x30 мм. Деталь «Сегмент фланцю» являє собою корпусну деталь з отворами та уступами. Деталь встановлюється на раму та кріпиться до неї через шість отворів $\varnothing 13$. Кут 5° і 10° призначений як гарантія зазорів для подачі мастила.

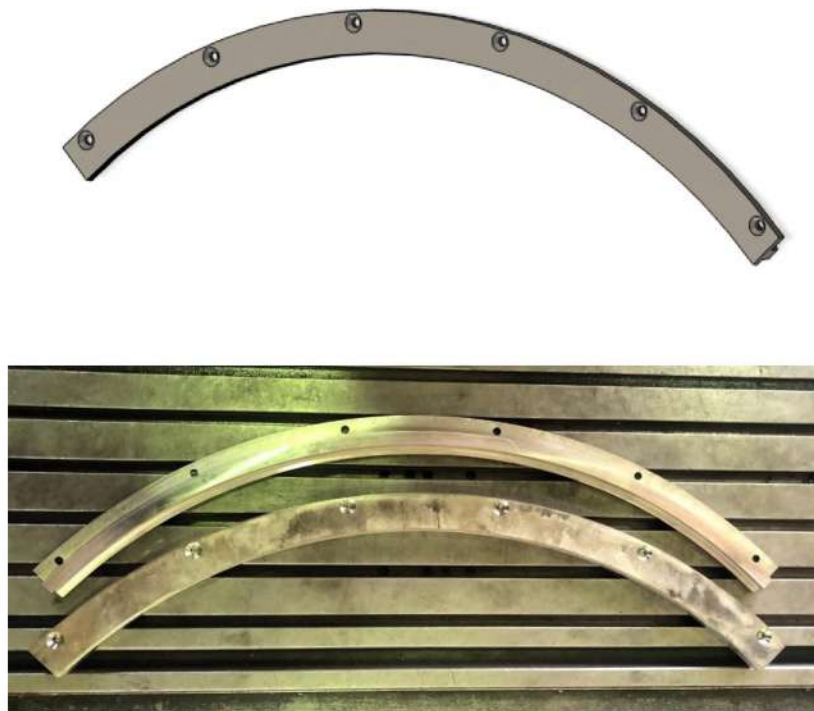


Рис.1.1. - Сегмент фланцю

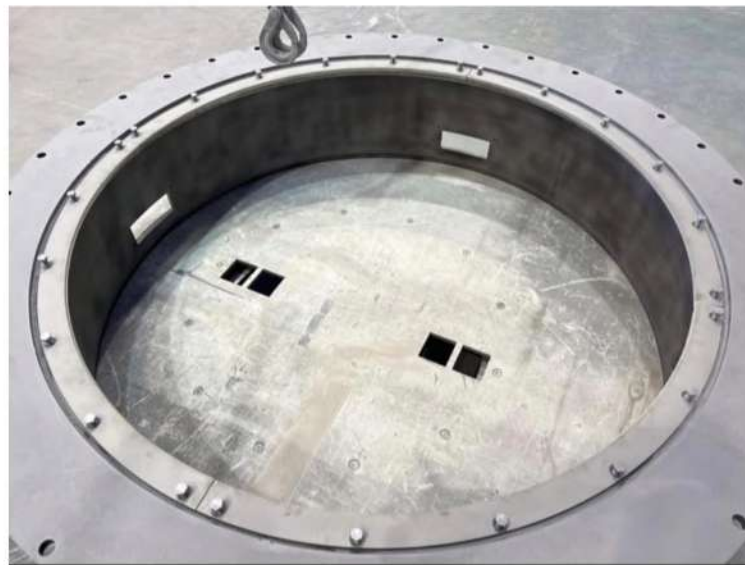
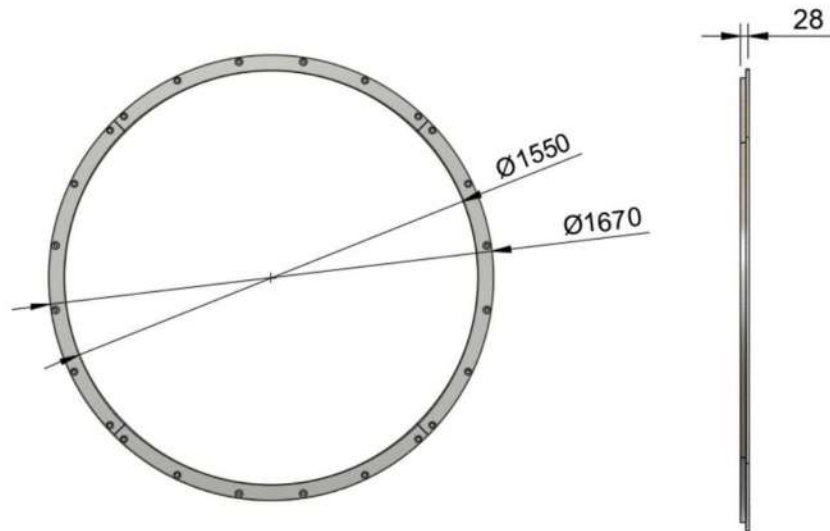


Рис.1.2. - Притискний фланець

1.1.2. Технічна характеристика деталі

Деталь «Сегмент фланцю» виготовляється із нержавіючої сталі EN 1.4301 (X5CrNi18-10).

DIN EN 1.4301 нержавіюча сталь (X5CrNi18-10) - це звичайна аустенітна нержавіюча сталь з гарною стійкістю до атмосферних, органічних та неорганічних хімічних речовин. Цей матеріал широко використовується завдяки його чудовій міжзерновій корозійній стійкості, хорошій деформованості в холодному стані, хорошій здатності до глибокої витяжки та зварюваності.

EN X5CrNi18-10 є немагнітним у відпаленому стані, але він може стати злегка магнітним через додавання мартенситу чи фериту під час холодної обробки чи зварювання.

Хімічний склад сталі EN 1.4301 (X5CrNi18-10) наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Хімічний склад сталі EN 1.4301 (X5CrNi18-10):

Вуглець (C)	Марганець (Mn)	Кремній (Si)	Хром (Cr)	Фосфор (P)	Сірка (S)	Нікель (Ni)	Ферум (Fe)
<0,070%	≤ 2,00%	1,00%	17,5- 19,5%	0,045%	≤ 1,0%	8,0 – 10,0%	інше

Фізичні властивості сталі X5CrNi18-10 наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Фізичні властивості сталі EN 1.4301 (X5CrNi18-10):

Щільність, г/см ³	Електр ичний опір, (Ом · мм ² / м) при 20°C	Питома теплоєм ність, Дж / (кг · К) при 20°C	Теплопро відність, (Вт / м · К) при 20°C	Модуль пружності, (кН / мм ²)	Теплове розширення (10 ⁻⁶ / К)
7,9	0,73	500	15	200 при 20°C 194 при 100°C 186 при 200°C 179 при 300°C 172 при 400°C 165 при 500°C	16,0 (20-100°C) 16,5 (20-200°C) 17,0 (20-300°C) 17,5 (20-400°C) 18,0 (20-500°C)

Корозійний Опір:

DIN EN 1.4301 нержавіюча сталь має хорошу атмосферну корозійну стійкість до 300°C та хорошу стійкість до багатьох (слабо корозійних) органічних та неорганічних хімікатів. Його також можна використовувати при дуже низьких температурах, але деякі морські, прибережні та хлоридовмісні розчини є деякими обмеженнями.

Термічна Обробка:

- Відпал розчину: 1000 - 1100 °C (охолодження: вода, повітря);
- Гаряче формування: 1200 - 900 °C (охолодження: повітря).

1.2 Визначення типу виробництва

Виробництво можна класифікувати за типами, що відрізняються широтою номенклатури, регулярністю та обсягом випуску продукції. Кожен тип виробництва має свої особливості та специфіку. Деякі види виробництва спрямовані на масове виробництво широкого асортименту товарів, що випускаються регулярно та великими обсягами. Інші типи виробництва, навпаки, можуть бути спрямовані на виготовлення вузькоспеціалізованих продуктів або невеликих серій товарів, що вимагають більшої гнучкості та індивідуального підходу. Класифікація типів виробництва допомагає встановити ефективні методи та стратегії для кожного виду виробництва з метою досягнення максимальних результатів та задоволення потреб ринку. Тип виробництва визначається коефіцієнтом закріплення операцій технологічного процесу за робочим місцем, виробничою дільницею і підприємством в цілому.

Наприклад, коефіцієнт закріплення операцій виробничої дільниці машинобудівного підприємства можна визначити за формулою [4, с. 19]:

(1.1)

$$k_3 = \frac{\sum_1^n k_i}{c},$$

де k_3 - кількість типорозмірів деталей, які обробляються на дільниці впродовж місяця, шт.;

k_i - число технологічних операцій по i – тої деталі, шт.;

c - загальне число робочих місць на дільниці, шт..

В залежності від значення “ k_3 ” визначається серійність виробництва:

$k_3 = 21...40$ – одиничне та дрібносерійне виробництво;

$k_3 = 11...20$ – середньосерійне виробництво;

$k_3 = 4...10$ – багатосерійне виробництво;

$k_3 = 1...3$ – масове виробництво.

Оскільки кількість всіх технологічних операцій впродовж місяця є невідомі, тобто неможливо визначити коефіцієнт закріплення операцій. Проте тип виробництва можна визначити за масою деталі і кількістю виготовлених деталей за рік. Маса деталі дорівнює $m = 10$ кг. За таблицею 1.3 визначимо тип виробництва [15, с. 7].

Таблиця 1.3

Залежність типу виробництва від обсягу випуску і маси деталі

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	малосерійне	середньо-серійне	велико-серійне	масове
до 1.0	до 10	10...2000	1500...1000000	75000...200000	>200000
1.0...2.5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
2.5...5.0	до 10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000
5.0...10	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
Більше 10	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000

Отже, для маси деталі $m = 10$ кг та річного обсягу випуску $N_p = 12$ штук на рік тип виробництва буде «дрібносерійне».

Дрібносерійне виробництво є особливим типом виробництва, який характеризується своїми технологічними особливостями, що наближаються до одиничного виробництва. У цьому виді виробництва використовується переважно універсальне устаткування, розташоване в цехах за типами верстатів.

Особливістю дрібносерійного виробництва є постійне освоєння нових виробів, що призводить до часткового зупинення випуску продукції, яка була освоєна раніше. Це свідчить про гнучкість та адаптивність підприємства, яке постійно оновлює свій асортимент і пристосовується до змін потреб ринку. Дрібносерійне виробництво вимагає постійної інноваційної діяльності та високого рівня організації процесів з метою забезпечення якості та ефективності виробництва.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності проводиться з метою підвищення продуктивності праці, зниження витрат та скорочення часу.

Під технологічністю конструкції виробу розуміють забезпечення експлуатаційних вимог, ремонт та технічне обслуговування при використанні продуктивних методів обробки.

Якісна оцінка технологічності деталі.

Деталь «Сегмент фланцю» відноситься до класу «диски».

Матеріал заготовки нержавіюча сталь EN 1.4301 (X5CrNi18-10) має високу службову характеристику. Сталь є міцною, пластичною, стійкою до корозії в робочих середовищах і володіє хорошою технологічністю.

Виходячи з призначення і умов роботи деталі, найбільш важливими і відповідальними поверхнями є розміщення отворів $\varnothing 13$ квалітет H14 по координатам та внутрішній $\varnothing 1550$ з допуском $+1;0$ зовнішній діаметр $\varnothing 1613$ з допуском $0;- 0,5$.

Вимога до точності діаметру отвору $\varnothing 13+0,43$ мм відповідає 14 квалітету розмірної точності, що є достатнім для нормального базування кріпильних болтів.

Конструкція фланцю забезпечує можливість обробки всіх необхідних елементів деталі через прості геометричні форми та вільний вхід та вихід інструменту із зони обробки.

При обробленні деталі не потрібно використовувати спеціальний різальний інструмент, всі поверхні є зручні і надійні для установки заготовки в процесі її обробки: отвори, торці та внутрішню і зовнішню циліндричну поверхню.

Кількісна оцінка технологічності деталі.

Коефіцієнт використання матеріалу це одна з характеристик виробничого процесу. Він являє собою кількість матеріалу (обсяг або масу) в готовому виробі поділений на загальну кількість матеріалу, який пішов на виготовлення виробу.

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі проводимо за коефіцієнтом використання матеріалу:

(1.2)

$$k_{\text{ВМ}} = \frac{m_{\text{Д}}}{m_{\text{З}}},$$

де $m_{\text{Д}}$ - маса деталі, кг;

$m_{\text{З}}$ – маса заготовки, кг.

Масу деталі визначаємо за допомогою програми FUSION 360.

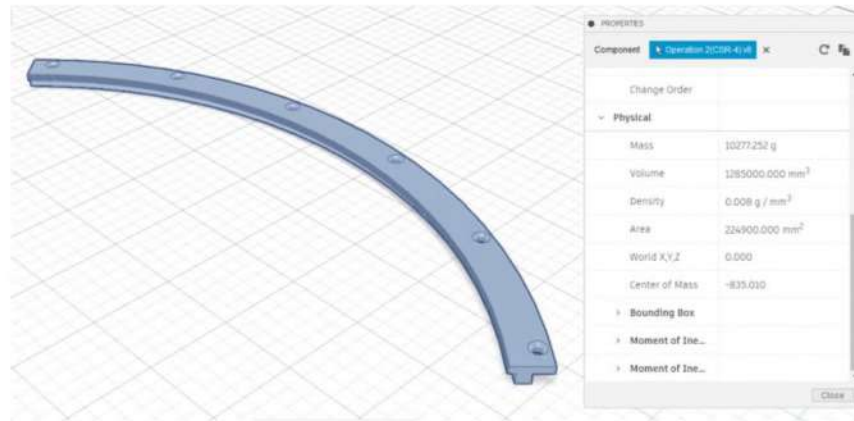


Рис. 1.3 Параметри деталі «Сегмент фланцю» в програмі FUSION 360

$$k_{\text{ВМ}} = \frac{10}{19} = 0,53$$

Отриманий коефіцієнт використання матеріалу вказує на технологічність конструкції деталей

Не технологічним є не можливість контролювати позиціонування отворів $\varnothing 13$ квалітет Н14 та розміри $\varnothing 1550$ з допуском $+1;0$, $\varnothing 1613$ з допуском $0; -0,5$.

На підставі вищевикладених аналізів можна зробити висновок, що деталь відповідає технологічності конструкції, тому деталь являється технологічною і допускається до виробництва

1.4 Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі «Сегмент фланцю»

Розробка технологічного процесу обробки деталі полягає в правильному виборі вихідної заготівлі та методу її отримання, правильному виборі баз, визначенні послідовності обробки, виборі обладнання, пристроїв, ріжучого інструменту та розрахунку режимів різання.

У ході аналізу робочого креслення деталі «Сегмент фланцю» були сформовані наступні технологічні завдання:

1. Забезпечити точність розмірів:

- Розмір $\varnothing 1550$ з допуском $+1;0$;
- Розмір $\varnothing 1572$ з допуском $+1;0$;

- Розмір $\varnothing 1613$ з допуском $0; - 0,5$;
- 6 отворів $\varnothing 13$ квалітет H14;
- 6 фасок $\varnothing 26$, кут 90° ;
- Розмір 16 з допуском $\pm 0,2$.

2. Забезпечити кут 5° і 10° .

3. Забезпечити якість поверхонь:

- основні площини, уступи по $Ra=12,5$

1.5 Вибір схеми базування заготовки

База є важливою складовою процесу виготовлення деталей, оскільки вона визначає точність, взаємне розташування поверхонь, складність пристроїв та загальну продуктивність обробки.

Правильний вибір технологічних баз має велике значення, оскільки від нього залежить фактична точність виконання розмірів деталей, правильність взаємного розташування поверхонь та ефективність використання різальних та вимірювальних інструментів. Врахування цих факторів дозволяє досягти високої якості виробництва і знизити кількість бракованих деталей.

Технологічні бази є основою для правильного налаштування обробного устаткування, встановлення заготовок і забезпечення їх стійкого положення під час обробки. Крім того, вони впливають на вибір оптимальних інструментів, які забезпечують ефективну обробку деталей.

Отже, правильний вибір технологічних баз є важливим етапом в процесі виготовлення деталей і сприяє досягненню оптимальних результатів виробництва.

Як допоміжні бази зазвичай використовують торцеві поверхні.

Технологічні бази відносяться до різних класів залежно від того, скільки ступенів вільності створюється заготовкою при їх базуванні та якому типі вони є.

Загальна класифікація включає установчі, направляючі та опорні технологічні бази, кожна з яких має свої особливості та застосування.

Установча база забезпечує заготовку трьох ступенів вільності: можливість пересування уздовж однієї з координатних осей та обертання двох інших. Тип бази забезпечує жорстку фіксацію заготовки.

Направляюча база створює заготовку двох ступенів вільності: можливість пересування уздовж однієї з координатних осей та обертання лише однієї з двох інших. Цей тип бази дозволяє обмежені рухи заготовки і розміщувати застосування у випадку, коли потрібно вибрати визначений напрямок обробки або обмежити певні рухи деталей.

Опорні бази забезпечують фіксацію в певному положенні і використовують для обробки деталей, де потрібно вибрати визначену орієнтацію або фіксацію певного кута обробки.

Коректний вибір технологічних баз залежить від конкретного завдання, конструкції деталей і вимог до неї. [16, с. 8].

Під час першої операції виконується визначення поверхонь, які використовуватимуться як бази для подальших робіт. Ці поверхні, зазвичай, є основними базами, від яких залежить більшість вимірів та розташування інших важливих поверхонь деталі.

Основна база – база даної деталі або складальної одиниці, яка використовується для визначення її положення у виробі.

При виборі баз важливо керуватися наступними рекомендаціями:

- базові поверхні повинні бути простими за своєю формою і мати достатню площу. Це дозволить заготовці надійно утримуватися в пристосуванні, не зсуваючись під впливом власної ваги.;
- як чорнові бази слід вибирати поверхні, які потім залишаються необробленими. Це забезпечує точність взаємного становища оброблених та необроблених поверхонь.

- для чистової обробки необхідно використовувати найбільш критичні бази, які відповідають високим стандартам точності і якості.;
- слід забезпечити можливість обробки максимальної кількості поверхонь за допомогою одного установу, що сприятиме ефективності та оптимізації процесу виготовлення.

Дотримуючись цих рекомендації вибираємо схеми базування.

Чорнова технологічна база – необроблена поверхня, яка застосовується переважно при базуванні заготовки на перших операціях, на яких, як правило, оброблюють чистові бази. Як чорнові бази приймаємо верхню поверхню основи та бічну поверхню ребра жорсткості.

Чистова технологічна база – оброблена, як правило, точна поверхня, яка застосовується для базування на наступних операціях. Як чистові бази приймаємо основу та її бічні поверхні (рисунок 1.4)

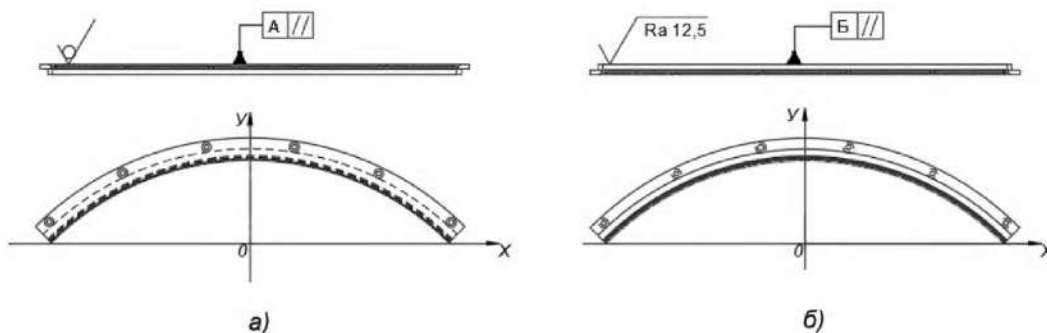


Рис. 1.4 Схема базування:

а) при чорновій обробці, б) при чистовій обробці

Деталь втрачає одну ступінь вільності (переміщення уздовж або обертання навколо координатної осі) і називається опорною базою.

Вибрані технологічні бази відповідають вимогам стійкого положення деталі, можливості надійного закріплення та жорсткості час обробки.

1.5.1 Вибір методів обробки поверхонь заготовки

Залежно від технічних вимог, що пред'являються до деталі, і типу виробництва вибирають один або кілька можливих методів обробки та тип відповідного обладнання. [5]

Для наочності пронумеруємо поверхні заготівлі в порядку їх обробки (рисунок 1.5).

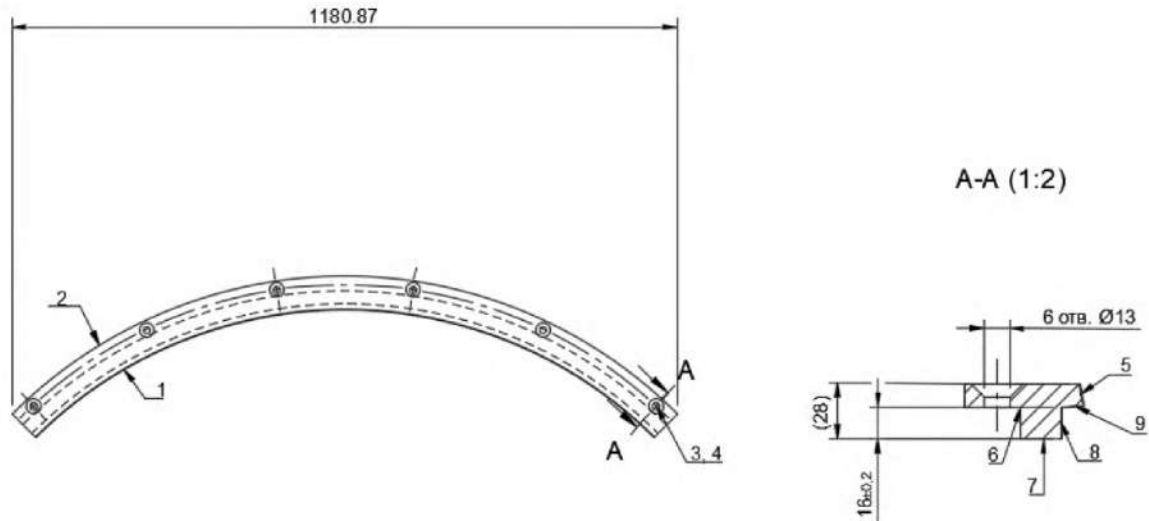


Рис. 1.5 Нумерація оброблюваних поверхонь деталі «Сегмент фланцю»

За таблицею 1.4 визначимо методи обробки поверхонь.

Таблиця 1.4

Методи обробки поверхонь

Номер поверхні	Вид поверхні	Квалітет точності	Шорсткість, мкм	Метод обробки
1	Бічна поверхня Ø 1550	H12	12,5	Фрезерування

2	Бічна поверхня Ø 1670	-	12,5	Фрезерування
3	6-ть отворів Ø13	H14	12,5	Свердління
4	6-ть фасок Ø26, кут 90°	H14	12,5	Зенкерування
5	Бічна поверхня під кутом 5°	H12	12,5	Фрезерування
6	Бічна поверхня Ø 1613	H10	12,5	Фрезерування
7	Площина	IT16/2	12,5	Фрезерування
8	Бічна поверхня Ø1572	H12	12,5	Фрезерування
9	Бічна поверхня під кутом 10°	H12	12,5	Фрезерування

Обрані методи обробки дозволяють отримати необхідну точність і якість оброблених поверхонь з використанням мінімальної кількості переходів. Для однотипних поверхонь обрані однакові методи обробки, що дозволяє скоротити кількість необхідного ріжучого інструменту.

Формуємо кути 5° і 10° градусів у вигляді уступів через відсутність інструменту, замінюємо на торцеву фрезу.

1.6 Метод отримання заготовки

Від способу отримання заготовки залежить число та трудомісткість операцій механічної обробки та на загальну вартість всього технологічного процесу.

Матеріал, з якого виготовляється деталь – нержавіюча сталь 1.4031. Виходячи з цього, приймаємо спосіб отримання заготівлі – плазмове різання.

Ескіз заготовки представлений на рисунку 1.6.

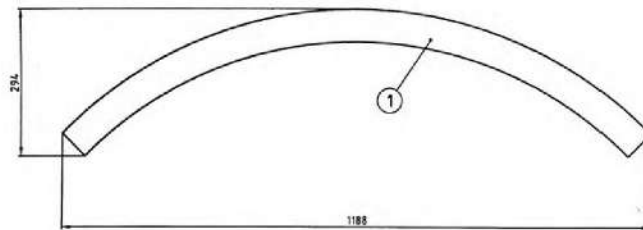


Рис. 1.6 Ескіз заготовки

Плазмове різання – один із найпоширеніших способів термічного різання матеріалів. За допомогою цього способу можна різати як вуглецеві, так і високолеговані сталі, чавуни й кольорові метали.

У процесі плазмодугового різання метал розплавляється на вузькій ділянці по лінії розрізу, а потім видаляється струменем плазми, що утворюється в дузі. Внаслідок того, що температура плазмової дуги вища, ніж звичайна, можна обробляти метали і сплави, які не піддаються кисневому різанню (високолеговані сталі, алюміній, мідь і їх сплави), забезпечуючи вищу якість розрізу порівняно з повітрянодуговим способом.

Зі збільшенням товщини металу від 10 до 80 мм для корозійностійких сталей, мідних і алюмінієвих сплавів ширина розрізу збільшується від 5-6 мм до 12-15 мм, а величина припуску на механічну обробку також зростає з 2 до 5 мм.

Залежно від властивостей розрізувальних металів для утворення плазмового потоку застосовують різні газові середовища, які наведені у таблиці

1.5 [5, с. 251]. Товщина розрізуваного металу обмежується робочою напругою процесу.

Таблиця 1.5

Газове середовище для плазмово-дугового різання

Газ		Розрізуваний метал		
плазмо-утворюючий	захисний	сталь		алюміній
		низько-вуглецева	нержавіюча	
Повітря	Повітря	++	++	++
O ₂	Повітря	+++	-	-
N ₂	CO ₂	+	++	+++
N ₂	Повітря	+	++	++
N ₂	H ₂ O	+	+++	+++
Ar + 35 % H ₂	N ₂	-	+++	+++

Примітка. +++ – виключно висока якість розрізу, не потрібно додаткової механічної обробки кромки, висока стійкість електрода; ++ – високі якість розрізу, стійкість електрода; + – задовільна якість розрізу, кромки потребують механічної обробки, висока стійкість електрода; – – застосування не рекомендується.

За максимально допустимої величини робочої напруги плазмотрону, що дорівнює 120-140 В, найбільша товщина розрізувальних корозійностійких і вуглецевих сталей, алюмінієвих і мідних сплавів становить 80-100 мм.

Параметрами режиму плазмово-дугового різання є сила струму, діаметр сопла, напруга плазмової дуги, швидкість різання і витрата газу.

З метою покращення умов праці, підвищення якості кромки, зменшення теплових деформацій деталей і збільшення швидкості різання процес виконується із додатковою подачею води в зону різання.

Головною перевагою застосування плазмової технології, є значно менша вартість обладнання та затрат на метр різку, але вимоги щодо виконання обробки деталей є жорсткі. При недотриманні цієї вимоги порушується якість різку, а також прискорюється знос комплектуючих.

На діючому виробництві Rauameister AS використовують плазмову різку HyPerformance Plasma HPR260XD.

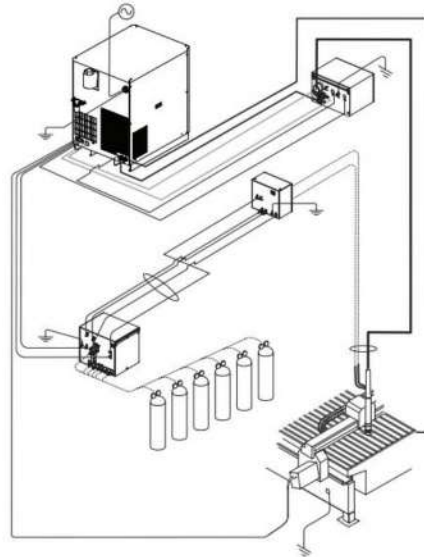


Рис.1.7 Схематичний вид HPR260XD

Плазмові системи HyPerformance призначені для різання широкого діапазону товщини м'якої сталі, нержавіючої сталі і алюміній. Вони забезпечують чудову продуктивність різання на координатному столі, різання зі скосом, роботизована різка і маркування металевих листів товщиною до 160 мм. Поєднання таких переваг, як високі швидкості різання, короткі виробничі цикли, швидка зміна режимів і висока надійність, дозволяє підвищити продуктивність, суттєво зменшивши експлуатаційні витрати.

Для детального розкрою використовують програмне забезпечення ProNest CAD/CAM. На рисунку 1.8 показано розкрій деталі «Сегмент фланцю» в програмі ProNest.

Ця програма призначена для роботи з системами механізованого різання металу. ProNest допомагає досягти більшої економії матеріалу, значно підвищити продуктивність, скоротити експлуатаційні витрати і підвищити якість різання. Також ProNest забезпечує здійснення простого контролю за процесом імітації різання.

Вона поєднує можливості системи підготовки керуючих програм із функціями організації виробничого процесу, а саме:

- База даних. Взаємодія завдань на розкрій, деталей, листів, розкроїв листів.
- Автоматичне розміщення деталей. Автоматично укладає деталі завдання на листи оптимальним чином.
- Ручне розміщення деталей. Розміщення деталі на аркуші очевидно.
- Динамічний контроль переміщення, переміщення до упору, копіювання впритул, вирівнювання сторін.
- Програмування обробки. Будує траєкторію інструменту з підходами та відходами. Обробляє містки та перемички. Виконує суміщену обробку пар деталей.
- Документування. Формує наступні вихідні документи: розкрою листа, специфікацію розкрою листа, специфікацію завдання на розкрий, статистику.

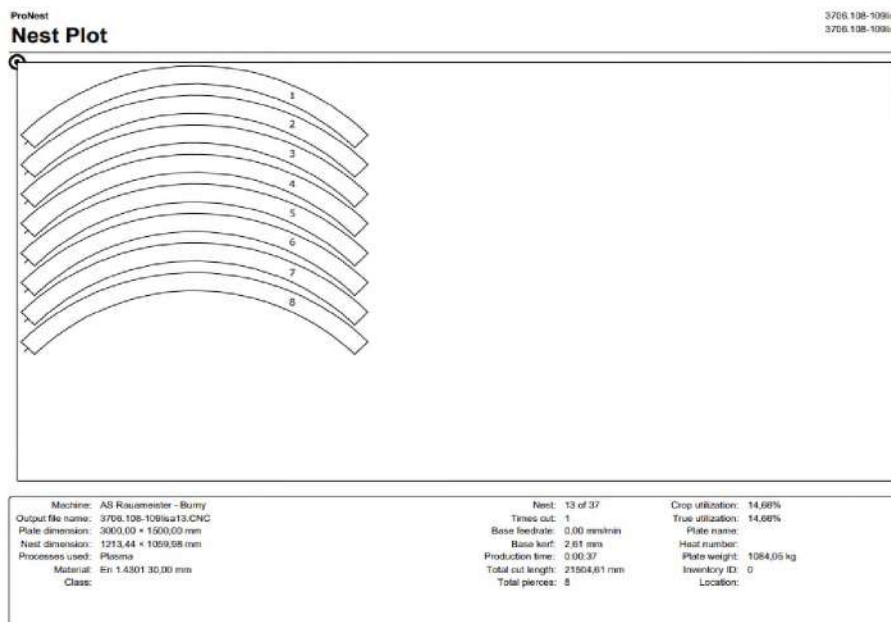


Рис. 1.8 Розкрий деталі «Сегмент Фланцю» в програмі ProNest

Кінцева мета під час виконання будь-якого завдання програмою ProNest — створити оптимальний вивід ЧПУ для контролера машини.

1.7 Вибір обладнання та інструменту для виготовлення деталі

Для реалізації обробки деталі «Сегмент фланцю» використовується універсальний фрезерний верстат Combi-U6 з системою ЧПК фірми Heidenhain (рис.1.9).



Рис. 1.9 Універсальний фрезерний верстат Combi-U6

При виборі верстата необхідно враховувати такі вимоги:

- верстат повинен забезпечувати точність розмірів та форми, якість поверхні оброблюваної деталі;
- жорсткість і потужність верстата повинні бути достатніми для того, щоб проводити обробку з оптимальними режимами різання;
- розміри столу верстата повинні бути в 1,2-1,5 рази більшими за габаритні розміри деталі для забезпечення можливості встановлення та закріплення на столі пристосування;
- верстат має бути зручним та безпечним у роботі.

Вибір моделі верстата насамперед визначається його можливістю забезпечити точність розмірів та форми з мінімальною переустановкою деталі у

процесі її виготовлення, а також якістю одержуваних поверхонь деталі, що виготовляється.

Технічні характеристики фрезерного верстата Combi-U6 наведені в таблиці 1.6:

Таблиця 1.6

Таблиця Характеристики фрезерного верстата Combi-U6

Опис	Одиниця	Combi-U6
Робоча поверхня (Довжина x Ширина)	мм	2200x600
Т-подібні пази (Кількість x Ширина)	№ x мм	5x20
Відстань між Т-образними пазами	мм	80
Максимальне навантаження стола	Кг	2000
Поздовжній хід	мм	1600
Поперечний хід	мм	750
Висота від столу до вертикального носа шпинделя	мм	50-750
Висота від столу до горизонтального центру шпинделя	мм	60-760
Швидкість подачі осі	мм/хв	4000
Швидка подача	мм/хв	8000
Внутрішній посадковий конус шпинделя		NT 50

Швидкість	об/хв	40-1600
Відстань від колони до центру вертикального шпинделя	мм	700
Відстань від колони до горизонтального центру шпинделя	мм	710
Потужність двигун приводу шпинделя	кВт	11
Потужність ел. двигуна системи охолоджуючої рідини	кВт	0.1
Потужність ел. двигуна системи змащування	кВт	0.09
Потужність гідравлічного затискного двигуна	кВт	0.75
Потужність Т-роторного двигуна насоса	кВт	0.38
Маса верстату	Кг	7500
Габаритні розміри	мм	4760x3300x3100

Перевагами даного верстату є висока якість продукції за рахунок жорсткої станини та основних вузлів. Основним недоліком є застаріла версія числового керування.

Завдяки ЧПК Heidenhain iTNC410 (рис. 1.10) COMBI-U6 може керувати чотирма вісями одночасно, він призначений для обробки деталей середнього та малого розміру.

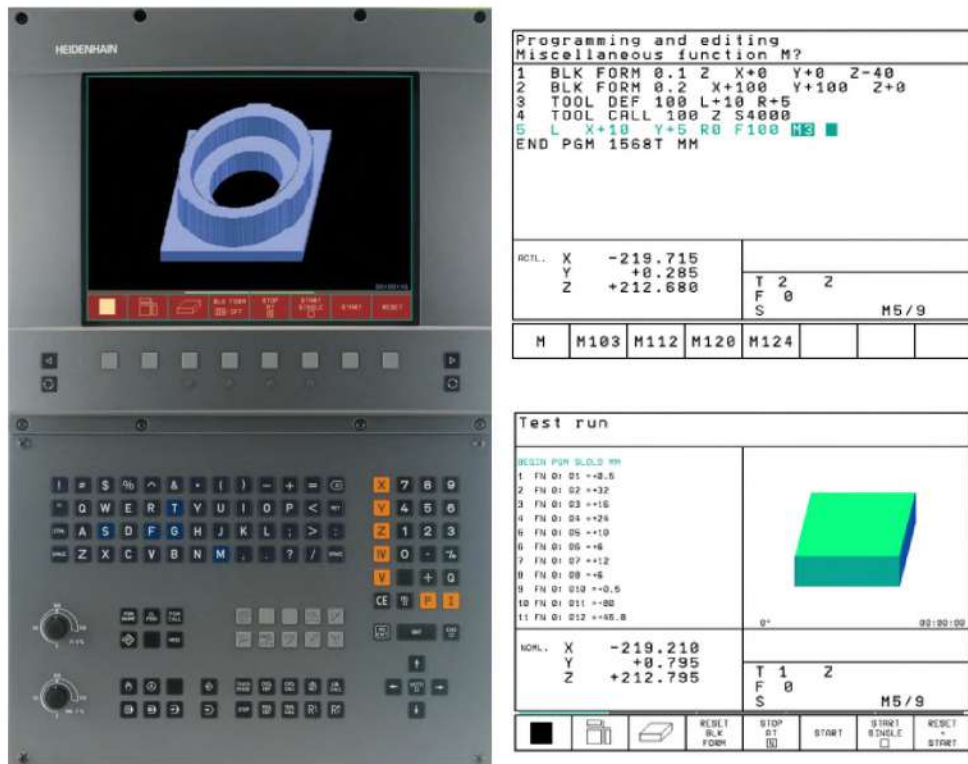


Рис.1.10 Стійка фірми Heidenhain TNC 410

Управління iTNC410 складається з великого екрану та великої панелі керування, при цьому виробник зробив особливу увагу на чіткому та просторому дизайні всієї зони керування. Те ж саме стосується індикації на екрані, на якій окремі етапи обробки вже виконуються графічно під час введення програми.

Органи управління верстата з ЧПУ фірми Heidenhain зосереджені на передній панелі стійки. До органів управління належать різні перемикачі та клавіші, а також дисплей.

Всі клавіші, перемикачі та ручки верстата можна умовно розділити на кілька функціональних груп [Додаток А]:

1. Клавіші для введення різних символів, літер та цифр.

За допомогою клавіатури оператор верстата може скласти програму обробки прямо на екрані, вводячи G-M-коди. У випадку обмеженої клавіатури, одна клавіша може відповідати за кілька символів (адрес).

2. Клавіші редагування та курсору.

Клавіші редагування дозволяють оператору верстата змінювати вміст програми, що управляє. Курсорні кнопки призначені для навігації.

3. Програмні або екранні клавіші.

Програмні клавіші використовуються для виконання різних функцій залежно від програмного забезпечення системи ЧПК та поточного екранного режиму. Зазвичай, ці клавіші розташовані прямо під дисплеєм, а їх поточні функції відображаються в нижній частині дисплея.

4. Клавіші та перемикачі режимів роботи верстата.

Верстат із ЧПУ має кілька режимів роботи. Для переходу з одного режиму в інший зазвичай використовується спеціальний перемикач. Кнопки прямого управління осьовими переміщеннями. За допомогою цих кнопок оператор може переміщати виконавчі органи верстата в осьових напрямках на робочій подачі або прискореній подачі.

5. Рукоятки управління швидкістю подачі та обертання шпинделя.

Багато верстатів мають засоби для прямого (без програмування G- та M-кодів) увімкнення/вимкнення шпинделя та управління швидкістю його обертання. Система ЧПУ надає оператору верстата можливість коригування запрограмованої швидкості подачі та частоти обертання шпинделя у певних діапазонах.

6. Клавіші та перемикачі для роботи зі спеціальними функціями верстата.

За включення та вимкнення освітлення робочої зони верстата, керування системою видалення стружки та інші допоміжні дії відповідають клавіші та перемикачі для роботи зі спеціальними функціями.

7. Клавіші циклу програмування.

За запуск програми, що управляє, відповідає кнопка Старт циклу, а за її зупинка – кнопки Зупинка подачі або Скинути.

Велика червона кнопка Екстрена зупинка знаходиться на самому видному та доступному місці.

Окрім різних органів управління, верстат із ЧПУ має набір індикаторів. Ці індикатори (світлодіоди) можуть показувати, прийшли або не прийшли виконавчі органи верстата в нульову точку, чи включена подача СОЖ, і сигналізують про аварійну ситуацію.

Системи ЧПК Heidenhain TNC дозволяють цехове керування та програмування на відстані. Вони ідеальні для автоматизованого виробництва завдяки короткому часу обробки кадру і можуть бути застосовані в безлюдному виробництві.

1.7.1 Вибір допоміжного обладнання

Допоміжні інструменти фрезерних верстатів (пристрої для закріплення різального інструмента) дозволяють встановлювати на верстатах насадні, хвостові та кінцеві фрези, а також фрезерні головки. Конструкція допоміжного інструмента залежить від конструкції приєднувальної частини фрези, приєднувальних елементів верстатів, співвідношень розмірів фрези і шпинделю та інших чинників.

Основними елементами будь-якої фрезерної оправки являється: конус, кільця, закріплююча частина. Основні типи конусів – 7:24, конус Морзе, HSK [18].

Для фрезерного верстата COMBI -U6 використовується конус шпинделя NT 50 (7:24). Оправлення стандарту NT не дозволяють автоматично змінювати інструмент, тому їх використовують на універсальних фрезерних верстатах, де заміна різального інструменту виконується вручну.

Кільця обираємо стандарту DIN 69871, які необхідні для захвату інструменту маніпулятором магазину (рис. 1.12).

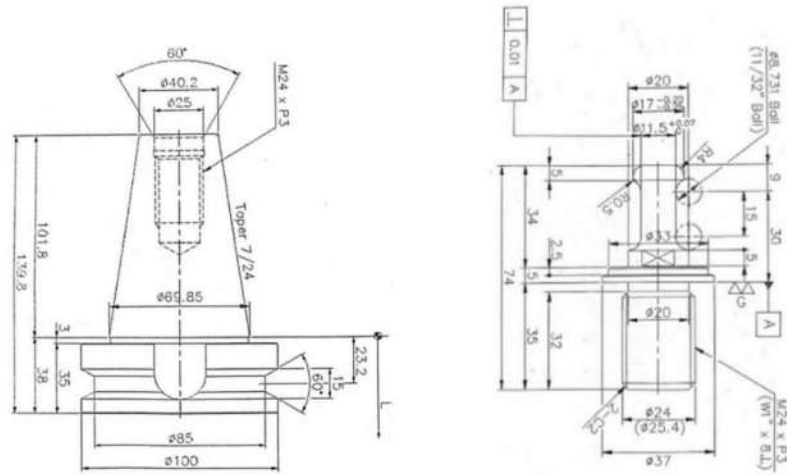


Рис. 1.12 Креслення фрезерної оправки DIN 69871

Для закріплення свердла і zenківки невеликого діаметра використовуються свердлильні патрони Kintek по DIN 69871 з оберганням за годинниковою і проти годинникової стрілки зі швидкістю до 7000 об/хв (рис.1.13). Вони забезпечують достатню шорсткість закріплення для легких та середніх операцій.

Биття установленого інструменту залежить в основному від точності цанги і складає 0.05 мм.

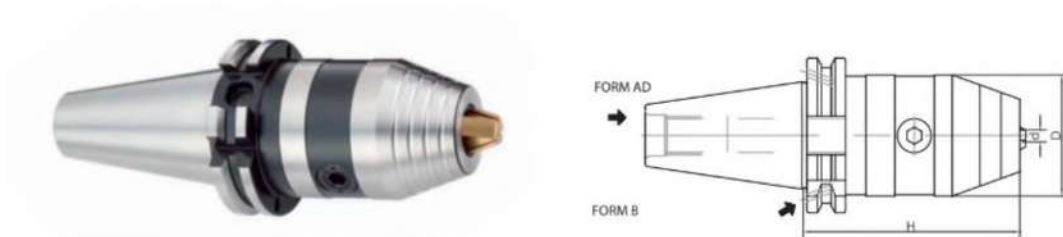


Рис.1.13 Свердлильні патрони Kintek по DIN 69871

Розміри патрону: $H = 95$ мм, $D = 57$ мм.

Фрезерні пристосування.

Під час механічної обробки, стабільне положення заготовки є важливим фактором і забезпечується за допомогою настановних і опорних елементів. Для досягнення цієї мети використовуються різноманітні затискні механізми різних конструкцій. Основним завданням цих механізмів є забезпечення постійного

контакту базових поверхонь заготовки з настановними і опорними елементами верстатного пристосування, що гарантує стійкість та точність обробки.

До затискних механізмів пристосувань висувають наступні вимоги [17]:

1. Під час закріплення заготовок необхідно зберегти їх поточне положення, яке вже було встановлено за допомогою настановних елементів пристосування;
2. Затискний механізм повинен уникати деформації та зсуву заготовок, забезпечуючи надійне закріплення;
3. Затискний механізм має бути простим у конструкції, зручним у використанні і надійним, без випадкового відкриття заготовки під час обробки;
4. Сила закріплення повинна бути достатньою для надійного утримання заготовки окремих настановних і опорних елементів, при цьому мінімізуючи її вплив на саму заготовку.

При виконанні універсальних робіт, пов'язаних з фрезерними площинами, заготовки на фрезерному верстаті встановлюються трьома основними способами: в лещатах, на верстатному столі, на кутових пластинах.

У лещатах фіксуються заготовки порівняно невеликих розмірів. Великі заготовки (такі як пластини, корпуси) встановлюються на машинний стіл.

Для установки і фіксації заготовок на верстаті при фрезеруванні площин використовуються фрезерні пристрої загального призначення: верстатні лещата, прихватки, притиски, упори, кутові пластини.

При установці деталі «Сегмент фланцю» були використані упори (рис. 1.6)

Заготовка кріпиться за допомогою упору і затискача клинової палички. Деталь спирається на упор, який правильно орієнтується по пазу столу виступом і закріплюється шпилькою і гайкою. Потім заготовка затискається притиском, що складається з клина з довгастим отвором для шпильки і підстави з виступом, що входить в паз столу на рисунку 1.14.

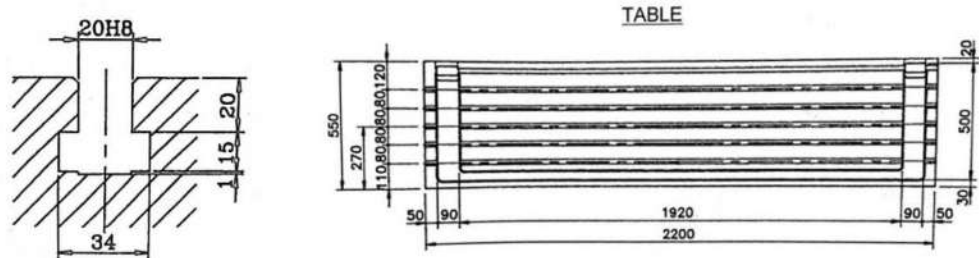


Рис. 1.14 Т-подібний паз столу

Сегмент кріпиться до столу верстата за допомогою шпильки і гайки. При закручуванні гайки клин, ковзаючи по похилій площині, одночасно притискає заготовку до упору і робочої поверхні верстатного столу.



Рис.1.15 Кріплення деталі «Сегмент фланцю»

Затискачі мають свої переваги, такі як простота конструкції, доступна вартість і висока надійність у роботі. Однак, їх використання також супроводжує деякі недоліки. Серед них варто зазначити значний час, потрібний для закріплення і розкріплення заготовки, а також великі фізичні зусилля, необхідні для їхнього застосування. Також варто враховувати, що сила закріплення може бути непостійною, що може вплинути на стабільність процесу обробки.

Сенсорний індикатор.

Для визначення положення шпинделя щодо деталі по трьох осях X, Y, Z (визначення нульової точки) і вимірювання лінійних відхилень уздовж осей X, Y, Z ми використовуємо метод контакту заснований на дотику різальним інструментом оброблюваної деталі.

3D Testor (або 3D щуп) - це пристрій для роботи на фрезерних верстатах, з метою точного позиціонування щодо осі інструментів (для визначення нульових точок деталей, для вимірювання довжин, центрів отворів).

Точність вимірювання становить 0,01 мм. Таким чином, можна швидко і легко встановити нульові точки заготовки і виміряти довжину. Напрямок подачі щупа довільно.

Метод достатньо простий. Шпинделем або калібром торкаються плоско-паралельної кінцевої міри довжини, що притиснута до поверхні деталі. Після нескладних підрахунків, поточні машинні координати заносяться вручну в реєстри робочих зміщень

Знаходження нульової точки складається з двох етапів: перший – по осі Z, другий по осях X та Y (рис.1.16).



Рис. 1.16 Визначення нульової точки сенсорним індикатором

Вимірювальний прилад завжди відхиляється в одну і ту ж сторону і показує відстань між віссю шпинделя і заготовкою. Як тільки показник встановлюється в нуль, вісь шпинделя виявляється точно на кромці заготовки. Відразу, без тривалих випробувань, без обчислень, без проблем з алгебраїчними знаками. Це знижує додаткові витрати, підвищує продуктивність.

3D-тестер встановлюється в патрон машини і може зберігатися в магазині інструментів. У разі пошкодження щупа замінити його можна самостійно, без застосування спеціального обладнання, приладів або додаткової калібрування.

1.8 Вибір різального інструменту та режимів різання

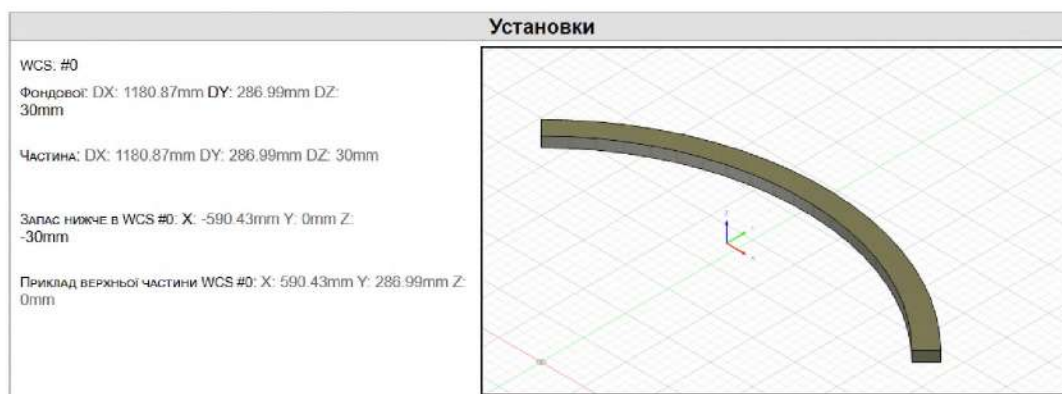
Вибір різального інструменту проводиться виходячи з методу обробки, розмірів оброблюваних поверхонь, точності обробки та якості поверхні, оброблюваного матеріалу, типу виробництв.

Всю гаму ріжучого інструменту можна розділити на дві великі групи: інструмент із змінними пластинами (або вставками) і монолітний інструмент.

В більшості випадків рекомендується використовувати інструмент з пластинами. Це є більш економічно ефективно. Крім цього, змінивши пластини, можна бути упевненим в стабільності умов обробки, тобто немає потреби змінювати режими різання, а в деяких випадках регулювати інструмент.

Пропонується використовувати ріжучий інструмент фірми Dormer Pramet. Ріжучий інструмент для технологічного процесу, що розробляється, вибираємо, відповідно до рекомендацій, викладених у каталогах металорізального інструменту фірми «Dormer Pramet».

Перехід 1. Обробка поверхонь, які утворюють технологічні бази для всіх наступних операцій.



Операції		
<p>Операція 1/2 Опис: 2D Contour1 Стратегія: Контур 2D WCS: #0 Допуск: 0,01 мм Запас для виходу: 0 мм Максимальний знижувальний мінімум: 18,75 мм Максимальний переступ: 95мм</p>	<p>Максимальна Z: 30 мм Мінімум Z: -30 мм Максимальна швидкість обертання шпинделя: 400 об / хв Максимальна швидкість подачі: 350 мм / хв Відстань різання: 7297.98 мм Швидка відстань: 5603.67 мм Орієнтовний час циклу: 25тп: 24s (41.2%) Охолоджуюча рідина: вимкнено</p>	<p>T93 D93 L93 Тип: торцевий млин Діаметр: 100мм Довжина: 50мм Флейти: 10</p> 
<p>Операція 2/2 Опис: 2D Contour2 Стратегія: Контур 2D WCS: #0 Допуск: 0,01 мм Запас для виходу: 0 мм Максимальний знижувальний мінімум: 18,75 мм Максимальний переступ: 95мм</p>	<p>Максимальна Z: 30 мм Мінімум Z: -30 мм Максимальна швидкість обертання шпинделя: 400 об / хв Максимальна швидкість подачі: 350 мм / хв Відстань різання: 10468.43 мм Швидка відстань: 5886,5 мм Орієнтовний час циклу: 36тп: 1s (58.4%) Охолоджуюча рідина: вимкнено</p>	<p>T93 D93 L93 Тип: торцевий млин Діаметр: 100мм Довжина: 50мм Флейти: 10</p> 

Рис. 1.17 Аркуш установок програми на першому переході

Торцева фреза 100A06R-S90LN12-C (рис.1.18) для обробки уступів з подвійною негативною геометричністю, кількість зубів 6 -LNGX 1205.. або LNGU 1205.. двосторонні пластини, діаметр фрези від 100 мм з кутом 90° в площині та 32 мм насадним хвостовиком з пазом відповідно до DIN 8030-A , 50 мм виліт, внутрішній підвід СОЖ і змінний крок зубців для неглибокого фрезерування карманів і уступів, неглибокого фрезерування пазів і плунжерного фрезерування з максимальною глибиною різання 9,0 мм.

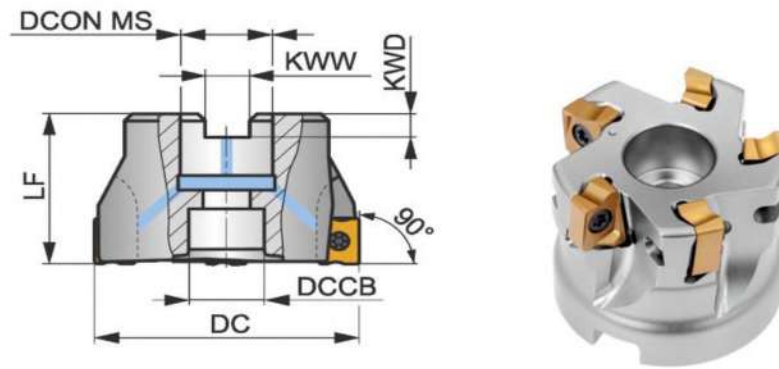


Рис.1.18 Торцева фреза 100A06R-S90LN12-C

Розміри фрези: $LF = 50$ мм, $DS = 100$ мм, $DCCB = 45$ мм, $KWW = 14,4$ мм, $KWD = 8$ мм, $DSON MS = 32$ мм. [24, с. 455]

Двостороння пластина для фрезерування LNGX 1205 (Рис 1.19), прямокутна для максимальної глибини різання 9,0 мм, з радіусом 0,8 мм, точністю ISO G і FA геометричних розмірів з гострими ріжучими кромками, HF7 некритий сплав, дрібнозернистий субстрат WC-Co, застосування за ISO N10-N25 для обробки заготовок з кольорових сплавів з фрезами для обробки уступів SLN12.

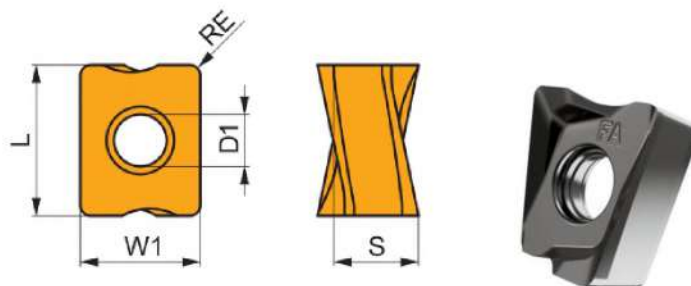
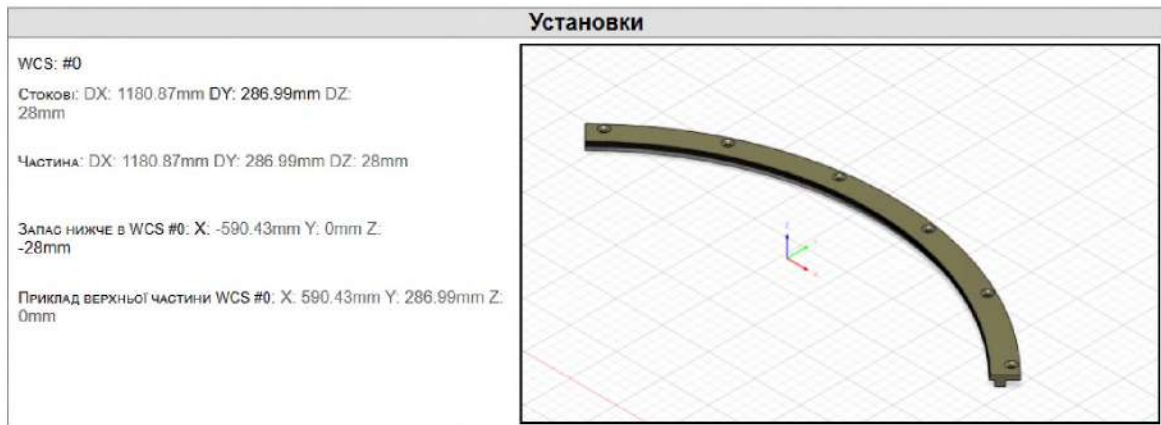


Рис 1.19 Двостороння пластина LNGX 120508FR-FA:HF7

Розміри пластини: $L = 12$ мм, $S = 5,96$ мм, $D1 = 4,5$ мм, $W1 = 9,5$ мм, $RE = 0,8$ мм. [24, с.458]

Рекомендовані режими різання: $V_c = 380-230$ м/хв, $f_t = 0,05... 0,15$ мм/об, $a_p = 0,2...0,9$ мм. [24, с.458]

Перехід 2. Свердління отворів Ø13, точіння фаски та фрезерування уступів під кутом 10°.



Операцій

<p>Операція 1/3</p> <p>Опис: Drill1</p> <p>Стратегія: буріння</p> <p>WCS: #0</p> <p>Допуск: 0,01 мм</p>	<p>Максимальний Z: 85 мм</p> <p>Мінімум Z: -20,9 мм</p> <p>Максимальна швидкість обертання шпинделя: 350 об / хв</p> <p>Максимальна швидкість подачі: 75 мм / хв</p> <p>Відстань різання: 186.98мм</p> <p>Швидка відстань: 1829.22 мм</p> <p>Орієнтовний час циклу: 2m: 36s (11.7%)</p> <p>Охолоджуюча рідина: вимкнено</p>	<p>T13 D13 L13</p> <p>Ручна зміна інструменту</p> <p>Тип: дріль</p> <p>Діаметр: 13мм</p> <p>Кут нахилу: 118 °</p> <p>Довжина: 102мм</p> <p>Флейти: 2</p> 
<p>Операція 2/3</p> <p>Опис: Drill4</p> <p>Стратегія: буріння</p> <p>WCS: #0</p> <p>Допуск: 0,01 мм</p>	<p>Максимальний Z: 85 мм</p> <p>Мінімум Z: -11,5 мм</p> <p>Максимальна швидкість обертання шпинделя: 200 об / хв</p> <p>Максимальна швидкість подачі: 50 мм / хв</p> <p>Відстань різання: 112.05мм</p> <p>Швидка відстань: 1777.3 мм</p> <p>Орієнтовний час циклу: 2m: 36s (11.7%)</p> <p>Охолоджуюча рідина: вимкнено</p>	<p>T5 D5 L5</p> <p>Ручна зміна інструменту</p> <p>Тип: зенковка</p> <p>Діаметр: 30мм</p> <p>Кут нахилу: 90 °</p> <p>Довжина: 35мм</p> <p>Флейти: 3</p> 
<p>Операція 3/3</p> <p>Опис: 2D контур</p> <p>Стратегія: Контур 2D</p> <p>WCS: #0</p> <p>Допуск: 1 мм</p> <p>Запас для виходу: 0 мм</p> <p>Максимальний переступ: 95мм</p>	<p>Максимальний Z: 50 мм</p> <p>Мінімум Z: -8,82 мм</p> <p>Максимальна швидкість обертання шпинделя: 400 об / хв</p> <p>Максимальна швидкість подачі: 350 мм / хв</p> <p>Відстань різання: 5401.97мм</p> <p>Швидка відстань: 3905.35 мм</p> <p>Орієнтовний час циклу: 16m: 13s (73.2%)</p> <p>Охолоджуюча рідина: вимкнено</p>	<p>T93 D93 L93</p> <p>Тип: торцевий млин</p> <p>Діаметр: 100мм</p> <p>Довжина: 50мм</p> <p>Флейти: 10</p> 

Рис.1.20 Аркуш установки програми на другому переході

Спіральне свердло A90113.0 зображено на рисунку 1.21. Подовжений хвостовик, PFX свердло з циліндричним хвостовиком, діаметр 13 мм, загальна довжина 151 мм і робоча довжина 101 мм відповідно до стандарту DIN/ANSI, з підточеною вершиною 130°, з швидкоріжучої сталі с кобальтом HSS-E, з покриттям Alcona для 6xD свердління отворів без виведення в заготовках з конструкційних сталей, нержавіючих сталей, чугуна і кольорових сплавів.

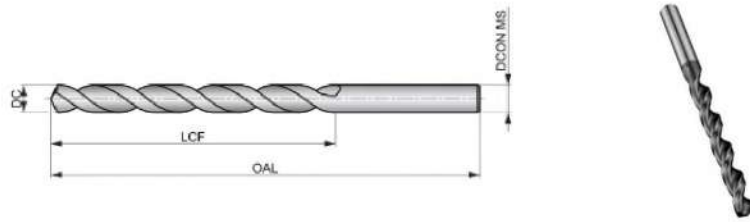


Рис 1.21 Спіральне свердло A90113.0

Розміри свердла: OAL = 151 мм, LCF = 101 мм, DC = 13 мм, DCON MS = 13 мм. Рекомендовані режими різання: $V_c = 8-23$ м/хв, $f = 0,115 \dots 0,158$ мм/об. [25, с. 116]

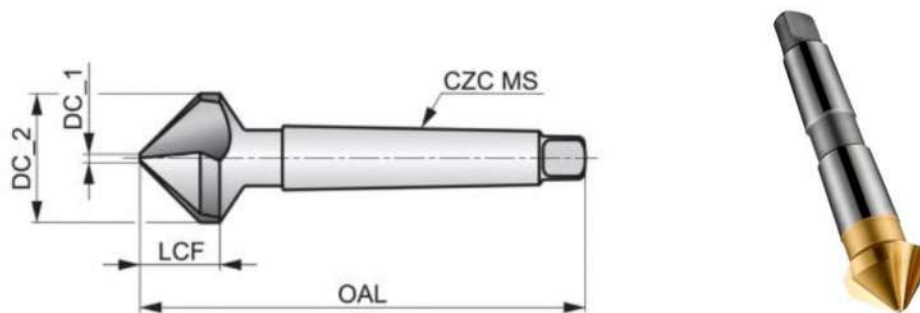
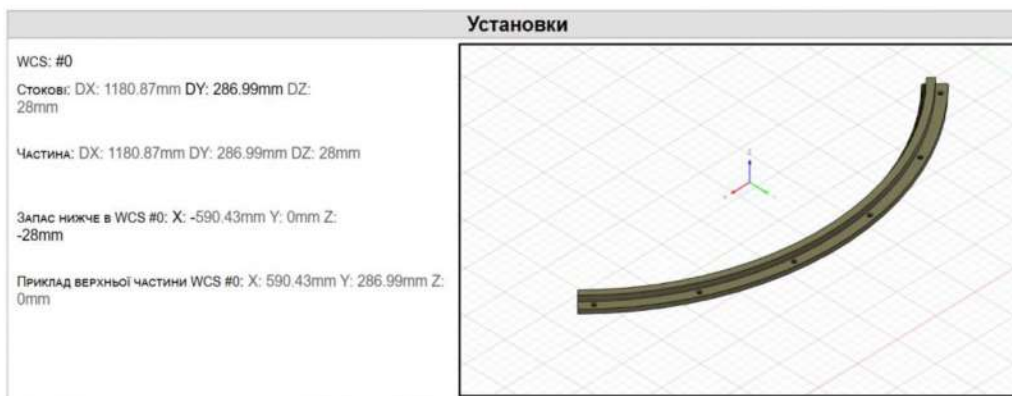


Рис 1.22 Зенківка з 3-зубцями G33850.0

Розміри зенківки: OAL = 150 мм, LCF = 24,1 мм, DC_1 = 14 мм, DC_2 = 50 мм. Рекомендовані режими різання: $V_c = 8-11$ м/хв, $f = 0,18 \dots 0,2$ мм/об. [25, с. 246]

Зенківка з 3-зубцями G33850.0, кут 90° по вершині (рис. 1.22), максимальний діаметр 50,00 мм, загальна довжина 150 мм, довжина ріжучої частини 24,1 мм, хвостовик конус Морзе, відповідно до стандарту DIN 335 для обробки конічних посадочних місць під головку гвинта по метричному ISO. Стандарт з мінімальним діаметром отвору 14,00 мм, швидкоріжуча сталь HSS зі стандартним покриттям TiN для обробки автоматичної, вуглеводистої, легованої та інструментальної сталі, сірого, ковкого, високоміцного та графітного чугуна, штампованого та литого алюмінію та мідних сплавів.

Перехід 3. Фрезерування уступів та кут 5°.



Операції			
Операція 1/4 Опис: 2D Contour1 Стратегія: Контур 2D WCS: #0 Допуск: 0,1 мм Запас для виходу: 0 мм Максимальний знижувальний мінімум: 18,75 мм Максимальний переступ: 95мм	Максимальний Z: 40 мм Мінімум Z: -16 мм Максимальна швидкість обертання шпинделя: 400 об / хв Максимальна швидкість подачі: 350 мм / хв Відстань різання: 14025.5мм Швидка відстань: 11088.57мм Орієнтовний час циклу: 48m: 55s (45.6%) Охолоджуюча рідина: ВІМКНЕНО	T93 D93 L93 Тип: торцевий млин ДІАМЕТР: 100мм Довжина: 50мм Флейти: 10	
Операція 2/4 Опис: 2D Contour2 Стратегія: Контур 2D WCS: #0 Допуск: 0,01 мм Запас для виходу: 0 мм Максимальний переступ: 95мм	Максимальний Z: 15 мм Мінімум Z: 0 мм Максимальна швидкість обертання шпинделя: 400 об / хв Максимальна швидкість подачі: 350 мм / хв Відстань різання: 1318.02мм Швидка відстань: 25 мм Орієнтовний час циклу: 4m: 24s (4.1%) Охолоджуюча рідина: ВІМКНЕНО	T93 D93 L93 Тип: торцевий млин ДІАМЕТР: 100мм Довжина: 50мм Флейти: 10	
Операція 3/4 Опис: 2D Contour3 Стратегія: Контур 2D WCS: #0 Допуск: 0,1 мм Запас для виходу: 0 мм Максимальний знижувальний мінімум: 18,75 мм Максимальний переступ: 95мм	Максимальний Z: 50 мм Мінімум Z: -16 мм Максимальна швидкість обертання шпинделя: 400 об / хв Максимальна швидкість подачі: 350 мм / хв Відстань різання: 10304.86мм Швидка відстань: 8308 мм Орієнтовний час циклу: 35m: 58s (33.5%) Охолоджуюча рідина: ВІМКНЕНО	T93 D93 L93 Тип: торцевий млин ДІАМЕТР: 100мм Довжина: 50мм Флейти: 10	
Операція 4/4 Опис: 2D Contour4 Стратегія: Контур 2D WCS: #0 Допуск: 0,1 мм Запас для виходу: 0 мм Максимальний знижувальний мінімум: 18,75 мм Максимальний переступ: 95мм	Максимальний Z: 40 мм Мінімум Z: -16.96 мм Максимальна швидкість обертання шпинделя: 400 об / хв Максимальна швидкість подачі: 350 мм / хв Відстань різання: 5092.28мм Швидка відстань: 3784.22мм Орієнтовний час циклу: 17m: 43s (16.5%) Охолоджуюча рідина: ВІМКНЕНО	T93 D93 L93 Тип: торцевий млин ДІАМЕТР: 100мм Довжина: 50мм Флейти: 10	

Рис.1.23 Аркуш установки програми на третьому переході

Всі операції виконуються торцевою фрезою 100A06R-S90LN12-C з пластинами для фрезерування LNGX 1205.

Рекомендовані режими різання: $V_c = 380-230$ м/хв, $f_t = 0,05... 0,15$ мм/об, $a_p = 0,2...0,9$ мм. [22]

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Функції CAD/CAM-систем

До функцій CAD-систем у машинобудуванні відносять двовимірне та тривимірне проектування. До 2-D відносять функції креслення та оформлення конструкторської документації. Функції 3-D - це одержання тривимірних геометричних моделей, метричні розрахунки, реалістичну візуалізацію, взаємне перетворення 2-D- та 3-D-моделей. У системі передбачено функцію позиціонування, до неї відносять компонування та розміщення обладнання.

Серед CAD-систем розрізняють системи нижнього, середнього та верхнього рівнів. Перші з них іноді називають «легкими» системами, вони орієнтовані переважно на 2D-графіку. Системи верхнього рівня є більш універсальні, вони орієнтовані на геометричне твердотільне та поверхове 3D-моделювання. Оформлення креслярської документації в них зазвичай здійснюється за допомогою попередньої розробки тривимірних геометричних моделей.

Системи середнього рівня за своїми можливостями займають проміжне положення між «легкими» та «важкими» системами.

До важливих характеристик CAD-систем відносяться параметризація та асоціативність. В параметризація геометричних моделей використовується в параметричній формі, тобто при поданні частини чи всіх параметрів об'єкта не константами, а змінними. Параметрична модель, що знаходиться у базі даних, легко адаптується до різних конкретних реалізацій і тому може використовуватись у багатьох проектах.

При цьому з'являється можливість включення параметричної моделі деталі до моделі складального вузла з автоматичним визначенням розмірів деталі, диктуються просторовими обмеженнями. Ці обмеження у вигляді математичних залежностей між частиною параметрів збирання відбивають асоціативність моделей.

Завдяки параметризації та асоціативності зміни, зроблені у одній частині складання, автоматично переносяться в інші частини, викликаючи зміни відповідних геометричних параметрів у цих частинах.

Основні функції САМ-систем: розробка технологічних процесів, синтез керуючих програм для технологічного обладнання з ЧПК, моделювання процесів обробки, у тому числі побудова траєкторій відносного руху інструменту та заготовки в процесі обробки; генерація постпроцесорів для конкретних типів обладнання з ЧПК; розрахунок норм часу обробки.

2.2 Засоби 3D моделювання виробів

Як відомо, 3D моделі створюються в САД/САМ-системах за допомогою доступних засобів геометричного моделювання. Після створення модель зберігається в системі, у пам'яті комп'ютера, у вигляді математичного опису, а на екрані вона відображається як просторовий об'єкт. Відображення об'єкта може мати різні варіанти: каркасний вигляд, з видаленням невидимих ліній, напівпрозорий або напівтоновий. (рис. 2.1)

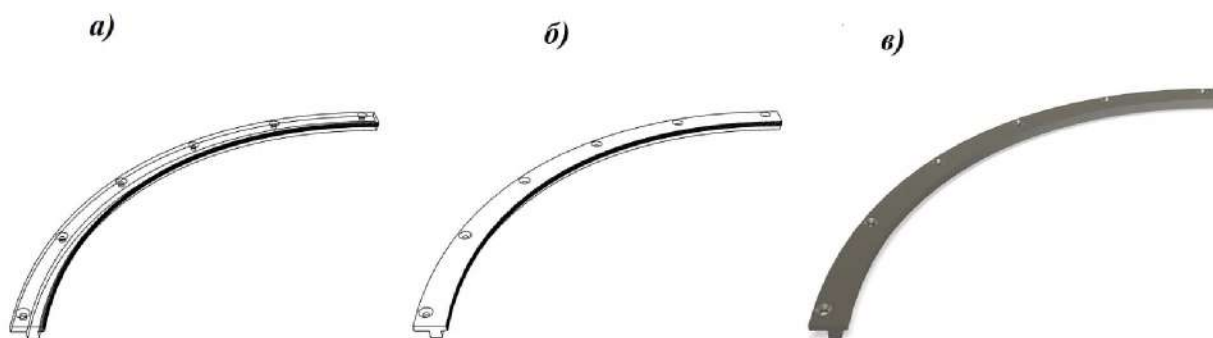


Рис. 2.1 Види деталі: а) каркасне; б) з видаленням невидимих ліній; в) напівтонові

Розрізняють поверхневе (каркасно-поверхневе), твердотільне та змішане (гібридне) моделювання.

При поверхневому моделюванні спочатку будується каркас - просторова конструкція, що складається з відрізків, прямих, дуг і сплайнів. Каркас грає допоміжну роль і є основою для подальшої побудови поверхонь.

Залежно від способу побудови розрізняють такі види поверхонь: лінійні; обертання; кінематичні; проходять через поздовжні та поперечні перерізи; NURBS-поверхні, що визначаються завданням контрольних точок поздовжніх та поперечних перерізів; планарні поверхні.

Поверхні визначають межі тіла, але самого поняття "тіло" в режимі поверхневого моделювання не існує, навіть якщо поверхні обмежують замкнутий об'єм. Це найважливіша відмінність поверхневого моделювання від твердотільного.

Інша особливість полягає в тому, що елементи каркасної моделі ніяк не пов'язані один з одним. Зміна одного з елементів не тягне автоматичної зміни інших. Це дає більше свободи при моделюванні.

При твердотільному моделюванні модель є цілісним об'єктом, займає замкнуту частину простору. При кожній зміні моделі будь-якого елемента, всі інші елементи, що з ним пов'язані, змінюються автоматично. В результаті зміниться форма твердого тіла, але збережеться його цілісність.

Елементами, з яких будується тверде тіло, можуть бути: елементи витягування (отримані витягуванням плоского контуру перпендикулярно до його площини); елементи обертання (отримані обертанням плоского контуру навколо заданої осі); фаски; заокруглення; ребра жорсткості та ін. Твердотільний об'єкт будується шляхом повторного «додавання» або «віднімання» елементів, таких як елементи витягування, обертання, фаски, заокруглення, ребра жорсткості та ін. Крім того, можна виконувати базові операції об'єднання, віднімання та перетину між твердотілими об'єктами, якщо вони перетинаються в просторі. Твердотільне моделювання також дозволяє встановити параметричні відношення між елементами твердої тіла або кількома тілами, так що змінюється один параметр відповідно до відповідної перебудови всіх пов'язаних елементів.

Твердотільне моделювання передбачає можливість встановлення параметричних залежностей між елементами твердого тіла чи кількох тіл. При

цьому зміна одного з параметрів (наприклад, висота елемента) призводить до відповідної перебудови всіх пов'язаних елементів.

При гібридному моделюванні забезпечується унікальна можливість одночасно працювати з твердими об'єктами та поверхнями. Це означає, що ви можете "відрізати" частину твердого тіла за допомогою поверхні, перетворювати замкнуті поверхнями об'єми у тверді тіла та виконувати інші подібні операції. Гібридне моделювання дозволяє поєднувати всі переваги твердотільного моделювання з можливістю створення об'єктів будь-якої складної геометричної форми.

У різних CAD/CAM-системах можуть бути реалізовані як усі, так і деякі з перерахованих типів моделювання.

Створені моделі можуть бути передані з однієї CAD/CAM системи в іншу за допомогою спеціальних інтерфейсів та узгоджених форматів обміну даними. Це відбувається за допомогою кодових файлів у форматі ASCII, де геометричний опис та інші характеристики моделі відповідають прийнятим стандартам. На практиці кожен формат має свої пріоритетні сфери застосування. Наприклад, формат DXF використовується переважно для передачі креслярсько-графічної інформації, формат IGES використовується для передачі геометрії поверхневих моделей, формат STL використовується для передачі моделі з CAD-системи в автономну CAM-систему, а у форматі STEP, крім геометричного опису моделі, передбачається опис інших характеристик виробу.

2.3 Створення деталі в CAD-системі Autodesk Fusion 360

Один із поширених варіантів розробки концепції виробу в CAD-системі полягає у створенні 3D-моделі базової деталі з подальшою побудовою навколо неї всіх необхідних вузлів. В даній роботі, ми розглянемо, як створюється даний підхід у системі Autodesk Fusion 360.

Перехід у режим ескізу, де створюється геометричні профілі, визначають основу проекту (Create sketch). В Fusion 360 при створенні нової деталі дається три взаємно ортогональні площини, що проходять через початок координат.

Усі ескізи будуються на трьох взаємних площинах «FRONT», «TOP» та «RIGHT».

Створення деталі «Сегмент фланцю» починається з побудови ескізу. Опис кожного інструменту можна почитати у вкладці «Create sketch» наведенням курсора на певну іконку інструменту (рис. 2.2).

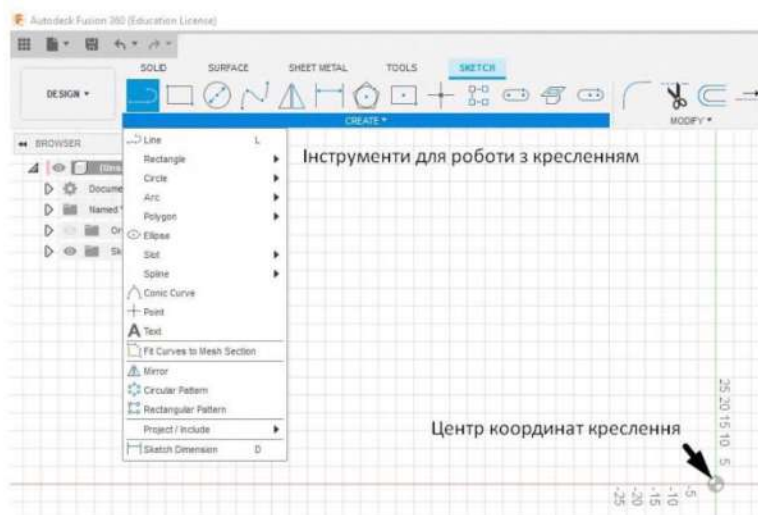


Рис.2.2 Інструменти для роботи з кресленням в Fusion 360

На першому етапі побудови ескізу в меню обираємо створення нового проекту (Create sketch) і площину «FRONT». За допомогою інструменту лінія «Line» на ескіз накладаються необхідні параметричні зв'язки (рис. 2.3).

Далі визначаємо розміри ескізу. На рисунку 2.4 можна побачити розміри профілю.

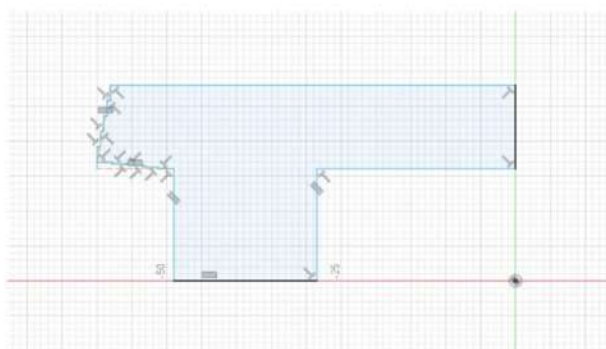


Рис. 2.3 Побудова ескіза

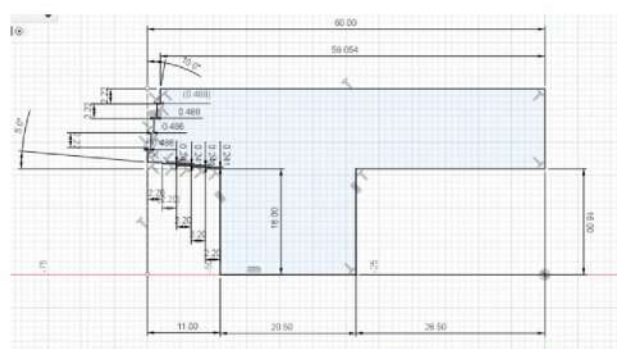


Рис. 2.4. Розміри профілю

На другому етапі створюємо шлях для тривимірної операції (рис.2.5). На площині «TOP» новий проект (Create sketch). За допомогою інструменту Коло

«Circle» створюємо діаметр деталі. Лінією позначаємо довжину та інструментом Ножиці «Trim» обрізаємо криву ескізу до найближчої пересічної кривої. Таким чином створюється шлях «Path».

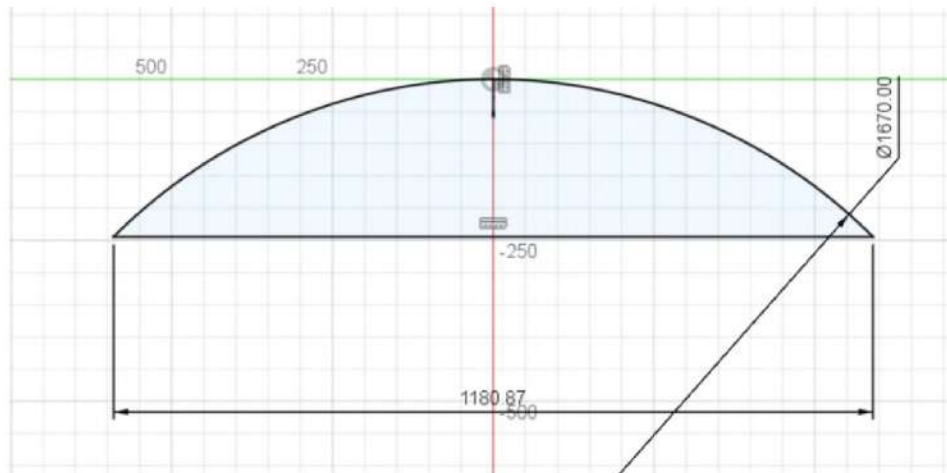


Рис. 2.5 Шлях «Path» для тривимірної операції

Далі проводиться тривимірна операція розгортки «Sweep» на рисунку 2.6. Цей інструмент згортає профіль «Profile» або площину вздовж вибраного шляху «Path». Значення атрибутів операції теж служить параметром (наприклад, дистанція розгортки, кут).

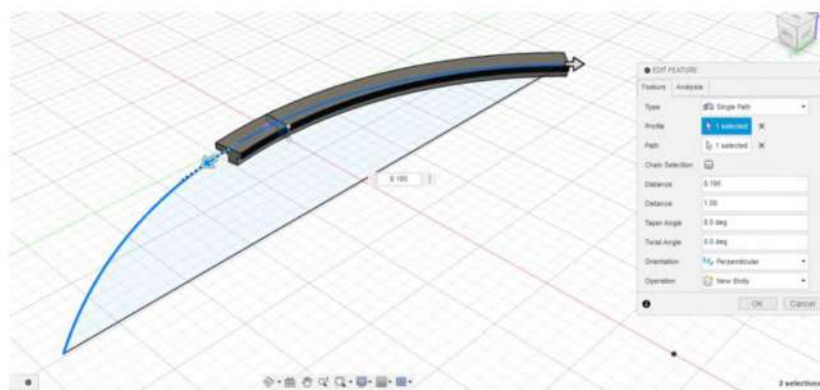


Рис. 2.6 Тривимірна операція розгортки «Sweep»

Процес створення ескізу отворів відбувається у наступній послідовності (рис. 2.7):

- обираємо фільтр виділення «PROJECT» та площину для проектування нового ескізу;

- на новій площині створюємо коло «Circle» по діаметр отвору;
- визначаємо координата розміщення.

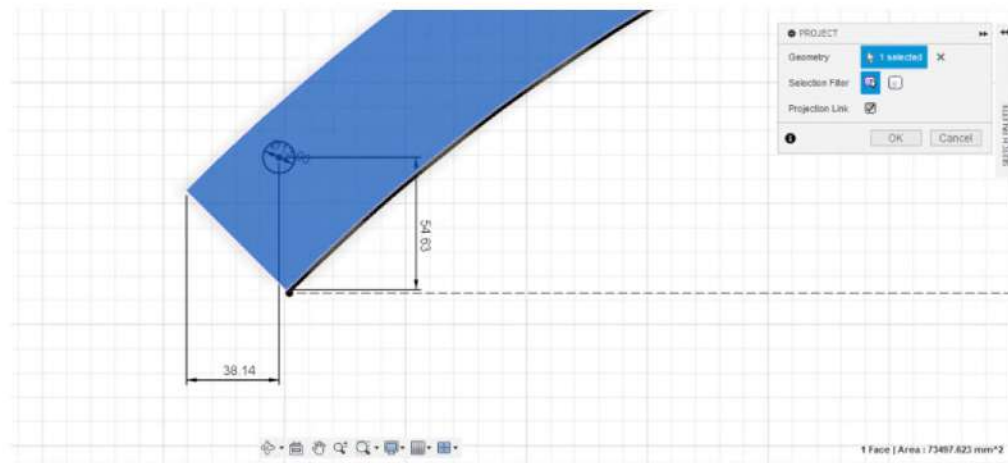


Рис. 2.7 Створення отворів

Тривимірна операція проводиться інструментом отвір «Hole» (рис. 2.8). Процес створення відбувається на основі заданих значень і вибраних параметрів.

Елементи побудови можуть включати в себе такі параметри: дистанція, тип отвору, тип мітчика, точка буріння. При найменшій зміні одного з елементів моделі всі пов'язані з ним елементи автоматично перебудовуються, враховуючи їх параметри та способи визначення.

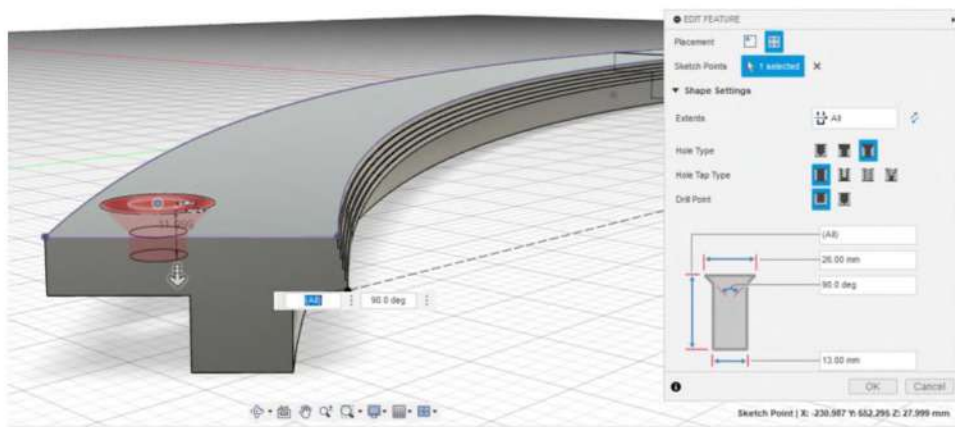


Рис. 2.8 Конструювання отвору

Останнім етапом є створення всіх шести отворів за допомогою інструменту повтор «Pattern», який зображений на рисунку 2.9. Елементи побудови включають в себе такі параметри як розподіл, кут, кількість.

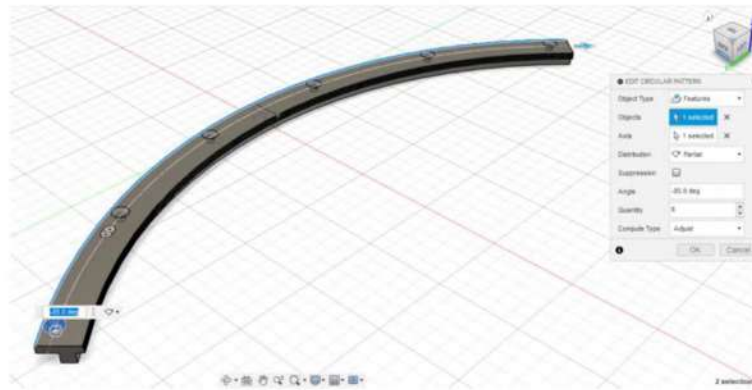


Рис. 2.9 Інструмент повтор «Pattern»

У результаті деталь являє собою єдине тіло (Body1). Інформація про цьому відображається у гілці Bodies вікна браузера (BROWSER)

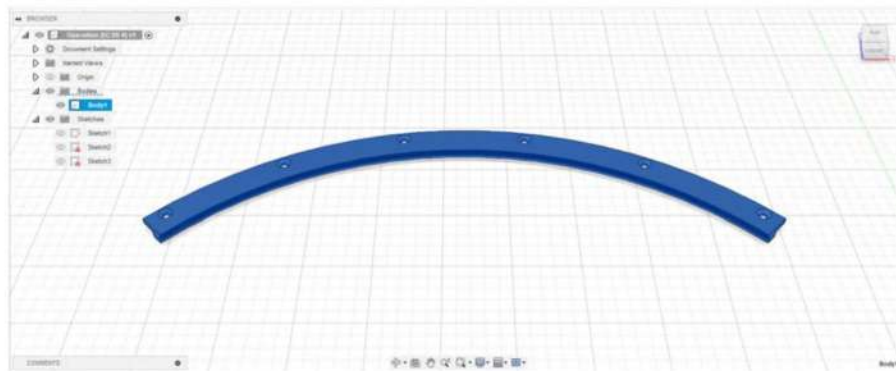


Рис. 2.10 Твердотільна модель (Body1)

Відповідно до концепції створення універсальних середовищ конструювання фірма Autodesk включила у систему Fusion 360 модуль САМ. Таким чином, коло завдань, що вирішуються цією САПР, став охоплювати практично весь життєвий цикл розробки технічного об'єкта – від дизайнерського та конструктивного опрацювання до візуалізації, інженерного аналізу та втілення у матеріалі.

2.3 Створення траєкторій руху інструменту в системі Autodesk Fusion 360 MANUFACTURE

Fusion 360 - це інженерна САПР нового покоління, комплексний хмарний CAD/CAE/CAM інструмент. Програма поєднує всі процеси розробки проекту в рамках одного програмного продукту.

Ця інноваційна платформа 3-D проектування та розробки конструкційних виробів, спираючись на передові хмарні технології, втілює в себе унікальне поєднання цифрового проектування та механічної обробки в єдиному комплекті. Її можливості дозволяють прискорити впровадження проектних ідей у виробництво, надаючи швидкі результати та ефективну реалізацію.

Розглянемо основні етапи використання САПР Fusion 360 в технологічній підготовці виготовлення деталі «сегмент фланцю».

На першому етапі в середовищі FUSION 360 DESIGN було створено робоче креслення сегмента фланцю (рис. 2.11) та визначено форму та конструктивні особливості майбутнього виробу використовуючи твердотільне моделювання на рисунку 2.12.

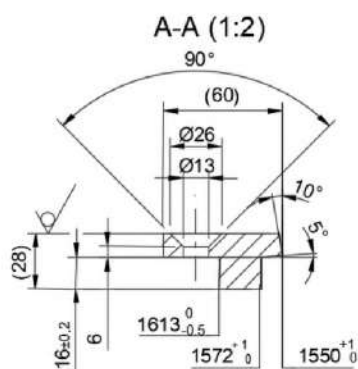


Рис 2.11 Сегмент фланцю



Рис.2.12 Твердотільна модель

Після того як були задані всі параметри, переходимо у режим MANUFACTURE/Обробка та деталь, що обробляється за допомогою стандартних стратегій, налаштованих для позиційної обробки.

Для цього створюємо нову операцію, для нашої деталі. Далі в нас буде запропоновано системою обрати постпроцесор (SETUP), операцію та модель, та відповідно вказати нуль деталі, який в подальшому буде слугувати при формуванні керуючої програми.

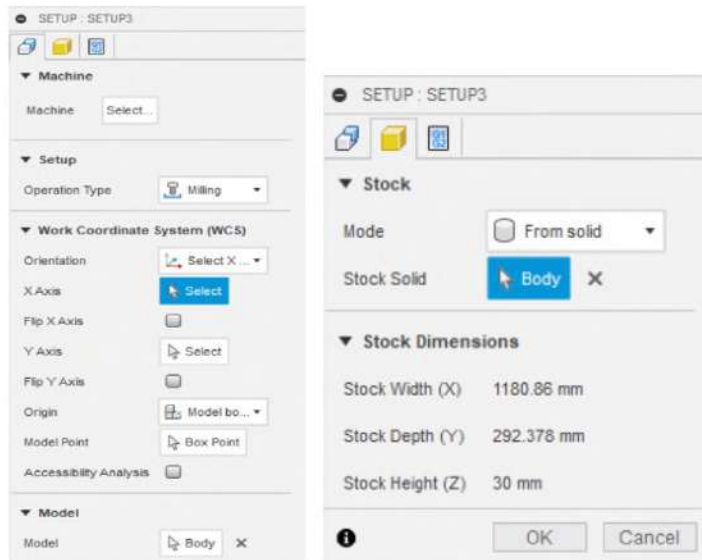


Рис.2.13 Вибір постпроцесору, операції, нуля деталі, моделі заготовки

Наступний крок є створення переходів між інструментами відповідно до технологічного процесу обробки деталі (рис. 2.14).

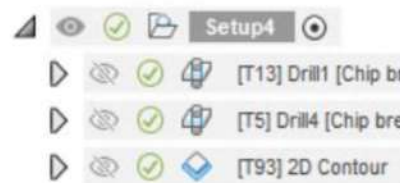


Рис. 2.14 Перехід інструментів

В процесі створення траєкторії рухів програма із своєї бази проводить вибір необхідних різальних інструментів (рис. 2.15) та режимів різання.

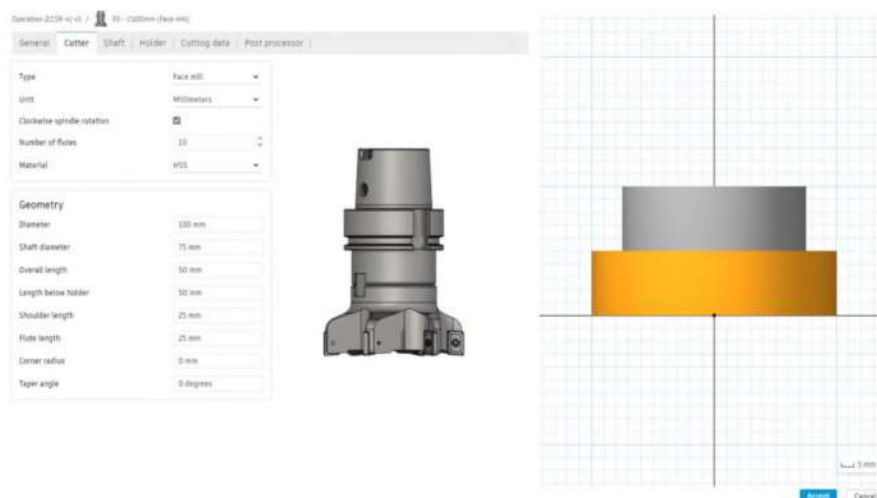


Рис. 2.15 Вибір інструмента та його параметрів

Після вибору інструменту буде автоматично обрано траєкторію руху металорізального інструменту для обробки контуру деталі (рис 2.16 - 2.17).

Системи CAD/CAM вміють самостійно генерувати карту наладки та інструментальну карту, в якій зберігаються детальні відомості про різальний інструмент, що використовується в даній керуючій програмі.

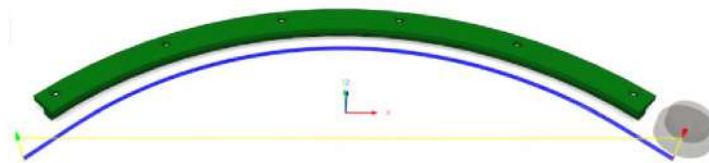


Рис. 2.16 Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні уступу під кутом сегменту фланця

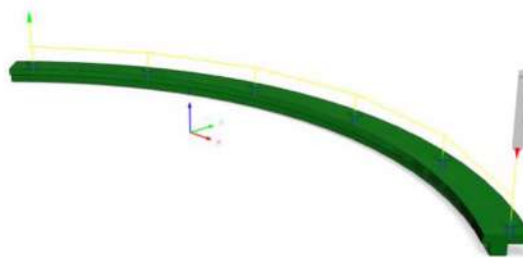


Рис. 2.17 Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні отворів

В подальшому процес обробки деталі можна переглянути в режимі візуалізації (рис. 2.18) , що дає можливість попередньо впевнитись у правильності розрахунків.

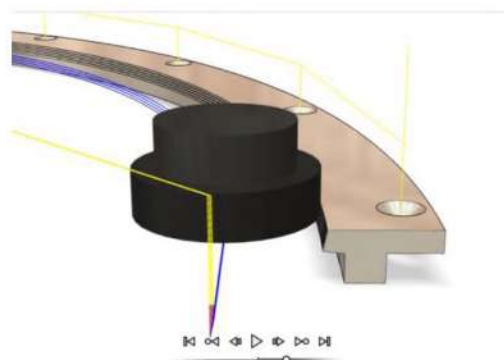


Рис. 2.18 Режим візуалізації

Підсумком роботи САМ-модуля Fusion 360 є керуюча програма для обладнання з ЧПУ. Команда «Post Process» відкриває вікно, якому слід вибрати модель верстата у списку, вказати ім'я та розташування готового файлу УП, а також ввести правку в конфігураційні параметри у разі необхідності (рис. 2.19).

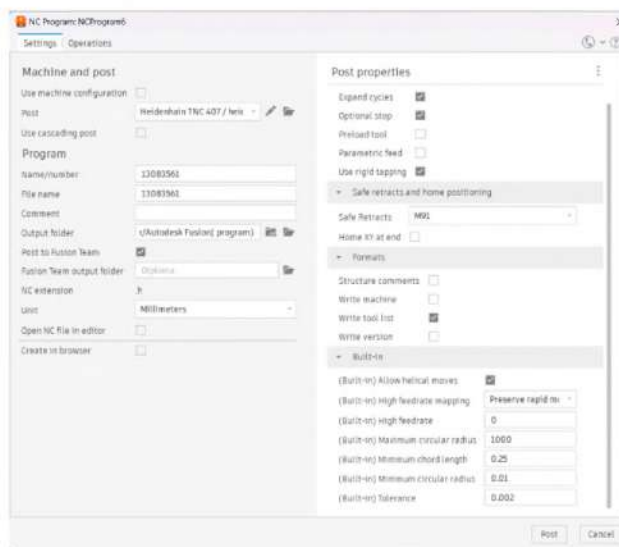


Рис. 2.19 Генерування програми оброблення в G-M кодах

Розроблена КП деталі «сегмент фланцю», виконана з використанням програми Fusion 360 в CAD/CAM-системах.

Крім фрезерної, токарної та токарно-фрезерної обробки, Fusion 360 дозволяє розробляти керуючі програми для машин лазерного, плазмового та гідроабразивного різання.

Список постпроцесорів Fusion 360 знаходиться у відкритому доступі в Інтернеті на ресурсі Autodesk Post Processor Library.

3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Структура керуючої програми

На кожну деталь, що оброблюється на верстаті з ЧПК, складається керуюча програма, в якій відображаються всі геометричні та технологічні вимоги, необхідні для обробки. У геометричній інформації вказуються координати опорних точок деталі контуру, траєкторії переміщення різального інструменту.

У технологічній інформації наводиться частота обертання та швидкість подачі ріжучого інструменту, а також параметри інструменту.

Керуюча програма записується мовою кодування у вигляді набору кадрів, розташованих у заданій послідовності, що забезпечує необхідне функціонування робочих органів верстата.

Програма встановлює послідовність виконання технологічних операцій за автоматичного режиму роботи верстата.

Керуюча програма є сукупністю команд мовою програмування, що відповідає заданому алгоритму функціонування верстата з обробки конкретної заготовки.

Мовою програмування зазвичай називають G та M коди. Коди розроблені міжнародною організацією стандартів для всього світу та відображені у стандарті ISO 6983- 1:1982.

У практичній роботі оператора використовується три способи створення керуючих програм:

- ручне програмування, освоєння якого створює основу використання інших способів програмування;
- програмування на стійці ЧПК за допомогою клавіатури та дисплея;
- програмування за допомогою CAD/CAM системи, що дозволяє автоматизувати процес написання будь-якої програми складності, позбутися трудомістких математичних розрахунків, підвищити точність та прискорити процес написання програми.

Для обробки заготовки на верстаті з ЧПК необхідно виконати кілька команд, об'єднаних у кадр.

Кадр є частиною керуючої програми, що вводиться і відпрацьовується як єдине ціле і містить не менше однієї команди. Під кадром розуміють деяку сукупність слів даних, розташованих у визначеному порядку, які несуть

допоміжну, геометричну та технологічну інформацію. Інформація кадру необхідна до виконання підготовчих чи робочих дій виконавчих органів верстата.

Підготовчі дії готують виконання чи завершення робочої дії. Робочі дії забезпечують переміщення ріжучого інструменту заданої траєкторії.

Кожен кадр повинен містити слово "Номер кадру" (N), інформаційні слова та слово "Кінець кадру". Кадр складається, як мінімум, з номера та однієї команди, наприклад N30 M30;

Керуючу програму можна набирати на комп'ютері, текстовий редактор «Notepad++». Кожен кадр програми набирається з нового рядка. Під час перекладу рядка за допомогою клавіші «Enter» вказується невидимий код закінчення рядка, який виступає як код закінчення кадру. У зв'язку з цим символ закінчення кадру (;) при наборі програми в текстовому редакторі «Notepad++» можна не вказувати.

Слово даних є базовим елементом тексту програми. Складається з адреси та цифри, наприклад, Z+200, M5. В теорії ЧПК це називається адресою, тому що вона визначає «призначення наступних даних, які є у цьому слові».

Наприклад:

– S400 (адреса – це перша буква від англійського слова «speed» - швидкість, а дані – частота обертання шпинделя 400 хв^{-1});

– F350 (швидкість руху подачі - F (feed) та дані - 350 мм/хв);

– T93 (у слові використана перша літера англійського слова «tool» - інструмент, а дані 93 вказують номер ріжучого інструменту).

Слова, що описують переміщення можуть мати знак (+) або (-). За відсутності знака переміщення вважається позитивним.

Слова у кадрі керуючої програми мають бути записані у визначеному форматі (виді та порядку) та відповідати вимогам конкретної системи ЧПК. У G та M коді використовують адреси, наведені в табл. 3.1.

Адреси та їх функції

Функція	Адрес	Сенс
Номер кадру	N	Послідовність
Підготовча функція	G	Визначення виду руху
Розмірні слова	X, Y, Z	Команди на переміщення за координатами столу
Величина подачі	F	Швидкість руху подачі
Частота обертання шпинделя	S	Швидкість частоти обертання шпинделя
Номер інструменту	T	Вказує номер інструменту
Допоміжна функція	M	Двопозиційне керування
Номер коректора, який зберігає дані про інструменті	H D DR (+) або (-)	- на довжину, - на радіус, - на заокруглення.
Кутова дуга	C CR CT	- з центром - з радіусом - з тангенціальним з'єднанням

У словах ціла частина числа відокремлюється від дробової десяткової точкою. Незначні нулі можна не записувати, наприклад слово X60.790 можна записати на X60.79 [21].

Усі лінійні переміщення (позначаються літерою L) мають бути виражені в міліметрах та їх десяткових частках. Швидкість подачі повинна задаватися з розмірністю мм/хв.

Модальність слів. Слова керуючої програми є модальні. Тобто якщо слово записано в одному кадрі, то його дія буде поширюватися і на наступні кадри доти, доки значення слова в одному із кадрів не зміниться або поки функція слова не буде вимкненою. Використовуючи модальність, можна скоротити текстову частину програми, що управляє.

Підготовчі функції в керуючій програмі записують словами, що мають адресу G з одно-або двозначним числом.

Вони готують переміщення різального інструменту щодо оброблюваної заготовки, системи координат верстата, координатних площин, стежать за корекцією різального інструменту, викликом підпрограми та паузи. G-коди системи Heidenhain наведені у Додатку А.

Слова даних допоміжної функції M записуються у вигляді адресного символу M з додаванням від одного до чотиризначного числа після нього. Це технологічні коди. Вони керують наступними діями:

- змінити інструмент;
- увімкнути/вимкнути шпиндель, СОЖ;
- викликати/закінчити підпрограму.

Функції M-кодів можуть викликати різні дії, але частина їх стандартні. (Додаток Б).

3.2. Розробка керуючої програми обробки деталі “Сегмент фланцю” в системі Heidenhain iTNC410

Для розробки керуючої програми використаємо дані, представлені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Дані для виконання розробки

№	Найменування параметру	Значення
1	Матеріал заготовки	Нержавіюча сталь EN 1.4301 (X5CrNi18-10)
2	Тип заготовки	Плазмове різання

3	Матеріал інструментів	Швидкоріжуча сталь HSS-E; HF7 некритий сплав
4	Тип виробництва	Дрібносерійне

Креслення деталі зображене на рисунку 3.1

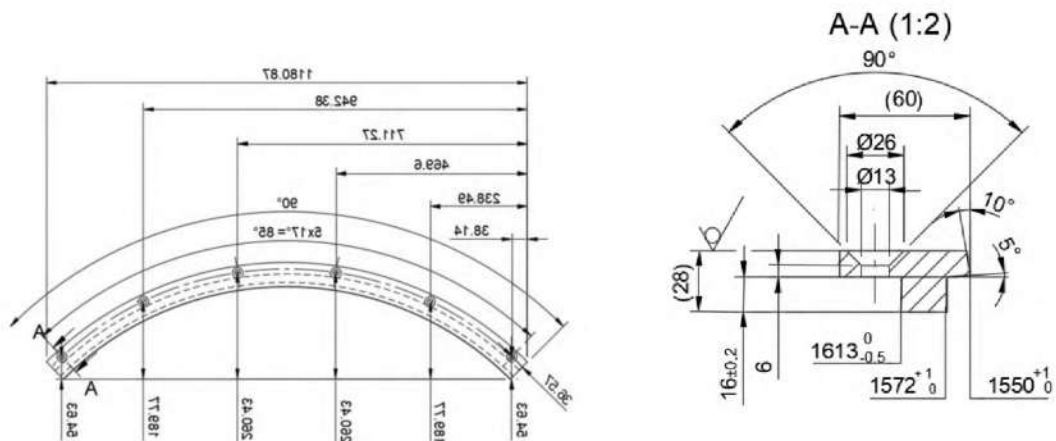


Рис. 3.1 Креслення деталі

Перелік переходів на операції та інструменту представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Перелік переходів з інструментами та режимами різання

№	Опис переходу	Номер інструменту	Інструмент	Режими різання		
				Частота S, об./хв	Подача F, мм/хв.	Швидкість V, м/хв.
01	Обробка поверхонь	№ 93	Фреза торцева Ø100	400	350	380
02	Фрезерування уступів під кутом 5°	№ 93	Фреза торцева Ø100	400	350	380

03	Свердління 6-ти отворів	№ 13	Свердло Ø13	350	75	19
04	Зенкерування 6-ти отворів	№ 5	Зенківка Ø30	200	40	250
05	Фрезерування площини	№ 93	Фреза торцева Ø100	400	350	380
06	Фрезерування уступів під кутом 10°	№ Номер 93	Фреза торцева Ø100	400	350	380

За попередніми даними було розроблено три КП обробки деталі «Сегмент фланцю». Керуючі програми на основі креслення деталі розміщені у Додатку Б.

Обробка здійснюється за допомогою трьох інструментів за три установки. Тривалість механічної обробки займає $t = 184,54$ хв.

За допомогою вимірювального приладу – секундоміру виміряли допоміжний час.

Допоміжний час займає $t = 165,35$ хв, а саме встановлення та знімання деталі, заміна інструменту, контроль розмірів, знаходження нульової точки тощо.

Основний час обробки деталі займає $t = 349,89$ хв.

Перша керуюча програма обробки деталі «Сегмент фланцю»

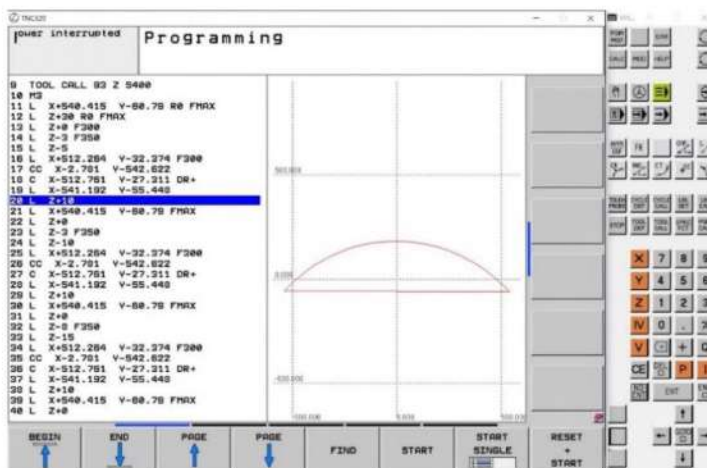


Рис. 3.1 Інтерфейс програмування по першій керуючій програмі

0 BEGIN PGM 13083561 MM

1 BLK FORM 0.1 Z X-590.428 Y+0 Z-30

2 BLK FORM 0.2 X+590.428 Y+292.378 Z+0

3 ; -----

4 ; Tools

5 ; #93 D=100 - ZMIN=-30 - ZMAX=+30 - face mill

6 ; -----

Друга керуюча програма обробки деталі «Сегмент фланцю»

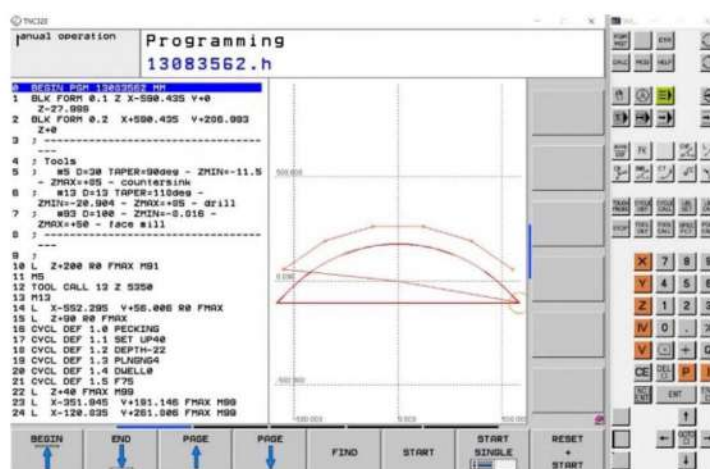


Рис. 3.2 Інтерфейс програмування по другій керуючій програмі

0 BEGIN PGM 13083562 MM

1 BLK FORM 0.1 Z X-590.435 Y+0 Z-27.999

2 BLK FORM 0.2 X+590.435 Y+286.993 Z+0

3 ; -----

4 ; Tools

5 ; #5 D=30 TAPER=90deg - ZMIN=-11.5 - ZMAX=+85 - countersink

6 ; #13 D=13 TAPER=118deg - ZMIN=-20.904 - ZMAX=+85 - drill

7 ; #93 D=100 - ZMIN=-8.816 - ZMAX=+50 - face mill

8 ; -----

Третя керуюча програма обробки деталі «Сегмент фланцю»

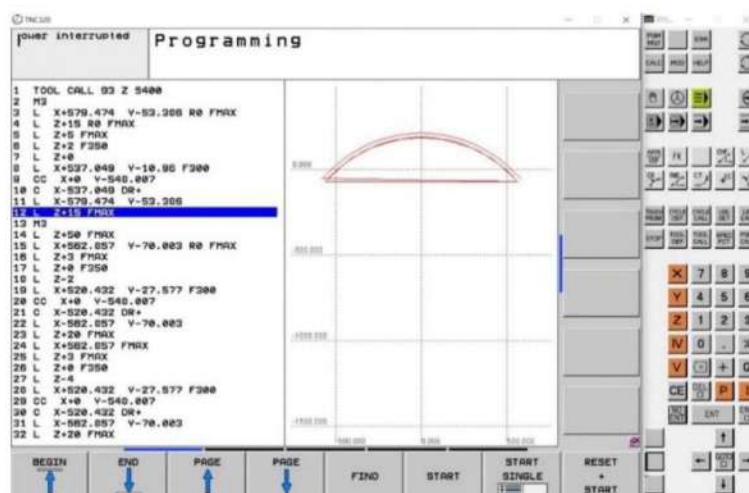


Рис. 3.3 Інтерфейс програмування по третій керуючій програмі

0 BEGIN PGM 13083563 MM

1 BLK FORM 0.1 Z X-590.435 Y+0 Z-27.999

2 BLK FORM 0.2 X+590.435 Y+286.993 Z+0

3 ; -----

4 ; Tools

5 ; #93 D=100 - ZMIN=-16.962 - ZMAX=+50 - face mill

ВИСНОВОК

Під час виконання бакалаврської роботи було проведено аналіз службового призначення деталі «Сегмент фланцю» та опис технічної характеристики. Виконано розробку технологічного процесу та метод отримання заготовки. Встановлено тип виробництва – дрібносерійний.

У процесі виконання було обрано технологічний процес деталі, схеми базування, металорізальне обладнання, технологічне оснащення та різальний інструмент, створено модель в CAD/CAM-системі. Розроблено аналіз траєкторій руху інструменту та керуюча програма деталі “Сегмент фланцю” в системі Heidenhain iTNC410

Таким чином, у ході дипломного проектування було розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Сегмент фланцю».

Деталь введена у виробництво Rauameister AS. Використання результатів дипломної роботи забезпечують точність розмірів наведених у кресленні, ефективність та скорочення часу при виготовленні деталі, що відображено в акті про впровадження. Мета дипломного проекту досягнута.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням: Навч. посіб. / Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. –[Електронний ресурс] / - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок : підручник / Л. І. Боженко. – Львів : Світ, 1996. – 368 с.
3. Основи обробки та програмування на верстатах з числовим програмним керуванням : підруч. / Н.Ф. Онофрейчук. – Львів : Світ, 2019. – 352 с.
ISBN 978-966-914-229-0
4. Організація виробництва: курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 051«Економіка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.:О.О. Кожемяченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1 793 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 233 с
5. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.: іл., фот.
ISBN 978-966-984-057-8
6. Інноваційне обладнання автоматизованого виробництва. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с.
7. Джемелінський В.В., Лесик Д.А. Основи професійної діяльності (електронне видання). – К., НТУУ «КПІ», 2017. – 177 с.

8. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
9. Скорочений конспект лекцій для студентів денного та заочного відділення спеціальності 133 Галузеве машинобудування (5.05050302 «Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях» включає теоретичного матеріалу з дисципліни «Технологія машинобудування».
10. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М. Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с
11. Теорія різання. Методичні вказівки до практичних занять студентів напряму підготовки 6. 050502 Інженерна механіка. – Автори: В.В. Зіль, В.А. Безрукава. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 39с
12. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с
13. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічне оснащення» включає лекції та теми, які виносяться на самостійне вивчення студентів призначений для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка. [Електронний ресурс]: <https://tgm.nmu.org.ua/ua>

14. «Технологічні основи машинобудування» до виконання лабораторних робіт і самостійної роботи [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів інженерно-хімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського Уклад. : С.С. Добрянський, Ю.М. Малафеев, А.А. Субін та ін. – Електронні текстові дані (1файл: 3,03 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 112 с.

15. Добрянський С.С, Фролов В.К, Малафеев Ю.М. / Технологія машинобудування. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи / Київ: НТУУ "КПІ", 2012. - 67 с.

16. Технологічне оснащення. Методичний посібник до виконання індивідуального конструкторського проекту при проектуванні затискних верстатних пристроїв для студентів напряму підготовки 6.050502 Інженерна механіка / Т.В. Біркіна, В.В. Зіль, В.І. Холоша. – Д.: Національний гірничий університет, 2012 – 73 с.

17. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічне оснащення» включає лекції та теми, які виносяться на самостійне вивчення студентів призначений для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка. [Електронний ресурс]: <https://tgm.nmu.org.ua/ua>

18. Комп'ютерне проектування промислових виробів: конспект лекцій / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: Люкс, 2021. – 140 с.

19. Autodesk Fusion 360: A Tutorial Approach [Електронний ресурс]: [Autodesk Fusion 360 Основи підручник від підручників - Електронна книга | Писар \(scribd.com\)](#)

20. Колодій О.С., Кюрчев С.В., Сушко О.В., Ковальов О.О «Автоматичне управління процесами обробки металів різанням»: Методичний посібник з виконання лабораторних робіт / О.С. Колодій, С.В., Кюрчев, О.В.Сушко, О.О. Ковальов. – Мелітополь: ТПЦ «Forward press», 2020. – 136 с.

21. HEIDENHAIN TNC 410. User's Manual Conversational Programming [Електронний ресурс]: [HEIDENHAIN TNC 410 User Manual \(manualmachine.com\)](http://manualmachine.com)

22. Hypertherm HyPerformance Plasma HPR260 Instruction Manual [Електронний ресурс]: [HYPERTHERM HYPERFORMANCE PLASMA HPR260 INSTRUCTION MANUAL Pdf Download | ManualsLib](#)

23. Теоретичні основи структурно-параметричного геометричного моделювання виробів машинобудування [Електронний ресурс]: монографія / В. В. Ванін, Г. А. Вірченко, П. М. Яблонський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,07 Мб; 18,6 авт. арк.). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 223 с.







24. Каталог Dormer Pramet. MILLING 2020-2021 [Електронний ресурс]: <https://docs.steelcam.org/dormer-pramet/katalog-dormer-pramet-frezerovanie-2021-2022-page456>

25. Каталог Dormer Pramet. HOLEMAKING 2021-2022 [Електронний ресурс]: <https://docs.steelcam.org/dormer-pramet/katalog-dormer-pramet-obrabotka-otverstij-2021-2022-page117>

ДОДАТОК А

Клавіатура стійки Heidenhain iTNC410






Елементи керування на блоці візуального дисплея

-  Макет розділеного екрана
-  Перемикання між режимами обробки або програмування
-  Програмні клавіші для вибору функцій на екрані
-   Перемикання рядків із програмною клавішею
-  Зміна параметрів екрану (тільки ВС 120)



Клавіатура друкарської машинки для введення букв і символів

- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|------------------------|
|  |  |  |  |  |  | Імена файлів Коментарі |
|  |  |  |  |  | | Програми ISO |






Режими роботи верстата

-  РУЧНЕ УПРАВЛІННЯ
-  ЕЛЕКТРОННИЙ МАХОВИК
-  ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ MDI
-  ВИКОНАННЯ ПРОГРАМИ, ОДИН БЛОК
-  ВИКОНАННЯ ПРОГРАМИ, ПОВНА ПОСЛІДОВНІСТЬ






режими програмування

-  ПРОГРАМУВАННЯ ТА РЕДАГУВАННЯ
-  ТЕСТОВИЙ ЗАПУСК

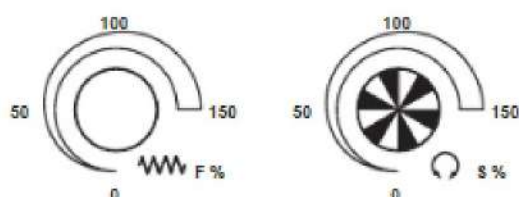
Управління програмами/файлами, функції TNC

-  Вибір або видалення програм і файлів
Передача зовнішніх даних
-  Введіть виклик програми в програмі
-  функції MOD
-  Відображення текстів довідки для повідомлень про помилки ЧПУ
-  Кипшеньовий калькулятор


Переміщення виділення, перехід безпосередньо до блоків, циклів і функцій параметрів

-     Переміщення виділення
-  Переходимо безпосередньо до блоків, циклів і параметрів функції



Перевизначте ручки управління швидкістю подачі / швидкістю шпинделя









Програмування руху шляху

-  Контур підходу/відгіду
-  Вільне контурне програмування ФК
-  Пряма лінія
-  Центр кола/полосу для полярних координат
-  Кругова дуга з центром
-  Кругова дуга з радіусом
-  Кругова дуга з тангенціальним з'єднанням
-  Фаска
-  Кутова заокруглення

функції інструменту

-   Введення та виклик довжини та радіуса інструмента

Цикли, підпрограми та розділ програм повторюються

-   Визначення та виклик циклів
-   Введення та мітки викликів для підпрограмування та повторення розділу програм
-  Зупинка програми в програмі
-  Введення функцій сенсорного зонда в програму

Координатні осі та числа: введення та редагування

-  ...  Вибрати осі координат або ввести їх в програму
-  ...  Номери
-  Десяткова кома
-  Зміна арифметичного знака
-  полярні координати
-  Інкрементні розміри
-  Параметри Q
-  Захоплення фактичного положення
-  Пропустити діалогові питання, видалити слова
-  Діалогове вікно підтвердження вступу та відновлення
-  Кінцевий блок
-  Усунення числового запису або помилки TNC або видалити повідомлення про помилку
-  Перервати діалогове вікно, видалити розділ програми

Heidenhain ISO G Codes

Рухи інструменту

G00 Прямолінійна інтерполяція, декартові координати, швидкий хід

G01 Прямолінійна інтерполяція, декартові координати

G02 Кругова інтерполяція, декартові координати, за годинниковою стрілкою

G03 Кругова інтерполяція, декартові координати, проти годинникової стрілки

G05 Кругова інтерполяція, декартові координати, без вказівки напрямку

G06 Кругова інтерполяція, декартові координати, тангенціальний контурний підхід

G10 Прямолінійна інтерполяція, полярні координати, швидкий хід

G11 Прямолінійна інтерполяція, полярні координати

G12 Кругова інтерполяція, полярні координати, за годинниковою стрілкою

G13 Кругова інтерполяція, полярні координати, проти годинникової стрілки

G15 Кругова інтерполяція, полярні координати, без вказівки напрямку

G16 Кругова інтерполяція, полярні координати, тангенціальний контурний підхід

Фаска/Заокруглення/Наближення контуру/Відступлення контуру

G24 Фаска довжиною R

G25 Закруглення кутів радіусом R

G26 Тангенціальний підхід до контуру з радіусом R

G27 Тангенціальний підхід до контуру з радіусом R

Визначення інструменту

G99 З номером інструменту T, довжиною L, радіусом R

Перетворення координат

G53 Зміщення бази даних у таблиці баз даних

G54 Зсув даних в програмі

G28 Дзеркальне відображення

G73 Обертання системи координат

G72 Коефіцієнт масштабування (зменшення або збільшення контуру)

G80 Нахил робочої площини

G247 Налаштування даних

Розміри

G90 Абсолютні розміри

G91 Інкрементні розміри

Heidenhain ISO M Codes

M0 Програмна зупинка

M1 Додаткова зупинка (зупинка програми тільки з opt. stop)

M2 Кінець програми

M3 Шпиндель ON за годинниковою стрілкою

M4 Шпиндель ON проти годинникової стрілки

M5 Шпиндель Зупинка

M6 Зміна інструменту

M8 Охолоджуюча рідина ON

M9 Охолоджуюча рідина OFF

M10 Розділова головка, затискач ON

M11 Розділова головка, затискач OFF

M17 Кінець підпрограми

M30 Кінець основної програми

M91 Нульова точка машини

M99 Циклічний виклик

ДОДАТОК Б

Перша керуюча програма обробки деталі «Сегмент фланцю»

```
0 BEGIN PGM 13083561 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-590.428 Y+0 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+590.428 Y+292.378 Z+0
3 ; -----
4 ; Tools
5 ; #93 D=100 - ZMIN=-30 - ZMAX=+30 - face mill
6 ; -----
12 L Z+200 R0 FMAX M91
13 M5
14 TOOL CALL 93 Z S400
15 M3
16 L X+540.415 Y-60.79 R0 FMAX
17 L Z+30 R0 FMAX
18 L Z+0 F300
19 L Z-3 F350
20 L Z-5
21 L X+512.264 Y-32.374 F300
22 CC X-2.781 Y-542.622
23 C X-512.761 Y-27.311 DR+
24 L X-541.192 Y-55.448
25 L Z+10
26 L X+540.415 Y-60.79 FMAX
```

27 L Z+0
28 L Z-3 F350
29 L Z-10
30 L X+512.264 Y-32.374 F300
31 CC X-2.781 Y-542.622
32 C X-512.761 Y-27.311 DR+
33 L X-541.192 Y-55.448
34 L Z+10
35 L X+540.415 Y-60.79 FMAX
36 L Z+0
37 L Z-8 F350
38 L Z-15
39 L X+512.264 Y-32.374 F300
40 CC X-2.781 Y-542.622
41 C X-512.761 Y-27.311 DR+
42 L X-541.192 Y-55.448
43 L Z+10
44 L X+540.415 Y-60.79 FMAX
45 L Z+0
46 L Z-13 F350
47 L Z-20
48 L X+512.264 Y-32.374 F300
49 CC X-2.781 Y-542.622

50 C X-512.761 Y-27.311 DR+
51 L X-541.192 Y-55.448
52 L Z+10
53 L X+540.415 Y-60.79 FMAX
54 L Z+0
55 L Z-18 F350
56 L Z-25
57 L X+512.264 Y-32.374 F300
58 CC X-2.781 Y-542.622
59 C X-512.761 Y-27.311 DR+
60 L X-541.192 Y-55.448
61 L Z+10
62 L X+540.415 Y-60.79 FMAX
63 L Z+0
64 L Z-23 F350
65 L Z-30
66 L X+512.264 Y-32.374 F300
67 CC X-2.781 Y-542.622
68 C X-512.761 Y-27.311 DR+
69 L X-541.192 Y-55.448
70 L Z+10
71 L X+540.415 Y-60.79 FMAX
72 L Z+0

73 L Z-25 F350
74 L Z-32
75 L X+512.264 Y-32.374 F300
76 CC X-2.781 Y-542.622
77 C X-512.761 Y-27.311 DR+
78 L X-541.192 Y-55.448
79 L Z+200 M5
80 TOOL CALL 93 Z S400
81 M3
82 L X-559.192 Y-51.201 R0 FMAX
83 L Z+30 R0 FMAX
84 L Z+0 F300
85 L Z-3 F350
86 L Z-5
87 L X-580.43 Y-30.014 F300
88 L X-625.741 Y+15.188
89 CC X-590.428 Y+50.586
90 C X-625.616 Y+86.107 DR-
91 CC X-2.781 Y-542.622
92 C X+625.95 Y+80.211 DR-
93 CC X+590.428 Y+45.023
94 C X+625.602 Y+9.488 DR-
95 L X+580.117 Y-35.535

96 L X+558.796 Y-56.64
97 L Z+50 FMAX
98 L X-559.192 Y-51.201 FMAX
99 L Z+0
100 L Z-3 F350
101 L Z-10
102 L X-580.43 Y-30.014 F300
103 L X-625.741 Y+15.188
104 CC X-590.428 Y+50.586
105 C X-625.616 Y+86.107 DR-
106 CC X-2.781 Y-542.622
107 C X+625.95 Y+80.211 DR-
108 CC X+590.428 Y+45.023
109 C X+625.602 Y+9.488 DR-
110 L X+580.117 Y-35.535
111 L X+558.796 Y-56.64
112 L Z+50 FMAX
113 L X-559.192 Y-51.201 FMAX
114 L Z+0
115 L Z-8 F350
116 L Z-15
117 L X-580.43 Y-30.014 F300
118 L X-625.741 Y+15.188

119 CC X-590.428 Y+50.586
120 C X-625.616 Y+86.107 DR-
121 CC X-2.781 Y-542.622
122 C X+625.95 Y+80.211 DR-
123 CC X+590.428 Y+45.023
124 C X+625.602 Y+9.488 DR-
125 L X+580.117 Y-35.535
126 L X+558.796 Y-56.64
127 L Z+50 FMAX
128 L X-559.192 Y-51.201 FMAX
129 L Z+0
130 L Z-13 F350
131 L Z-20
132 L X-580.43 Y-30.014 F300
133 L X-625.741 Y+15.188
134 CC X-590.428 Y+50.586
135 C X-625.616 Y+86.107 DR-
136 CC X-2.781 Y-542.622
137 C X+625.95 Y+80.211 DR-
138 CC X+590.428 Y+45.023
139 C X+625.602 Y+9.488 DR-
140 L X+580.117 Y-35.535
141 L X+558.796 Y-56.64

142 L Z+50 FMAX
143 L X-559.192 Y-51.201 FMAX
144 L Z+0
145 L Z-18 F350
146 L Z-25
147 L X-580.43 Y-30.014 F300
148 L X-625.741 Y+15.188
149 CC X-590.428 Y+50.586
150 C X-625.616 Y+86.107 DR-
151 CC X-2.781 Y-542.622
152 C X+625.95 Y+80.211 DR-
153 CC X+590.428 Y+45.023
154 C X+625.602 Y+9.488 DR-
155 L X+580.117 Y-35.535
156 L X+558.796 Y-56.64
157 L Z+50 FMAX
158 L X-559.192 Y-51.201 FMAX
159 L Z+0
160 L Z-23 F350
161 L Z-30
162 L X-580.43 Y-30.014 F300
163 L X-625.741 Y+15.188
164 CC X-590.428 Y+50.586

165 C X-625.616 Y+86.107 DR-
166 CC X-2.781 Y-542.622
167 C X+625.95 Y+80.211 DR-
168 CC X+590.428 Y+45.023
169 C X+625.602 Y+9.488 DR-
170 L X+580.117 Y-35.535
171 L X+558.796 Y-56.64
172 L Z+50 FMAX
173 L X-559.192 Y-51.201 FMAX
174 L Z+0
175 L Z-25 F350
176 L Z-32
177 L X-580.43 Y-30.014 F300
178 L X-625.741 Y+15.188
179 CC X-590.428 Y+50.586
180 C X-625.616 Y+86.107 DR-
181 CC X-2.781 Y-542.622
182 C X+625.95 Y+80.211 DR-
183 CC X+590.428 Y+45.023
184 C X+625.602 Y+9.488 DR-
185 L X+580.117 Y-35.535
186 L X+558.796 Y-56.64
187 L Z+30

188 M5

189 L Z+200 R0 FMAX M91

190 M30

191 END PGM 13083561 MM

Друга керуюча програма обробки деталі «Сегмент фланцю»

1 BLK FORM 0.1 Z X-590.435 Y+0 Z-27.999

2 BLK FORM 0.2 X+590.435 Y+286.993 Z+0

3 ; -----

4 ; Tools

5 ; #5 D=30 TAPER=90deg - ZMIN=-11.5 - ZMAX=+85 - countersink

6 ; #13 D=13 TAPER=118deg - ZMIN=-20.904 - ZMAX=+85 - drill

7 ; #93 D=100 - ZMIN=-8.816 - ZMAX=+50 - face mill

8 ; -----

9 ;

10 L Z+200 R0 FMAX M91

11 M5

12 TOOL CALL 13 Z S350

13 M13

14 L X-552.295 Y+56.006 R0 FMAX

15 L Z+90 R0 FMAX

16 CYCL DEF 1.0 PECKING

17 CYCL DEF 1.1 SET UP +40

18 CYCL DEF 1.2 DEPTH -22

19 CYCL DEF 1.3 PECKG +4
20 CYCL DEF 1.4 DWELL 0
21 CYCL DEF 1.5 F75
22 L Z+40 FMAX M99
23 L X-351.945 Y+191.146 FMAX M99
24 L X-120.835 Y+261.806 FMAX M99
25 L X+120.835 FMAX M99
26 L X+351.945 Y+191.146 FMAX M99
27 L X+552.295 Y+56.006 FMAX M99
28 L Z+200 FMAX M5 M8
29 TOOL CALL 5 Z S200
30 M13
31 L X-552.295 Y+56.006 R0 FMAX
32 L Z+50 R0 FMAX
33 CYCL DEF 1.0 PECKING
34 CYCL DEF 1.1 SET UP +35
35 CYCL DEF 1.2 DEPTH -11.5
36 CYCL DEF 1.3 PECKG +3.5
37 CYCL DEF 1.4 DWELL 0
38 CYCL DEF 1.5 F50
39 L Z+35 FMAX M99
40 L X-351.945 Y+191.146 FMAX M99
41 L X-120.835 Y+261.806 FMAX M99

42 L X+120.835 FMAX M99
43 L X+351.945 Y+191.146 FMAX M99
44 L X+552.295 Y+56.006 FMAX M99
45 L Z+200 FMAX M5 M8
46 TOOL CALL 93 Z S400
47 M3
48 L X+584.395 Y-105.035 R0 FMAX
49 L Z+50 R0 FMAX
50 L Z+5 FMAX
51 L Z+1 F350
52 L Z-2.22
53 L X+513.684 Y-34.324
54 CC X+0 Y-548.007
55 C X-513.684 DR+
56 L X-584.395 Y-105.035
57 L Z+50 FMAX
58 L X+584.05 Y-105.379 FMAX
59 L Z+5 FMAX
60 L Z+1 F350
61 L Z-4.44
62 L X+513.341 Y-34.668
63 CC X+0 Y-548.007
64 C X-513.341 DR+

65 L X-584.05 Y-105.379
66 L Z+50 FMAX
67 L X+583.708 Y-105.723 FMAX
68 L Z+5 FMAX
69 L Z+1 F350
70 L Z-6.596
71 L X+512.997 Y-35.012
72 CC X+0 Y-548.007
73 C X-512.997 DR+
74 L X-583.708 Y-105.723
75 L Z+50 FMAX
76 L X+583.363 Y-106.066 FMAX
77 L Z+5 FMAX
78 L Z+1 F350
79 L Z-8.816
80 L X+512.654 Y-35.355
81 CC X+0 Y-548.007
82 C X-512.654 DR+
83 L X-583.363 Y-106.066
84 L Z+100 FMAX M5
85 M30
86 END PGM 13083562 MM

Третя керуюча програма обробки деталі «Сегмент фланцю»

```
0 BEGIN PGM 13083563 MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-590.435 Y+0 Z-27.999
2 BLK FORM 0.2 X+590.435 Y+286.993 Z+0
3 ; -----
4 ; Tools
5 ; #93 D=100 - ZMIN=-16.962 - ZMAX=+50 - face mill
6 ; -----
7 ; NULL KÖRGUS LAUAST +28
8 L Z+200 R0 FMAX M91
9 M5
10 TOOL CALL 93 Z S400
11 M3
12 L X-676.348 Y-13.081 R0 FMAX
13 L Z+40 R0 FMAX
14 L Z+5 FMAX
15 L Z+2 F350
16 L Z+0
17 L X-605.637 Y+57.629 F300
18 CC X+0 Y-548.007
19 C X+605.637 DR-
20 L X+676.348 Y-13.081
21 L Z+10 FMAX
```


22 L X-676.348 FMAX
23 L Z+5 FMAX
24 L Z+2 F350
25 L Z-2
26 L X-605.637 Y+57.629 F300
27 CC X+0 Y-548.007
28 C X+605.637 DR-
29 L X+676.348 Y-13.081
30 L Z+10 FMAX
31 L X-676.348 FMAX
32 L Z+5 FMAX
33 L Z+0 F350
34 L Z-4
35 L X-605.637 Y+57.629 F300
36 CC X+0 Y-548.007
37 C X+605.637 DR-
38 L X+676.348 Y-13.081
39 L Z+10 FMAX
40 L X-676.348 FMAX
41 L Z+5 FMAX
42 L Z-2 F350
43 L Z-6
44 L X-605.637 Y+57.629 F300

45 CC X+0 Y-548.007
46 C X+605.637 DR-
47 L X+676.348 Y-13.081
48 L Z+10 FMAX
49 L X-676.348 FMAX
50 L Z+5 FMAX
51 L Z-4 F350
52 L Z-8
53 L X-605.637 Y+57.629 F300
54 CC X+0 Y-548.007
55 C X+605.637 DR-
56 L X+676.348 Y-13.081
57 L Z+10 FMAX
58 L X-676.348 FMAX
59 L Z+5 FMAX
60 L Z-6 F350
61 L Z-10
62 L X-605.637 Y+57.629 F300
63 CC X+0 Y-548.007
64 C X+605.637 DR-
65 L X+676.348 Y-13.081
66 L Z+10 FMAX
67 L X-676.348 FMAX

68 L Z+5 FMAX
69 L Z-8 F350
70 L Z-12
71 L X-605.637 Y+57.629 F300
72 CC X+0 Y-548.007
73 C X+605.637 DR-
74 L X+676.348 Y-13.081
75 L Z+10 FMAX
76 L X-676.348 FMAX
77 L Z+5 FMAX
78 L Z-10 F350
79 L Z-14
80 L X-605.637 Y+57.629 F300
81 CC X+0 Y-548.007
82 C X+605.637 DR-
83 L X+676.348 Y-13.081
84 L Z+10 FMAX
85 L X-676.348 FMAX
86 L Z+5 FMAX
87 L Z-12 F350
88 L Z-16
89 L X-605.637 Y+57.629 F300
90 CC X+0 Y-548.007

91 C X+605.637 DR-
92 L X+676.348 Y-13.081
93 L Z+200 FMAX M5
94 TOOL CALL 93 Z S400
95 M3
96 L X+579.474 Y-53.386 R0 FMAX
97 L Z+15 R0 FMAX
98 L Z+5 FMAX
99 L Z+2 F350
100 L Z+0
101 L X+537.049 Y-10.96 F300
102 CC X+0 Y-548.007
103 C X-537.049 DR+
104 L X-579.474 Y-53.386
105 L Z+15 FMAX
106 M3
107 L Z+50 FMAX
108 L X+562.857 Y-70.003 R0 FMAX
109 L Z+3 FMAX
110 L Z+0 F350
111 L Z-2
112 L X+520.432 Y-27.577 F300
113 CC X+0 Y-548.007

114 C X-520.432 DR+
115 L X-562.857 Y-70.003
116 L Z+20 FMAX
117 L X+562.857 FMAX
118 L Z+3 FMAX
119 L Z+0 F350
120 L Z-4
121 L X+520.432 Y-27.577 F300
122 CC X+0 Y-548.007
123 C X-520.432 DR+
124 L X-562.857 Y-70.003
125 L Z+20 FMAX
126 L X+562.857 FMAX
127 L Z+3 FMAX
128 L Z-2 F350
129 L Z-6
130 L X+520.432 Y-27.577 F300
131 CC X+0 Y-548.007
132 C X-520.432 DR+
133 L X-562.857 Y-70.003
134 L Z+20 FMAX
135 L X+562.857 FMAX
136 L Z+3 FMAX

137 L Z-4 F350
138 L Z-8
139 L X+520.432 Y-27.577 F300
140 CC X+0 Y-548.007
141 C X-520.432 DR+
142 L X-562.857 Y-70.003
143 L Z+20 FMAX
144 L X+562.857 FMAX
145 L Z+3 FMAX
146 L Z-6 F350
147 L Z-10
148 L X+520.432 Y-27.577 F300
149 CC X+0 Y-548.007
150 C X-520.432 DR+
151 L X-562.857 Y-70.003
152 L Z+20 FMAX
153 L X+562.857 FMAX
154 L Z+3 FMAX
155 L Z-8 F350
156 L Z-12
157 L X+520.432 Y-27.577 F300
158 CC X+0 Y-548.007
159 C X-520.432 DR+

160 L X-562.857 Y-70.003

161 L Z+20 FMAX

162 L X+562.857 FMAX

163 L Z+3 FMAX

164 L Z-10 F350

165 L Z-14

166 L X+520.432 Y-27.577 F300

167 CC X+0 Y-548.007

168 C X-520.432 DR+

169 L X-562.857 Y-70.003

170 L Z+20 FMAX

171 L X+562.857 FMAX

172 L Z+3 FMAX

173 L Z-12 F350

174 L Z-16

175 L X+520.432 Y-27.577 F300

176 CC X+0 Y-548.007

177 C X-520.432 DR+

178 L X-562.857 Y-70.003

179 L Z+50 FMAX

180 M3

181 L X+561.301 Y-71.559 R0 FMAX

182 L Z+40 R0 FMAX

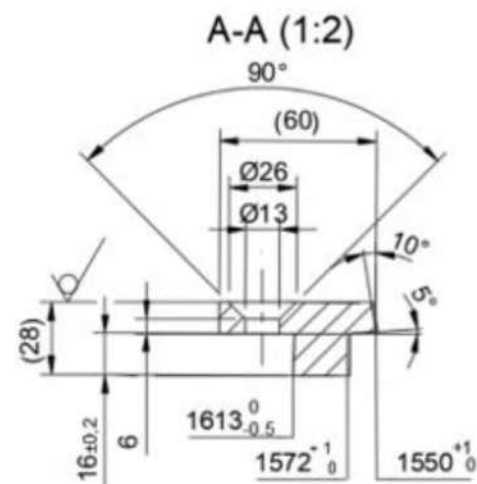
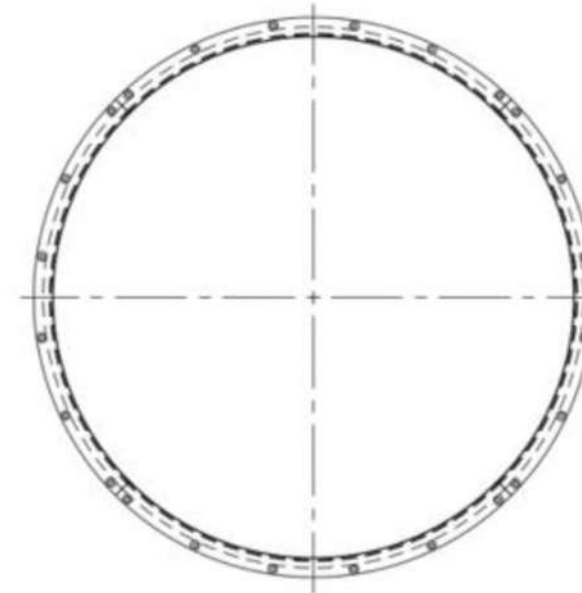
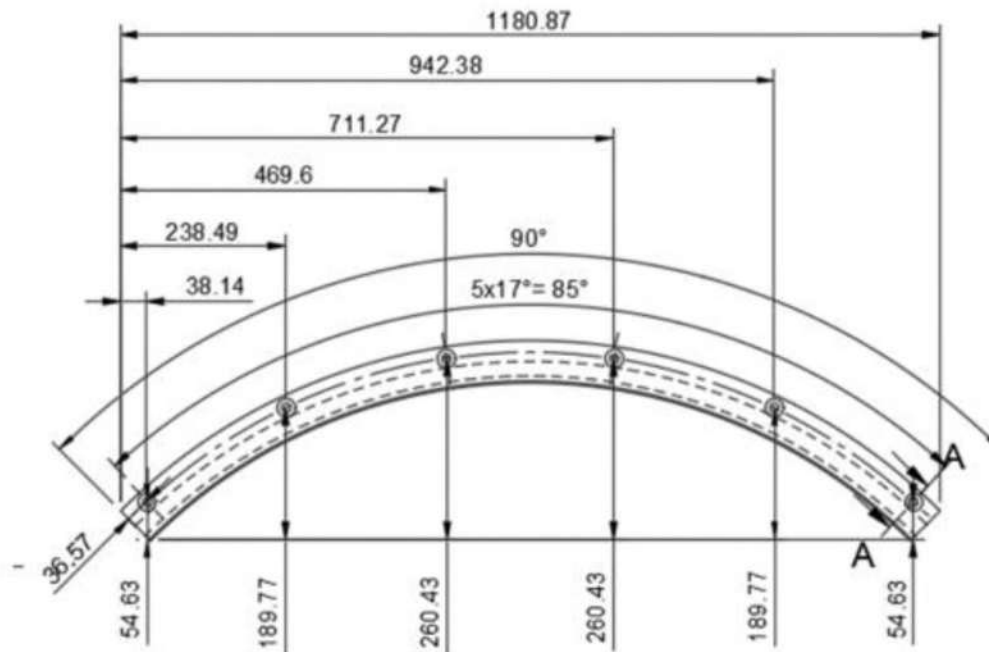
183 L Z-11 FMAX
184 L Z-14 F350
185 L Z-16.241
186 L X+518.876 Y-29.133 F300
187 CC X+0 Y-548.007
188 C X-518.876 DR+
189 L X-561.301 Y-71.559
190 L Z+40 FMAX
191 L X+559.747 Y-73.115 FMAX
192 L Z-11 FMAX
193 L Z-14 F350
194 L Z-16.482
195 L X+517.32 Y-30.689 F300
196 CC X+0 Y-548.007
197 C X-517.32 Y-30.688 DR+
198 L X-559.747 Y-73.115
199 L Z+40 FMAX
200 L X+558.19 Y-74.67 FMAX
201 L Z-11 FMAX
202 L Z-14 F350
203 L Z-16.722
204 L X+515.765 Y-32.244 F300
205 CC X+0 Y-548.007

206 C X-515.765 DR+
207 L X-558.19 Y-74.67
208 L Z+40 FMAX
209 L X+556.636 Y-76.226 FMAX
210 L Z-11 FMAX
211 L Z-14 F350
212 L Z-16.962
213 L X+514.209 Y-33.8 F300
214 CC X+0 Y-548.007
215 C X-514.209 DR+
216 L X-556.636 Y-76.226
217 L Z+200 FMAX M5
218 M30
219 END PGM 13083563

ДОДАТОК В

P1308356

✓ (12.5/)



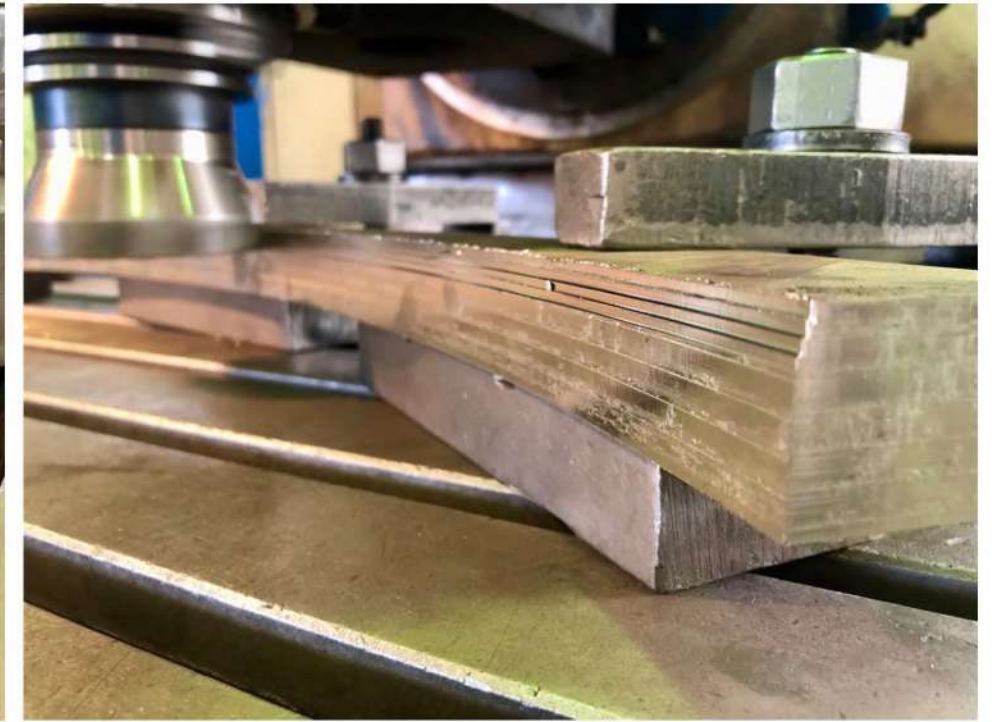
- *Розміри для довідок.
- Гострі кромки притупити.

				P1308356			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.						10,28	1:7
Пров.					Лист 1	Листов 1	
Т. контр.							
Н. контр.							
Утв.							
					Пл.30 X5CrNi18-10 1.4301 DIN EN 10088		"Економіко-технологічний інститут ім. Роберта Ельворті"

Копировал

Формат А3

ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СЕРГМЕНТ ФЛАНЦЮ»



ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «СЕГМЕНТ ФЛАНЦЮ»

