

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НН Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин**

До захисту допущено:

Завідувач кафедрою

_____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«___»_____20___р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи
інженерного дизайну»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»**

**на тему: Фреза для оброблення елементів з'єднання типу «хвіст
ластівки»**

Виконав:

студент III курсу, групи МІ-п01
НЕКРАШЕВИЧ Дмитро Романович

Керівник:

доцент кандидат технічних наук
БЕСАРАБЕЦЬ Юрій Йосипович

Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент_____

Київ -2023

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
НН Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи
інженерного дизайну»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру

_____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«___»_____20__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

НЕКРАШЕВИЧУ Дмитру Романовичу

1. Тема проєкту: Фреза для оброблення елементів з'єднання типу «хвіст ластівки», керівник проєкту БЕСАРАБЕЦЬ Юрій Йосипович, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від «___»_____20__р. №_____

2. Термін подання студентом проєкту 14.06.2023

3. Вихідні дані до проєкту:

1. Матеріал заготовки – СЧ20, Кут ластівкового хвоста – 60°, Найбільша висота профілю - 30 мм Тип хвостовика – циліндричний 32 мм, Різальна частина фрези –змінні пластини із твердого сплаву, тип фрезерування - на прохід, кріплення різального елемента – механічне, стружкові канавки фрези – прямі, кількість різальних елементів – 8, розташування в шаховому порядку, підведення охолоджувальної рідини – зовнішнє.

2. Зміст, пояснювальної записки: аналіз процесів оброблення елементів з'єднання типу «хвіст ластівки» , синтез різального інструменту розробка фрези, технологія виготовлення корпусу фрези, проектування ділильної головки для обробки стружкових канавок та пазів під пластину.

3. 3 Перелік графічного матеріалу: синтез різального інструменту, робочий кресленик корпусу фрези, робочий кресленик різальної пластини, складальний кресленик фрези у зборі, процес побудови 3D моделі - фрези, графічне зображення технологічного процесу, складальний кресленик пристосування.

4. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Аналіз процесу виготовлення фрези	24.04.2023	
2.	Синтез різального інструменту	01.05.2023	
3.	Розробка технологічного процесу	01.05.2023	
4.	Розробка фрези	08.05.2023	
5.	Розрахунок режимів різання	15.05.2023	
6.	Розрахунок припусків	15.05.2023	
7.	Проектування ділильної головки	21.05.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки та креслеників	02.06.2023	

Студент

Дмитро НЕКРАШЕВИЧ

Керівник

Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

Затверджую
_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО
«__»_____ 2023 р

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Фреза для оброблення елементів з'єднання типу «хвіст ластівки»
Зміст проекту	Розробити фрезу для оброблення елементів з'єднання типу «хвіст ластівки»
Технічні вимоги	4. Матеріал заготовки – Чавун сірий 5. Кут ластівкового хвоста – 60° 6. Найбільша висота профілю - 30 мм 7. Різальна частина фрези –змінні пластини із твердого сплаву 8. Тип хвостовика – циліндричний. 9. Тип фрезерування - на прохід 10. Кріплення різального елемента – механічне 11. Стружкові канавки фрези – прямі 12. Кількість різальних елементів – 8 13. Підведення охолоджувальної рідини - зовнішнє
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Аналіз процесів виготовлення з'єднання типу «хвіст ластівки». Синтез різального інструменту.
ОП	1. Робочий кресленик корпусу фрези, 2. Робочий кресленик різальної пластини. 3. Складальний кресленик фрези у зборі.
ТС	Ескіз технологічних операцій: - Токарна з ЧПК; - Кругло-шліфувальна; - Багатоцільова.
КС	Конструкція ділильної головки для фрезерування канавок фрези.
СС	Похибка базування пластини.
ДС	
Студент _____ «____»_____ 2023 р. Керівник _____ «____»_____ 2023 р	

СП – стан питання
ОП – об'єкт проектування
ТС – технологічна складова

КС – конструкторська складова
СС – спеціальна складова
ДС – дослідницька складова

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота на тему "Фреза для оброблення пазів типу «хвіст ластівки»" присвячена вивченню особливостей та розробці ефективного інструменту для оброблення пазів типу "хвіст ластівки" в машинобудуванні та металообробці.

Метою дипломної роботи є аналіз основних параметрів, властивостей та функцій фрези для оброблення пазів типу "хвіст ластівки", а також розробка оптимальної конструкції та технології виготовлення такого інструменту.

У роботі проводився аналіз наявних конструкцій інструментів, порівнюються між собою та визначаються переваги та недоліки, на основі цього робиться синтез конструкції кінцевого інструменту для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки".

Було проведено розробку конструкції фрези для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки". Та розроблено технологію виготовлення інструменту.

Результати цієї роботи можуть бути використані на машинобудівних підприємствах та промисловості, де є необхідність в виготовленні рухомого з'єднання "типу хвіст ластівки" та фахівцями які займаються розробкою та вдосконаленням різального інструменту.

Ключові слова: фреза, оброблення пазів, "хвіст ластівки", машинобудування, металообробка.

ANNOTATION

The diploma thesis titled "Milling Cutter for Processing Dovetail Slots" is dedicated to studying the peculiarities and development of an efficient tool for processing dovetail slots in mechanical engineering and metalworking. The aim of the diploma thesis is to analyze the main parameters, properties, and functions of a milling cutter for processing dovetail slots, as well as to develop an optimal design and manufacturing technology for such a tool.

The thesis includes an analysis of existing tool designs, their comparison, and the determination of advantages and disadvantages. Based on this analysis, the synthesis of the final tool's design for processing dovetail-type connecting elements is performed.

The development of a milling cutter design for processing dovetail-type connecting elements was carried out, along with the development of the manufacturing technology for the tool.

The results of this work can be utilized in mechanical engineering enterprises and industries where the production of movable dovetail-type connections is required. They can also benefit professionals engaged in the development and improvement of cutting tools.

Key words: milling cutter, slot processing, dovetail, mechanical engineering, metalworking.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»	10
2 СИНТЕЗ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»	13
2.1 Синтез різального інструменту	13
2.2 Оброблюваний матеріал	16
3 РОЗРОБКА ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»	18
3.1 Конструктивні параметри фрези	18
3.2 Розробка 3D моделі фрези.....	19
3.3 Аналітичний розрахунок базування пластини в кутовий паз	21
3.4 Матеріал різальної пластини	24
3.5 Матеріал корпусу фрези	25
4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»	27
4.1 Технологічний процес виготовлення інструменту.....	27
4.2 Розрахунок припусків	33
4.3 Розрахунок режимів різання	38
4.4 Створення управляючої програми на виготовлення фрези.	40
5 РОЗРОБКА ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ	47
5.1 Конструювання ділильної головки	47
5.2 Схема базування інструменту при обробці зубів.....	52
5.3 Розрахунок сили затиску цангового патрону	53
ВИСНОВОК	54
ЛІТЕРАТУРА	55
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні найбільш широко розповсюджене рухоме з'єднання типу "хвіст ластівки" зазвичай це з'єднання виконується за допомогою методом фрезерування. Зазвичай це двокутова фреза для оброблення елементів з'єднання "хвіст ластівки" виготовляють цільною конструкцією.

Було розглянуто декілька видів інструментів, було виявлено переваги та недоліки кожної та на основі них було спроектовано фрезу зі змінними різальними елементами – твердосплавними пластинами для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки".

Метою роботи є розробка сучасної конструкції збірної фрези для обробки з'єднання типу «Хвіст ластівки».

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- 1) провести аналіз існуючих конструкцій.
- 2) На основі виявлених переваг та недоліків синтезувати нову конструкцію.
- 3) Провести проєктний розрахунок інструменту та побудувати 3Д модель, створити конструкторську документацію.
- 4) Розробити технологію виготовлення інструменту.
- 5) Розробити ділильну головку для обробки зубів фрези.

1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»

Ластівковий хвіст є найбільш розповсюдженим методом рухомого та роз'ємного з'єднання. В машинобудуванні дане з'єднання найбільш часто використовується в високонавантажених вузлах лінійних переміщень. Для виготовлення цього з'єднання використовують фрезерування та (або) стругання та шліфування.

Процес обробки елементів з'єднання за методикою [1]

Першим етапом виконується оброблення попереднього заглиблення та виступ на деталі, дана операція проводиться кінцевою фрезою рисунок 1.1

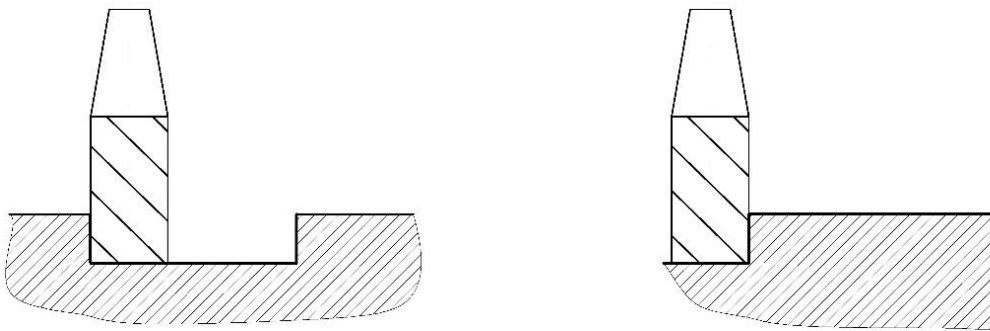


Рисунок 1.1 – Попередня обробка пазу кінцевою фрезою

Наступним кроком відбувається виготовлення безпосередньо форми самого з'єднання типу "хвіст ластівки" цей можна виконати декількома способами: найбільш розповсюдженим є метод фрезерування за допомогою двокутової фрези показано на рисунку 1.2 також дане з'єднання можна виготовити за допомогою методу стругання як показано на рисунку 1.3 і можна використовувати метод протягування, але він найменш поширений в виготовленні даного з'єднання так як шар металу який необхідно зняти досить великий навіть після попереднього фрезерування, через що довжина такого з'єднання буде невелика а довжина протяжки досить значно, через це даний метод не розглядається.

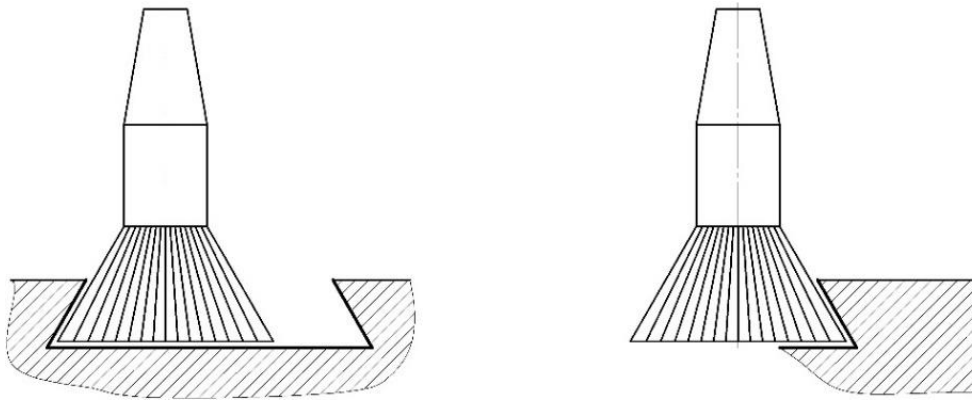


Рисунок 1.2 – Оброблення пазу типу "хвіст ластівки"
цільною двокутовою фрезою

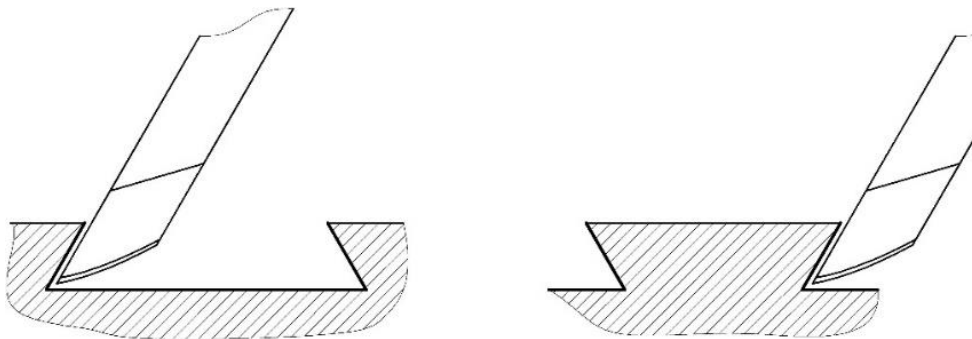


Рисунок 1.3 – Оброблення пазу типу "хвіст ластівки"
методом стругання

Наступним етапом відбувається фрезерування пазу для виходу шліфувального круга рисунок 1.4

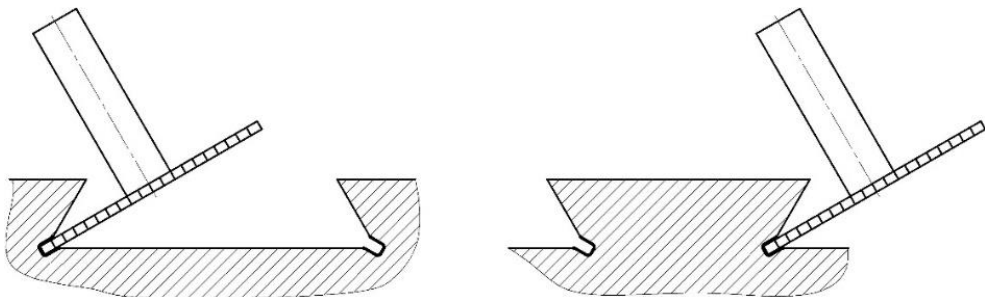


Рисунок 1.4 – Фрезерування пазу для виходу шліфувального
кругу

Останнім етапом виготовлення з'єднання є обробки є шліфування робочих поверхонь з'єднання для забезпечення необхідної шорсткості та форми елементів рисунок 1.5

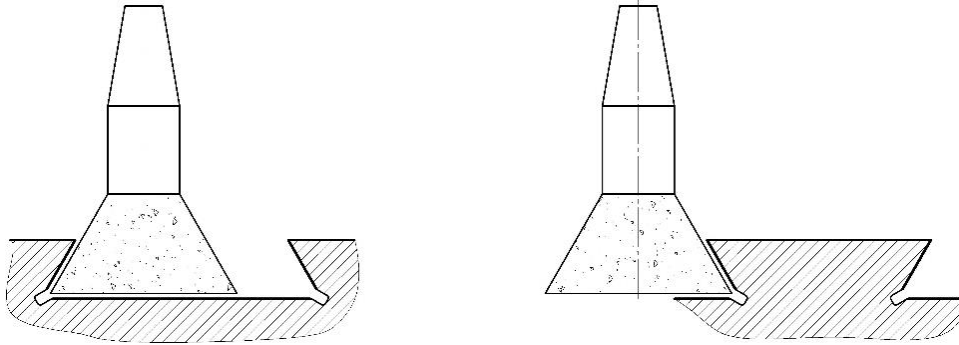


Рисунок 1.5 – Шліфування з'єднання типу «хвіст ластівки»

Таким чином розглянуті методи оброблення елементів з'єднання типу «хвіст ластівки». В результаті цього аналізу було визначено що найбільш простим, продуктивним та найрозповсюдженим є метод фрезерування двокутовими фрезами.

2. СИНТЕЗ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»

2.1 Синтез різального інструменту

За основу синтезу різального інструменту було взято цільну фрезу для обробки елементів з'єднання типу «ластівковий хвіст».

Дана фреза має такі переваги:

- Велика кількість різальних кромок
- Простота конструкції
- Компактність конструкції

Однак цільна конструкція має і ряд недоліків таких як:

- Перевитрата матеріалу матеріалу
- Складність відновлення різальних можливостей фрези (переточування)
- Необхідність переналагоджувати верстат після відновлення різальних кромок.

Конструкція цільної двокутової фрези представлена на рисунку 2.1

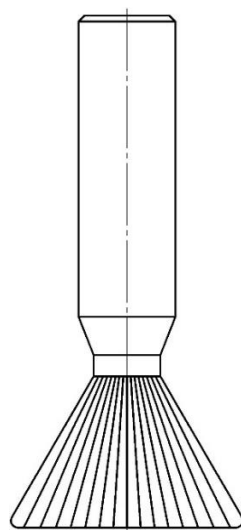


Рисунок 2.1 –Цільна двокутова фреза для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки" ISO 3859

З наведеної конструкції обираємо для розроблюваної фрези форму різальної частини – двокутове розташування різальних кромek для обробки елементів з'єднання типу «хвіст ластівки»

З метою підвищення продуктивності та стійкості інструмента доцільно, в якості різальних елементів, використовувати твердосплавні пластини, як наведено на рисунку 2.2

Недолік стосовно складності переточування різальних кромek можливо усунути заміною цільної конструкції інструменту на інструмент зі змінними різальними елементами у вигляді багатогранних непереточуваних пластин та тип кріплення цих пластин. Тип пластин було вибрано ромбічну з кутом 55° , як наведено в конструкції на рисунку 2.3 [2]

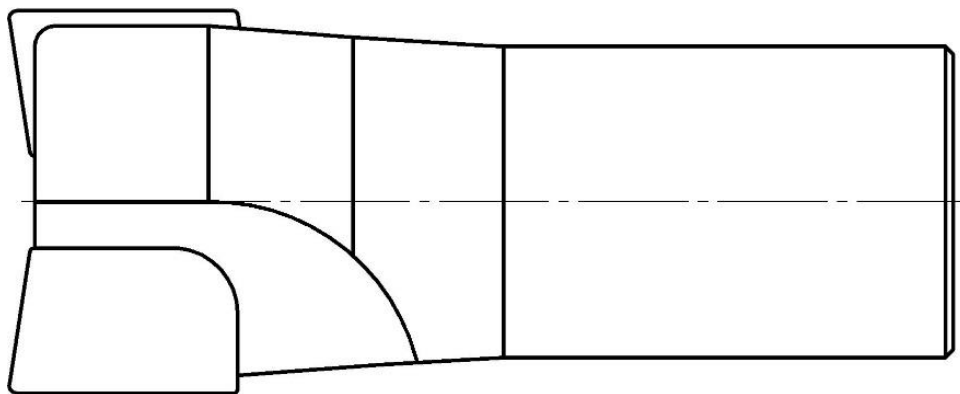


Рисунок 2.2 –Фреза з різальними елементами із
твердого сплаву ГОСТ 10673-75

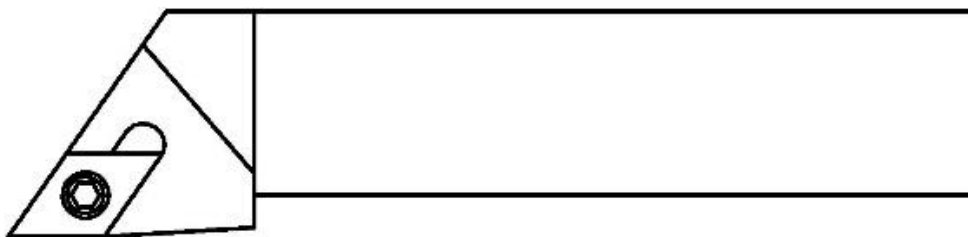


Рисунок 2.3 –Різець із пластиною 55° [2]

З метою розвантаження різальних кромek інструмента раціонально буде покращити умови стружкоутворення за рахунок розподілу стружки по довжині та для покращення умов стружковідведення – застосовувати шахове розташування різальних елементів – пластин нарізних зубцях інструмента, як наведено на конструкції на рисунку 2.4 [3]

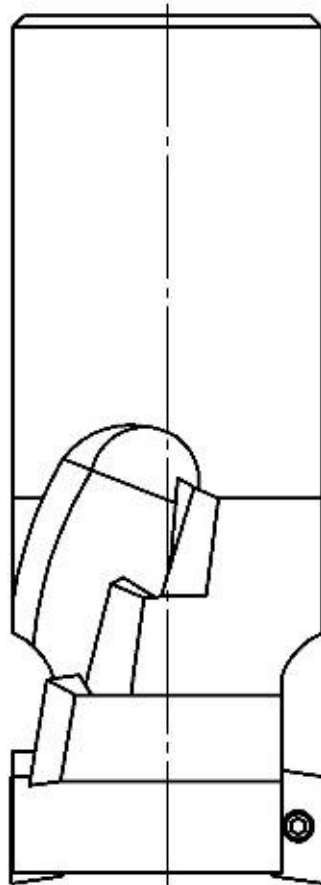


Рисунок 2.4 –Фреза з шаховим розташуванням змінних
твердосплавних пластин [3]

В результаті синтезу розглянутих конструктивних рішень було отримано фрезу для обробки елементів з'єднання типу «хвіст ластівки» зі змінними пластинами і з шаховим розташуванням різальних пластин.
Рисунок 2.5

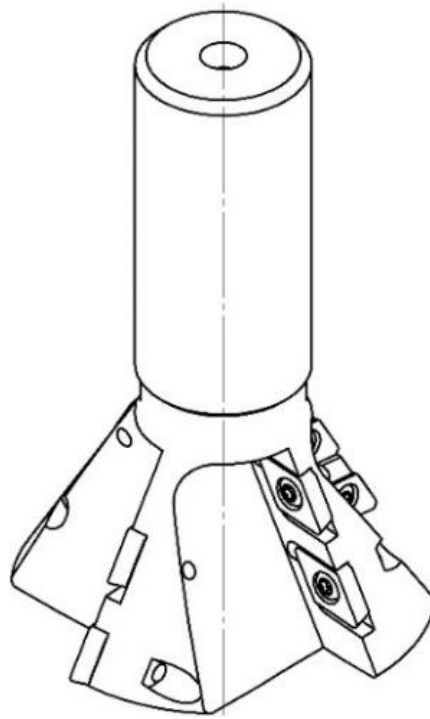


Рисунок 2.5 – Кінцева синтезована фреза для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки" зі змінними різальними елементами – пластинами

За допомогою синтезу було досягнуто таких результатів:

- Відсутня необхідність переточування. Через що в свою чергу зникає необхідність постійного переналагодження верстату після зміни різальної пластини.
- Можливість оброблювати достатньо велику висоту профіль до 32 мм.
- Забезпечене ділення стружки

2.2 Оброблюваний матеріал

Більшість з'єднань типу «хвіст ластівки» виготовляються із сірого чавуну.

В нашому випадку обробка буде відбуватися над матеріалом СЧ20. Цей матеріал в основному застосовується для лиття деталей, отримав

розповсюдження у верстатобудуванні тому і є необхідність у постійному виготовленню з'єднань типу «хвіст ластівки» з цього матеріалу.

Цей метал має такі механічні властивості [4]:

Тимчасовий опір розриву	– 200 МПа
Твердість	– до 250 НВ
Лінійна усадка	– 1,2 %
Питома теплоємність	– 480 Дж/кг×К
Теплопровідність	– 54 Вт/м×К

Матеріал СЧ20 складається з таких елементів [4]:

С (вуглець)	– 3,3-3,5%
Si (кремній)	– 1,4-2,4%
Mn (марганець)	– 0,7-1%
P (фосфор)	– До 0,2%
S (сірка)	– До 0,15%
Fe (залізо)	– Все інше

3. РОЗРОБКА ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»

3.1 Конструктивні параметри фрези для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки"[2]

Робочий діаметр фрези	– 80 мм
Діаметр хвостовика	– 32 мм
Довжина фрези	– 120 мм
Довжина різальної частини	– 32 мм
Кут пазу хвіст ластівки	– 60°
Пластина	– DCMT11 T3 (Ромб 55°)
Передній кут γ	– 0°
Задній кут α	– 7°
Кількість пластин	– 8

Загальний вигляд фрези представлений рисунку 3.1

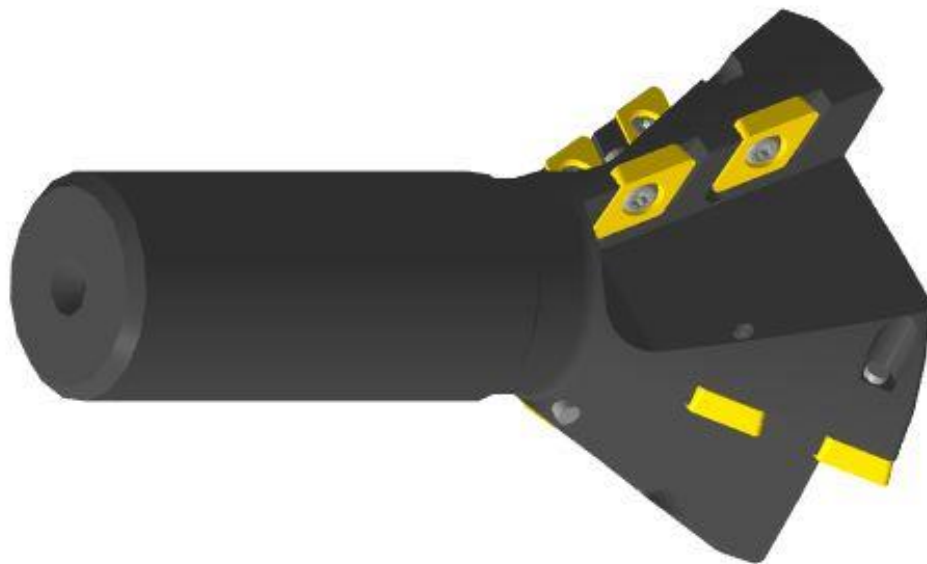


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд зібраної фрези для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки"

3.2 Розробка 3D моделі фрези

За конструктивними параметрами обрані у пункті 3.1 будуємо 3D модель фрези [5]

Розробка 3D моделі фрези починається з побудови ескізу в який входить конус канавка хвостовик та центрові отвори. Ескіз за допомогою операції "видавлювання обертанням" створює модель навколо осі обертання. Рисунок 3.2

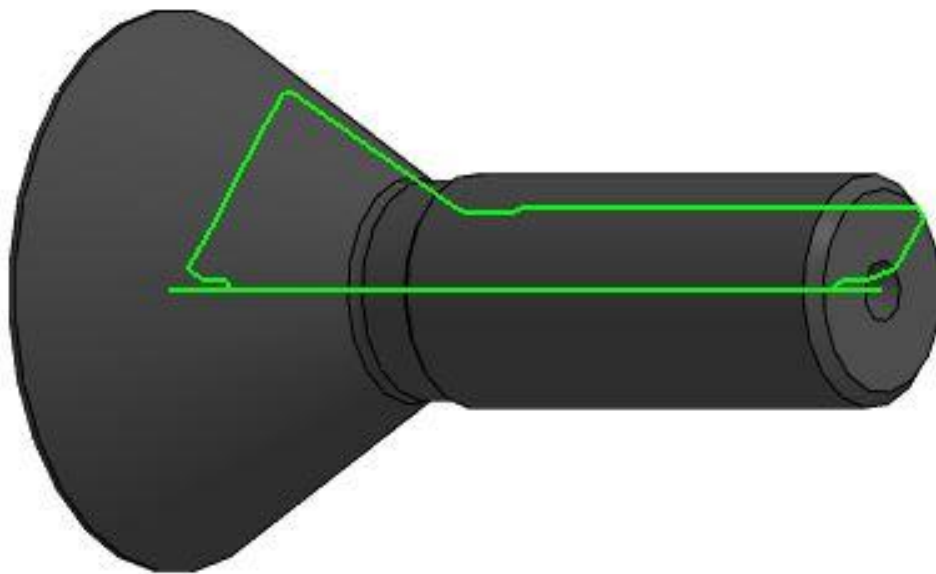


Рисунок 3.2 – Операція видавлювання обертанням

Наступним кроком виконуємо стружкову канавку фрези за допомогою команди вирізання. Для цього на допоміжній площині будується ескіз стружкової канавки та за допомогою "операції вирізання" вирізається на задану глибину показано на рисунок 3.3. Наступним етапом побудови є розмноження стружкових канавок навколо осі інструменту у випадку даною фрезою канавок повинно бути 4 штуки показано на рисунку 3.4.

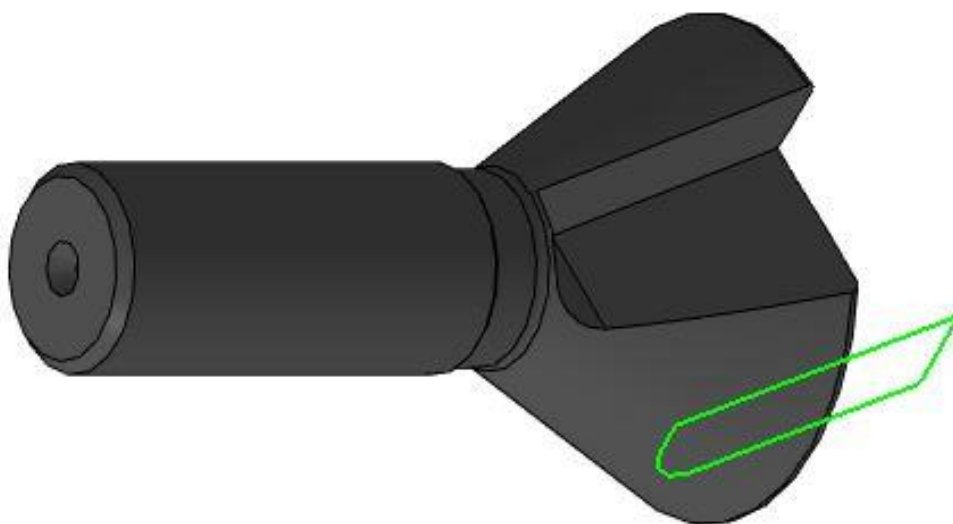


Рисунок 3.3 – Операція вирізання стружкової канавки

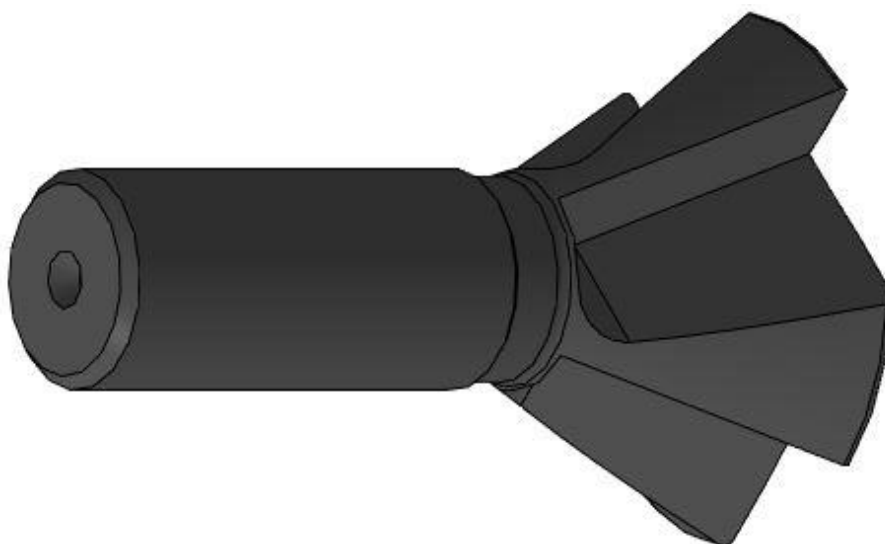


Рисунок 3.4 – Круговий масив стружкових канавок

Наступним етапом є виконання пазів під пластини вони розташовані в шаховому порядку на різних зубах фрези. Для побудови потрібно створити ескіз на поверхні стружкової канавки та на ньому побудувати ескіз пазу під пластину потім вирізати її на певну глибину. На іншому зубі виконуємо ті самі дії, але пази під пластину треба змістити щоб забезпечити шахове розташування пластин. На цьому етапі на двох зубах повинні бути пази під пластини. Операцією "круговий масив" розмножуємо ці пази вздовж осі в

кількості 2 штуки. Результат цих дій з побудованими усіма пазами під пластини показано на рисунку 3.5

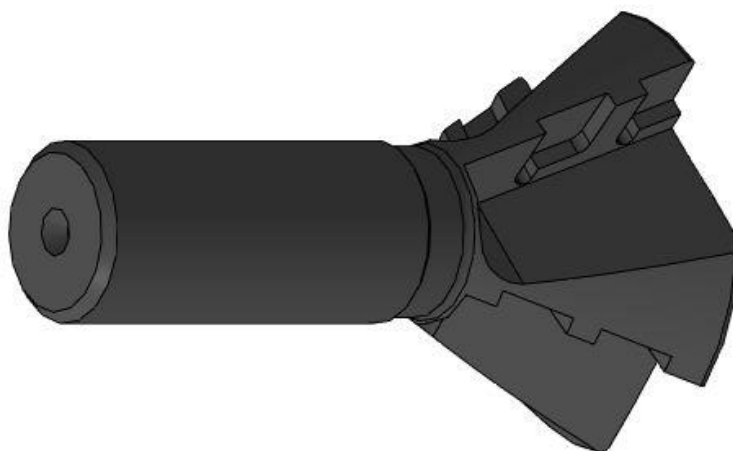


Рисунок 3.5 – Виконані пази під пластини

Для виконання різьбових отворів для кріплення пластини необхідно створити ескіз на поверхні пазу під пластини встановити точку в місце центру отвору та за допомогою операції "різьбовий отвір" виконати його. За допомогою масиву відносно базової точки виконати розмноження цих отворів на кожному пазу інструмента. Готовий результат показано на рисунку 3.6

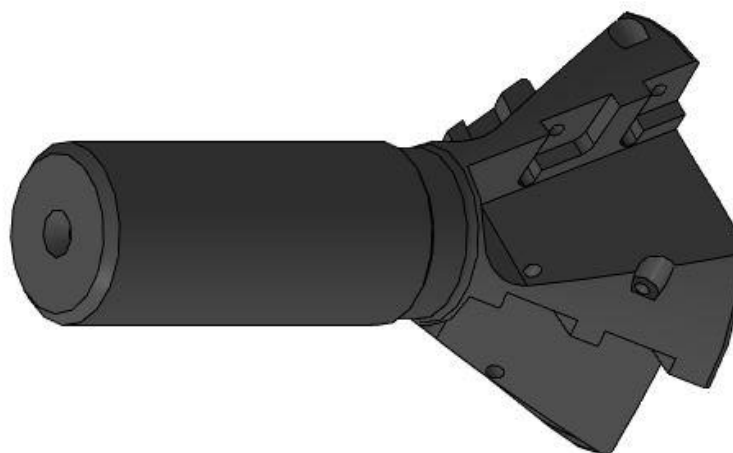


Рисунок 3.6 – Виконання отворів під кріплення пластин

3.3 Аналітичний розрахунок базування пластини в кутовий паз

Для забезпечення точності оброблюваної деталі необхідно розуміти і оцінити похибку інструменту. Так як в нашому випадку різальні елементи – пластини в даній конструкції мають можливість зніматися та є необхідність розрахувати похибку встановлення (базування) пластини в кутовий паз.

Схема базування різальної пластини в кутовий паз зображена на рисунку 3.7. Розрахунок проводився використовуючи методику [6]. Похибку базування визначаю шляхом додавання допусків складових ланок за ймовірнісним методом формула 3.1:

$$\Delta_y = \sqrt{T_m^2 + T_{0,5d}^2 + T_n^2 + T_{0,5d1}^2}, \quad (3.1)$$

де, T_m – допуск на розмір m пластини

$T_{0,5d}$ – допуск на половину діаметра вписаного кола

T_n – допуск на відхилення від співвісності осей отвору і вписаного кола

$T_{0,5d1}$ – допуск на половину діаметра отвору пластини.

Для пластини DCMT11 T3

Вибираємо граничні відхилення на лінійні та кутові розміри пластин по класу допусків M [2]:

- розмір: $m = 4,4$ мм, допуск пластини $T_m = \pm 0,11$ мм;
- діаметр вписаного кола: $d = 9,52$ мм, допуск на діаметр кола $T_d = \pm 0,05$ мм;
- діаметр кріпильного отвору: $d_1 = 3,5$ мм, допуск на діаметр отвору $T_{d1} = \pm 0,10$ мм;
- робоча товщина пластини: $S = 2,38$ мм, допуск на товщину пластини $T_S = \pm 0,13$ мм;
- відхилення від співвісності осей отвору і вписаного кола: $T_n = 0,100$ мм

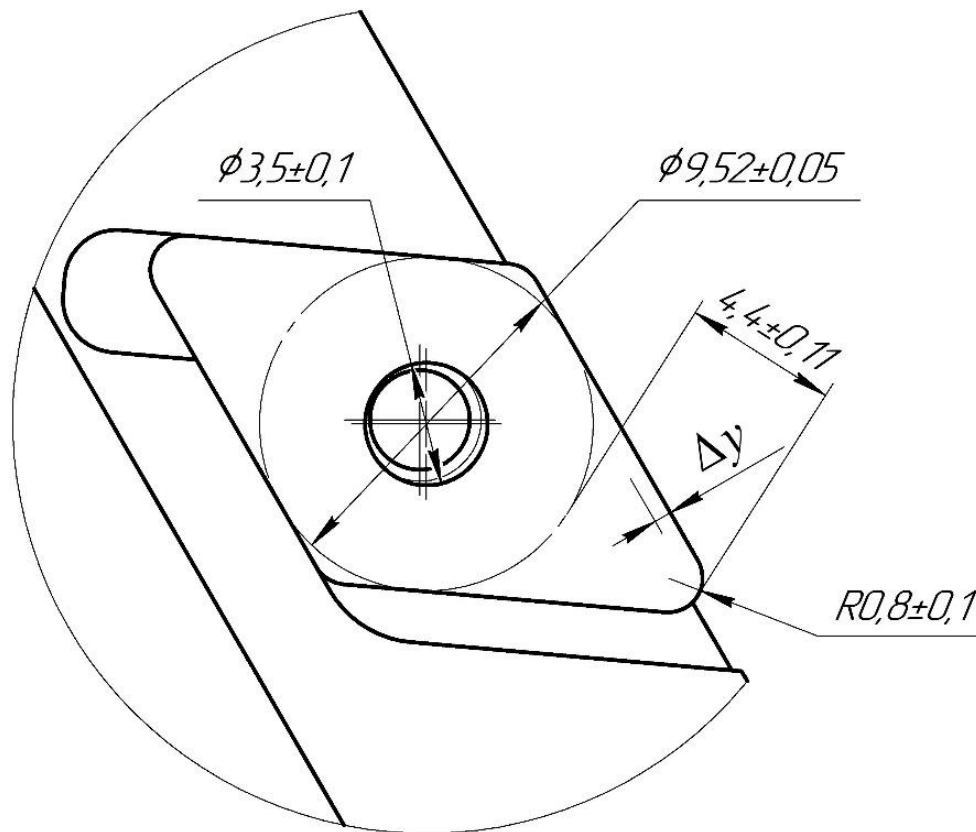


Рисунок 3.7 – Схема розрахунку похибки базування пластини в кутовий паз

За формулою 3.1 визначаємо:

$$\Delta_y = \sqrt{0,11^2 + 0,025^2 + 0,1^2 + 0,05^2} = 0,16 \text{ мм.}$$

Отже похибка базування пластини в кутовий паз становить 0,16 мм.

Так як дана фреза призначена для чорнової обробки доцільно визначити поле допуску оброблюваної деталі, та порівняти його з похибкою базування пластини в кутовий паз.

Щоб визначити мінімальне поле допуску необхідно взяти ширину пазу за мінімально можливим оброблюваним розміром а висоту пазу за максимальним, тоді на вершині буде найменше значення похибки. Для чорнової обробки виконуємо за 10 квалітетом. Схема поля допуску в порівнянні з похибкою базування пластини представлена на рисунку 3.8

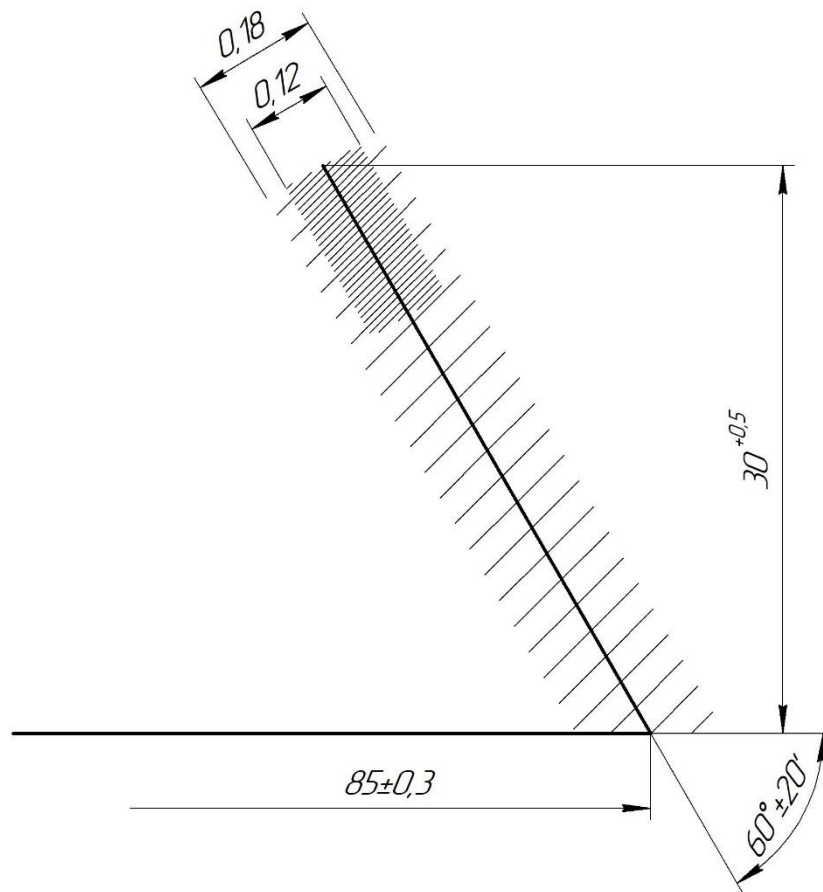


Рисунок 3.8 – Схема поля допуску пазу в порівнянні з похибкою базування

Згідно схеми на рисунку 3.8 видно що поле допуску перевищує похибку базування, таким чином можна зрозуміти що сконструйовану фрезу можна використовувати для чорнового оброблення цього пазу

3.4 Матеріал різальної пластини

Так як оброблюваний матеріал СЧ20, для обробки різанням цього матеріалу доцільно використовувати пластини з твердого сплаву групи ВК (вольфрам – кобальтова). Твердий сплав при обробці чавуну показує гарні показники що до стійкості та продуктивності, витримує тяжкі умови, такі як нерівномірну твердість поверхні чавуну та сильний нагрів під час обробки порівняно з іншими матеріалами.

Серед сплавів групи ВК було розглянуто та порівняно ВК6, ВК8, ВК10. Це порівняння показало [7]:

- Твердість ВК8 вища порівняно з ВК6, це каже про те що ВК8 більш витривалий до зносу.
- ВК8 має більш високу теплостійкість, це дозволяє використовувати його при більш високих температурах, що досить важливо при обробці чавуну.
- ВК8 більш витривалий до корозії.
- В порівнянні з ВК10, ВК8 має більш високій опір до викришування, це дає можливість обробляти матеріали при високих навантаженнях.
- ВК8 більш витривалий до агресивних середовищ.

Розглянувши це порівняння обираємо матеріалом різальної пластини твердий сплав ВК8, він складається з таких елементів [4]:

W (вольфрам)	- 91,7%
Co (кобальт)	- 7,4-8%
C (вуглець)	- 0,6-0,66%
Fe (залізо)	- До 0,3%

Цей метал має такі механічні властивості [4]:

Тимчасовий опір розриву	- 200 МПа
Твердість	- 88 HRC
Межа міцності	- 1666 МПа
В'язкість	- 35 кДж/кг ²
Теплопровідність	- 50,2 Вт/м×К

3.5 Матеріал корпусу фрези

В якості матеріалів для корпусу фрези зазвичай використовують сталь 45 або сталь 40Х

Так як сталь 40X має більшу твердість що є необхідним параметром для корпусу інструменту, зносостійкість, більш стабільний при термообробці було обрано для корпусу фрези саме сталь 40X [7]

Цей матеріал є кращім варіантом для використання в корпусних деталях різального інструменту. Матеріал має такий склад[4]:

Fe	– 97 %
Si	– 0,17–0,37%
Mn	– 0,5–0,8%
Cu	– 0,3%
Ni	– 0,3%
S	– 0,035%
C	– 0,36–0,44%
P	– 0,035%
Cr	– 0,8–1,1%

Матеріал 40X має такі механічні властивості[4]:

Твердість	– 217 МПа
Межа текучості	– 785 МПа
Ударна в'язкість	– 590 кДЖ/м ²
Межа короточасної міцності	– 980 МПа
Модуль пружності	– 2,14 МПа
Густина	– 7820 кг/м ³
Термічна обробка	– загартування $\geq 860^{\circ}\text{C}$, відпуск 500°C

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТЕВЛЕННЯ ФРЕЗИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЕЛЕМЕНТІВ З'ЄДНАННЯ ТИПУ «ХВІСТ ЛАСТІВКИ»

4.1 Технологічний процес виготовлення інструменту

Технологічний процес є невід'ємною частиною виробничого процесу та має вирішальне значення досягнення бажаного результату.

Технологічний процес дає такі можливості [8]:

- Забезпечення якості виробу.
- Можливість оптимізувати технологічний процес.
- Дозволяє спростити управління виробництва.

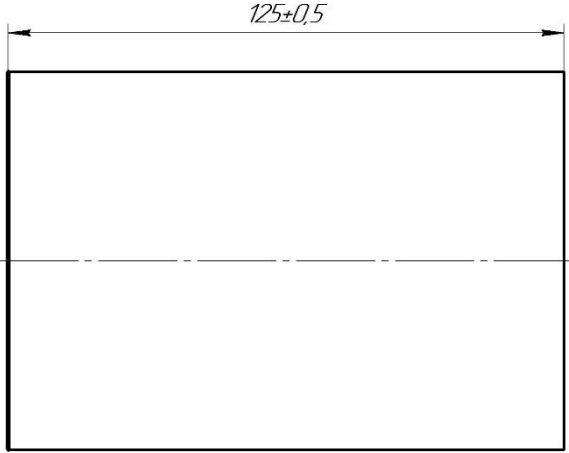
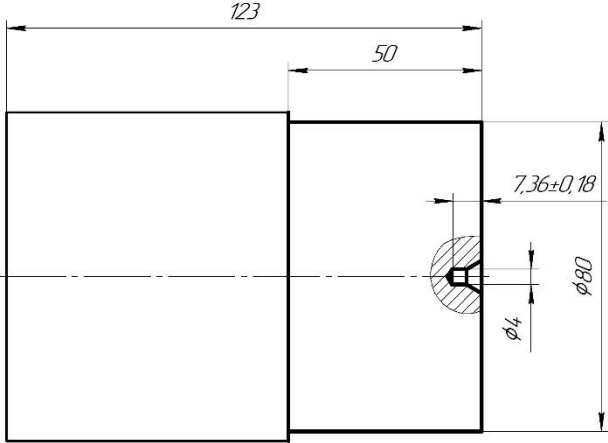
Для того щоб виготовити працездатний інструмент необхідно забезпечити його правильну послідовність обробки.

Для виготовлення фрези необхідно виконати операції такі як: заготівельна, токарна з ЧПК, багатоцільова, термічна, фрезерна з ЧПК та круглошліфувальна.

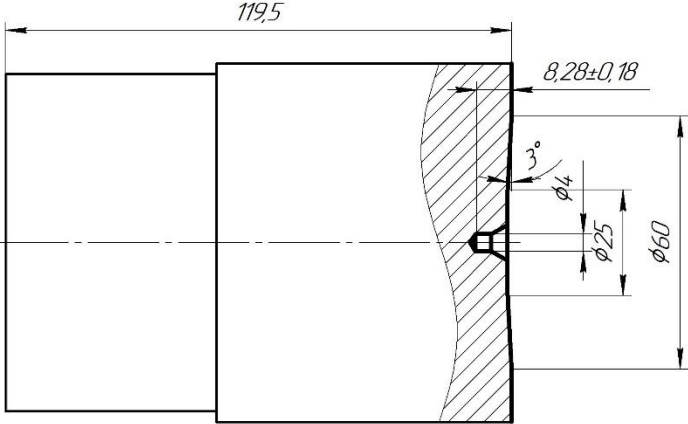
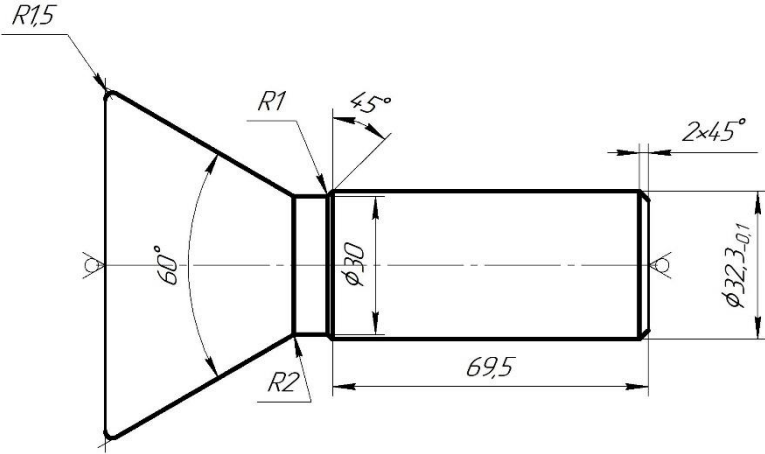
Маршрутна та операційна карта представлена у додатках А.1 та А.2

Послідовність технологічного процесу представлений у таблиці 4.1

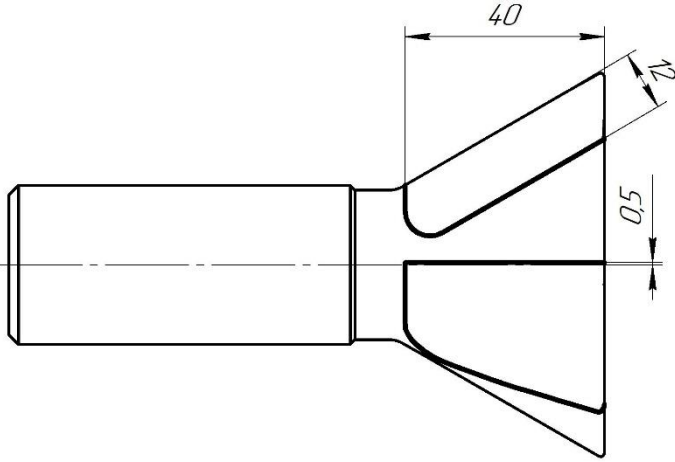
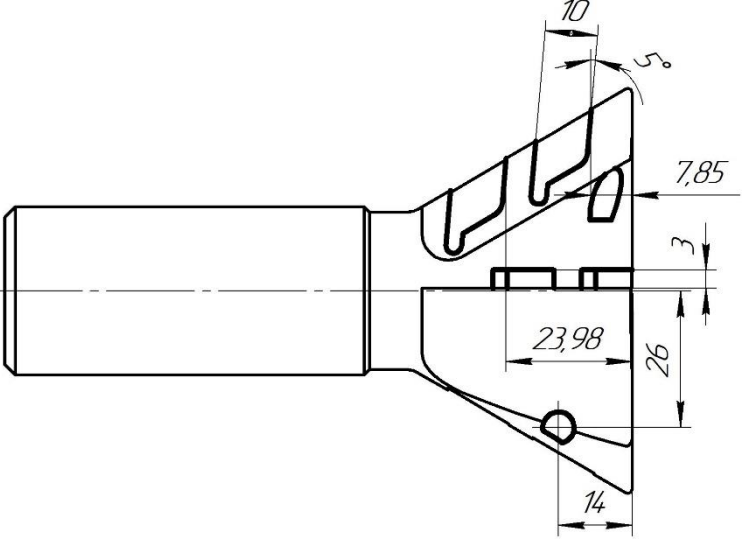
Таблиця 4.1 – Технологічний процес виготовлення фрези для обробки з'єднань типу «хвіст ластівки»

Назва та номер операції	Опис операції	Операційний ескіз	Верстат	Пристосування
005 Заготівельна	Відрізання заготовки		JET HVBS-712K	Лещата
010 Токарна з ЧПК	Перехід 1. Підрізка торцю, центрування точіння зовнішньої циліндричної поверхні		Haas ST-10	Патрон

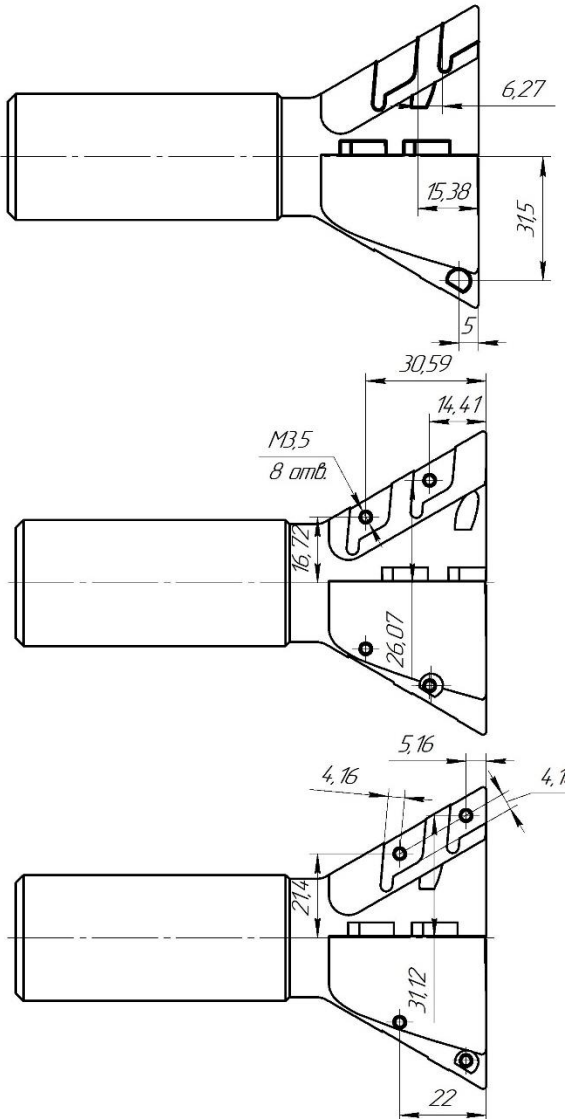
Продовження таблиці 4.1

Назва та номер операції	Опис операції	Операційний ескіз	Верстат	Пристосування
010 Токарна з ЧПК	Перехід 2. Підрізка торцю, центрування точіння зовнішньої циліндричної поверхні		Haas ST-10	Патрон
015 Токарна з ЧПК	Точіння хвостовика, конусу та канавки		Haas ST-10	Центра

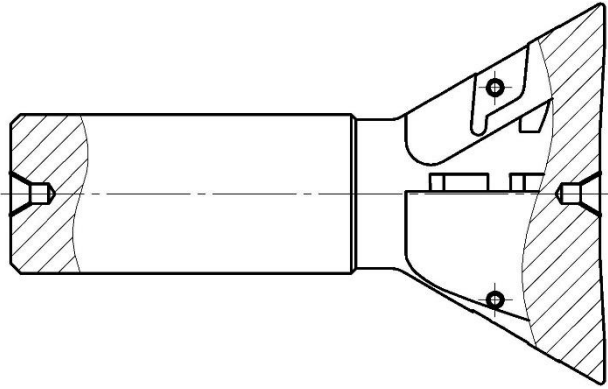
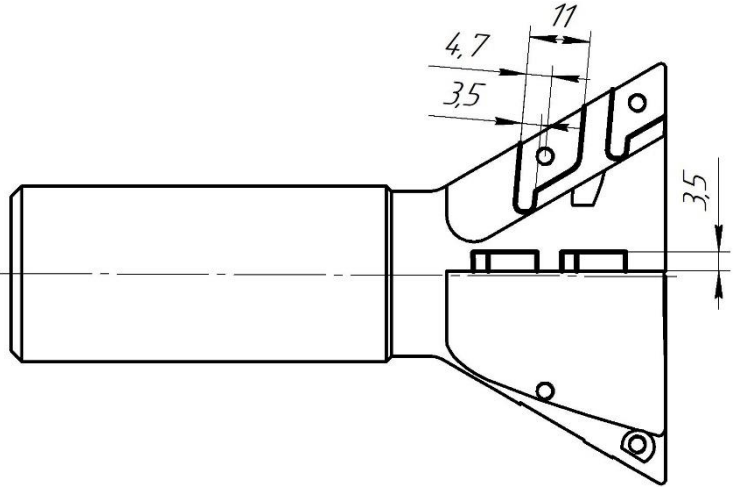
Продовження таблиці 4.1

020 Багатоцільова	Фрезерування стружкових каналок.		Haas VF-1	Ділильна головка
020 Багатоцільова	Попереднє фрезерування пазу під пластину		Haas VF-1	Ділильна головка

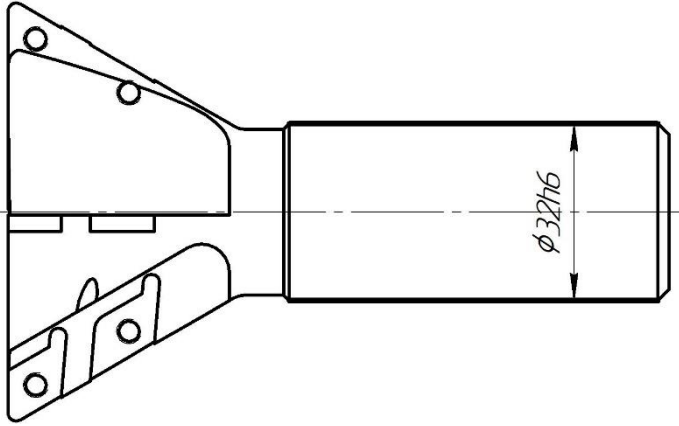
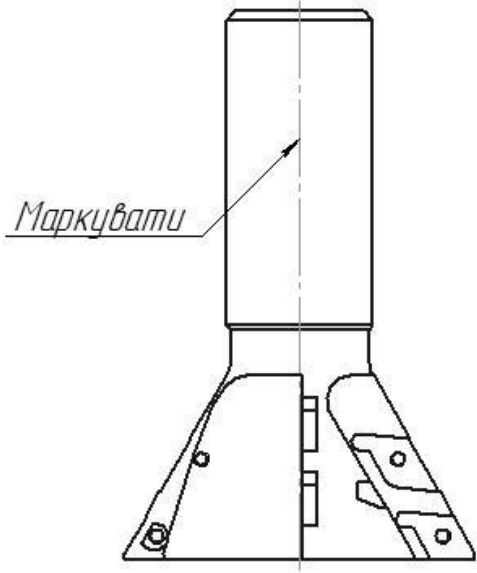
Продовження таблиці 4.1

020 Багатоцільова	Фрезерування площадки для виходу свердла; 4. Свердління отворів; 5. Нарізання різі	 The technical drawing shows three views of a multi-purpose tool head. The top view shows a cylindrical body with a conical head. Dimensions include a top diameter of 6.27, a distance of 15.38 from the centerline to the top edge, a total height of 31.5, and a base diameter of 5. The middle view shows a side profile with a conical head. Dimensions include a top diameter of 30.59, a distance of 14.41 from the centerline to the top edge, a distance of 16.72 from the centerline to the base, and a distance of 26.07 from the centerline to the bottom edge. The bottom view shows a top-down view of the tool head. Dimensions include a top diameter of 5.16, a distance of 4.16 from the centerline to the top edge, a distance of 4.1 from the centerline to the bottom edge, a distance of 21.4 from the centerline to the base, a distance of 31.12 from the centerline to the bottom edge, and a distance of 22 from the centerline to the bottom edge. The drawing also indicates 8 holes (8 отв.) and a thread of M3.5.	Haas VF-1	Ділильна головка
------------------------------	---	---	------------------	-----------------------------

Продовження таблиці 4.1

025 Термічна	Термообробка (гартування, відпуск)	—	Термічний агрегат	
030 Слюсарна	Поновлення центрових отворів		JET JDP-8L	Шліфувальна головка
035 Вертикально фрезерна з ЧПК	Остаточне фрезерування пазів під пластини		Haas VF-1	Ділильна головка

Продовження таблиці 4.1

040 Круглошліфувальна	Шліфування хвостовика		ШУ321М	Центри
045 Маркувальна	Маркування		ММ 51 D-Hydro	Призми

4.2 Розрахунок припусків

Механічна обробка хвостової поверхні фрези складається з таких операцій та переходів для отримання бажаної точності та якості поверхні [8]:

- точіння чорнове (12 квалітет);
- точіння чистове (10 квалітет);
- Попереднє (чорнове) шліфування (8 квалітет)
- шліфування (6 квалітет).

Граничні відхилення діаметра прокату сталевого гарячекатаного круглого зі сталі 40Х за рекомендацією ГОСТ 2590 для діаметра 85 мм та високої точності прокату становлять $\begin{smallmatrix} +0,3 \\ -1,1 \end{smallmatrix}$, відповідно допуск на виготовлення заготовки IT = 250 мкм.

Глибина знеуглецьованого шару на сторону для діаметрів прокату до 95 мм за табл. [8] складає:

$$h = 200 \text{ мкм.}$$

Шорсткість поверхні прутка за табл. 1 [8, с. 180] складає:

$$Rz = 160.$$

$$\Delta_K = L \cdot k_3; \quad (4.1)$$

Приймаємо кривизну заготовки після правки рівну $k_3 = 0,5 \text{ мкм/мм}$. Тоді для прийнятої загальної довжини заготовки $L = 125 \text{ мм}$ (з урахування орієнтовного припуску на обробку торців 5 мм)

Відхилення Δ_K визначаємо за формулою 4.1 :

$$\Delta_K = 125 \cdot 0,5 = 62,5 \text{ мкм}$$

Величина зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування $\Delta_{\text{ц}}$:

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{IT_d^2 + 1}, \quad (4.2)$$

де, IT_d – величина допуску на розмір бази заготовки, яка використовується при центруванні, мм.

За ГОСТ 2590 допуск на діаметр 85 мм заготовки сортового прокату зі сталі 40Х становить 1,4 мм. Тоді зміщення осі в результаті похибки центрування при допуску $IT_d = 1,4$ мм на діаметр 85 мм буде за формулою 4.2:

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{1,4^2 + 1} = 0,43 \text{ мм} = 430 \text{ мкм.}$$

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{\text{к}}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2}, \quad (4.3)$$

Сумарне значення просторових відхилень поверхні визначаємо за формулою 4.3:

$$\Delta = \sqrt{62,5^2 + 430^2} = 435 \text{ мкм.}$$

Похибка установки $\varepsilon = 0$, тому що механічного оброблення зовнішньої поверхні не відбувається.

Точіння чорнове (12 квалітет)

Якість поверхні при чорновому точінні за табл. 5 [8, с. 181] складає:

$$Rz = 63, h = 60 \text{ мкм.}$$

Сумарне відхилення розташування після чорнового точіння можна визначити за наближеною формулою (38) [8, с. 189]:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_{\text{заг}}, \quad (4.4)$$

де, K_y – коефіцієнт уточнення

$\Delta_{\text{заг}}$ – величина сумарного просторового відхилення поверхні заготовки

Величина сумарного просторового відхилення поверхні заготовки розрахована вище і складає $\Delta_{\text{заг}} = 435$ мкм.

Для чорнового точіння за табл. 29 [8, с. 190] коефіцієнт уточнення у $K_y = 0,06$.

Тоді за формулою 4.4:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_{\text{заг}} = 435 \cdot 0,06 = 26,1$$

Приймаємо $\Delta = 26$ мкм.

Оскільки оброблення відбувається в центрах, похибка установки по діаметру $\varepsilon = 0$ мкм

Точіння чистове (10 квалітет)

Якість поверхні при чистовому точінні за табл. 5 [8, с. 181] складає:

$$R_z = 32 h = 30 \text{ мкм.}$$

Аналогічно чорновому розточуванню визначаємо сумарне відхилення розташування за формулою (21.22). Проте для чистового точіння за табл. 29 [8, с. 190] коефіцієнт уточнення складає вже $K_y = 0,04$

Отже за формулою 4.4:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_{\text{заг}} = 435 \cdot 0,04 = 17,4 \text{ мкм.}$$

Приймаємо $\Delta = 17$ мкм.

Проте наявність наступної термообробки (гартування) в процесі виготовлення призводить до додаткових просторових відхилень, які можуть бути розраховані за формулою, наведеною в [9, с. 26]:

$$\Delta_2 = 0,001 \cdot n \cdot L / (0,1d + 0,3), \quad (4.5)$$

де, n – коефіцієнт, який залежить від виду термообробки: $n = 1$ – для об'ємного гартування; $n = 0,5$ – при гартуванні струмами високої частоти

L – довжина заготовки, мм,

d – діаметр заготовки, мм.

Для наших даних $L = 125$ мм, $d = 85$, та $n = 1$ матимемо:

Похибка установки при закріпленні в патроні за табл. 13 [8, с. 42] для діапазону зовнішніх діаметрів деталі 80-120 мм в радіальному напрямку складає $\varepsilon = 450$ мкм. (беремо як для прутка гарячекатаного підвищеної точності). Знаходимо за формулою 4.5:

$$\Delta_2 = 0,001 \cdot 1 \cdot \frac{125}{0,1 \cdot 85 + 0,3} = 0,0142 \text{ мм} = 14,2 \text{ мкм.}$$

Сумарне відхилення:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_1^2}, \quad (4.6)$$

Згідно формули 4.6 отримуємо:

$$\Delta = \sqrt{14,2^2 + 17^2} = 22,15 \text{ мкм.}$$

Оскільки оброблення відбувається в центрах, похибка установки по діаметру $\varepsilon = 0 \text{ мкм}$

Чорнове шліфування (8 квалітет)

Якість поверхні при шліфуванні за табл. 5 [8, с. 181] складає:

$$Rz = 10, h = 20 \text{ мкм}$$

Чистове шліфування (6 квалітет)

Якість поверхні при шліфуванні за табл. 5 [8, с. 181] складає:

$$Rz = 3,2, h = 6 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{чорн min}} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (4.7)$$

$$2Z_{\text{чист min}} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (4.8)$$

$$2Z_{\text{чорн шліф min}} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (4.9)$$

$$2Z_{\text{чист шліф min}} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (4.10)$$

Виходячи за формулами 4.7, 4.8, 4.9 та 4.10 отримуємо:

$$2Z_{\text{чорн min}} = 2 \left(160 + 200 + \sqrt{435^2 + 0^2} \right) = 1590 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{\text{чист min}} = 2 \left(63 + 60 + \sqrt{26^2 + 0^2} \right) = 298 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\text{чорн шліф min}} = 2 \left(3 + 30 + \sqrt{17^2 + 0^2} \right) = 100 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{\text{чист шліф min}} = 2 \left(10 + 20 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right) = 60 \text{ мкм.}$$

Таблиця 4.2 Таблиця припусків на точіння

Технологічні операції та переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{i,min}$, мкм	Розрахунковий розмір мм, d_{min} (D_{max})	Допуск на виготовлення IT_d (IT_D) мкм	Прийняті (округлені) розміри для переходу, мм		Отримані граничні значення припусків, мкм	
	Rz_i	h_i	Δ_i	ε_i				d_{max_i} (D_{max_i})	d_{min_i} (D_{min_i})	$2z_{max_i}$	$2z_{min_i}$
Заготовка	63	60	26	0	-	34,029	250	34,25	34	-	-
Точіння:											
- чорнове	63	60	26	0	1590	32,439	250	32,75	32,5	1750	1250
- чистове	32	30	17	0	298	32,141	100	32,2	32,1	650	300
Шліфування											
- чорнове	10	20	-	0	100	32,041	39	32,08	32,041	159	20
- чистове	3,2	6	-	0	60	31,984	16	32	31,984	96	41
										2250	2016

Перевірка правильності розрахунків.

Виконаємо перевірку правильності виконаних розрахунків.

$$\sum 2z_{max_i} - \sum 2z_{min_i}, \quad (4.11)$$

$$IT_{заг} - IT_{дет}. \quad (4.12)$$

За формулами 4.11 та 4.12 отримуємо:

$$\sum 2z_{max_i} - \sum 2z_{min_i} = 2250 - 2016 = 234 \text{ мкм};$$

$$IT_{заг} - IT_{дет} = 250 - 16 = 234.$$

Оскільки отримані різниці значень співпадають, розрахунки зроблено правильно. За ГОСТ 2590 приймаємо номінальний діаметр на останній прохід чорнової обробки 34 мм. Будуємо схему припусків рисунок 4.1:

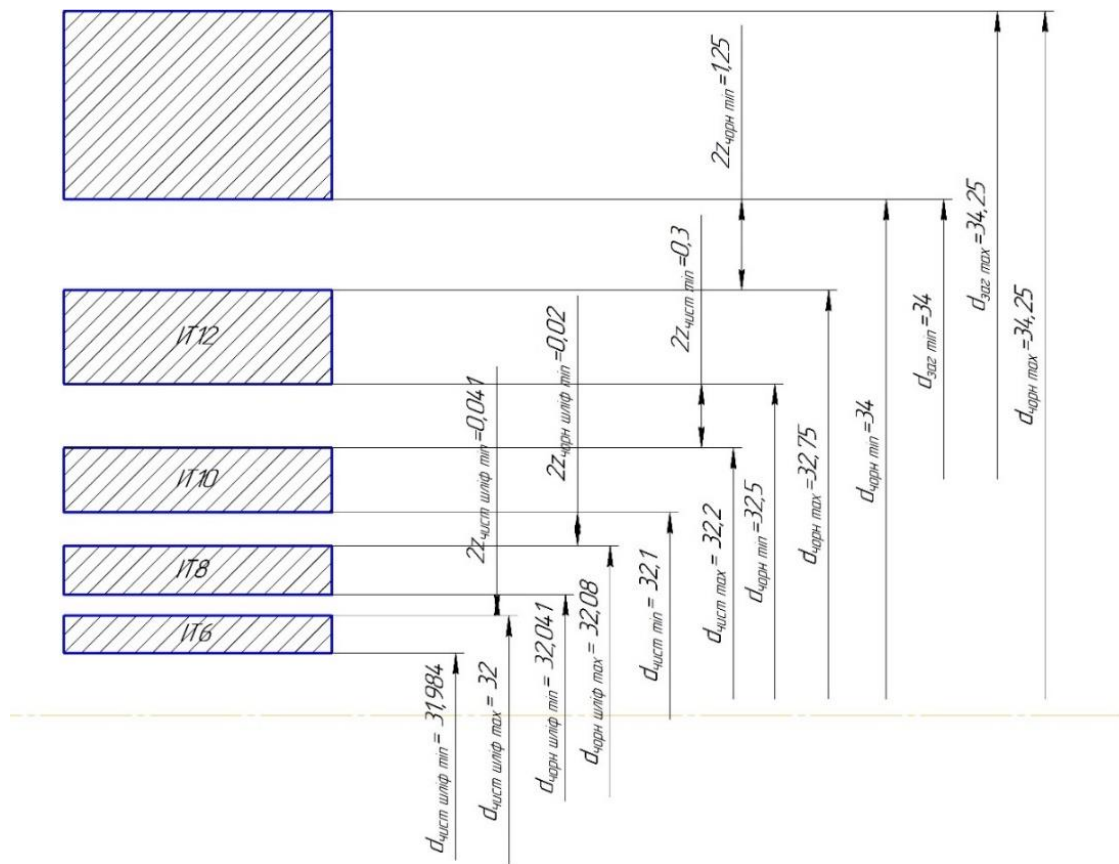


Рисунок 4.1 – Схема припусків на обробку хвостовика

4.3 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання проводимо для чорнового та чистового точіння хвостової поверхні інструменту. Так як оброблення буде проводитись сучасним інструментом, а саме різцями зі змінними пластинами виробника "TaeguTec"[2], тому для призначення режимів різання користуємося рекомендацією виробника. Даний виробник вказує мінімальні та максимальні режими різання для кожної пластини. Для того щоб забезпечити продуктивність та стійкість інструменту приймаємо режими наближені до максимальних за рекомендацією. Схему обробки зображено на рисунку 4.2:

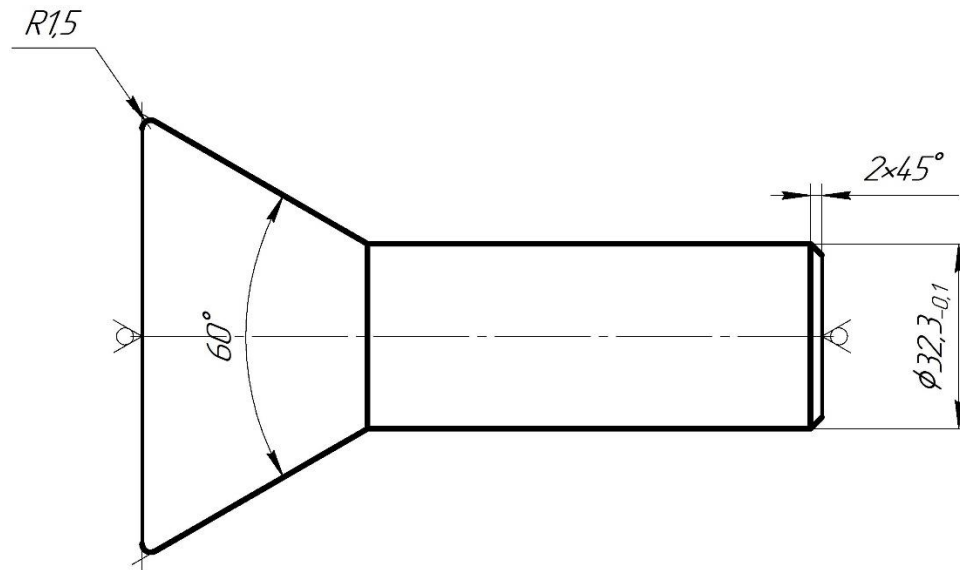


Рисунок 4.2 – Схема обробки хвостової поверхні

Для чорнового оброблення хвостової поверхні приймаємо державку різця – PCLNR та пластину – CNMG 120408 ET з покриттям пластини – TT5100 виробника "TaeguTec"[2] ця пластина позиціонується як пластина для чорнового оброблення поверхні.

Для цієї пластини виробник рекомендує такі режими різання.

$t - 1,5 \div 7,0 \text{ мм}$

$S - 0,2 \div 0,6 \text{ мм/об}$

$V - 110 \div 190 \text{ м/хв}$

Для продуктивності обробки приймаємо значення близькі до максимальних:

$t - 2 \text{ мм}$

$S - 0,5 \text{ мм/об}$

$V - 150 \text{ м/хв}$

Для чистового оброблення хвостової поверхні приймаємо державку різця – PCLNR та пластину – CNMG 120404 FA з покриттям пластини – TT5100 виробника "TaeguTec"[2] ця пластина позиціонується як пластина для чистового оброблення поверхні.

Для цієї пластини виробник рекомендує такі режими різання.

$t - 0,2 \div 2,0 \text{ мм}$

$S - 0,05 \div 0,2 \text{ мм/об}$

$V - 110 \div 190 \text{ м/хв}$

Для продуктивності обробки приймаємо значення близькі до максимальних:

$t - 0,5 \text{ мм}$

$S - 0,15 \text{ мм/об}$

$V - 180 \text{ м/хв}$

Для даного процесу обробки виконано проект в програмі FeatureCAM та визначено час оброблення показано на рисунку 4.3

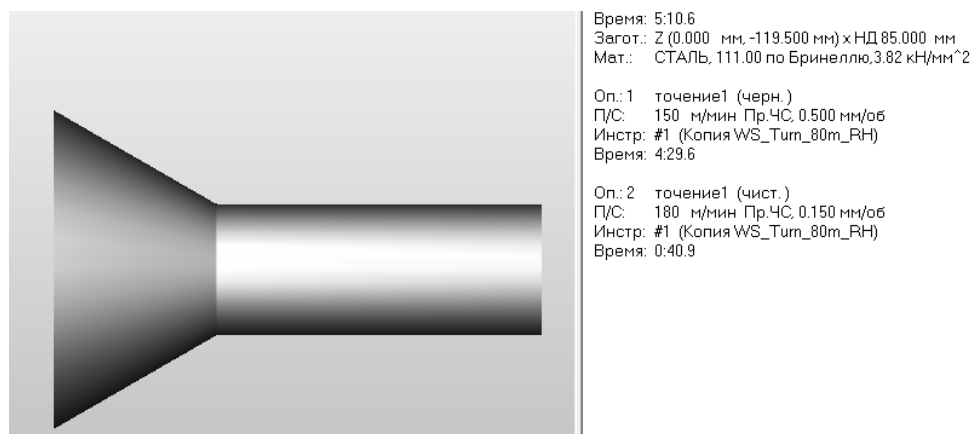


Рисунок 4.3 – Обробка хвостової поверхні

Звідси бачимо що:

Час чорнового оброблення – 4 хв 29 сек

Час чистового оброблення – 40 сек

Загальний час оброблення – 5 хв 10сек

4.4 Створення управляючої програми на виготовлення фрези.

Для виготовлення проектованої фрези для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки" необхідно створити управляючу програму. Вона буде створюватися для операцій які виконуються на верстатах з ЧПК, для цього з таблиці 4.1, визначаємо ці операції, їх послідовність операційні розміри.

Управляючу програму створюємо у програмі "Autodesk Fusion 360" [10]. Створення програми починається з вказання розмірів заготовки та для наочності вибору пристосування. Заготовка закріплена в трьохкулачкоавому патроні показано на рисунку 4.4

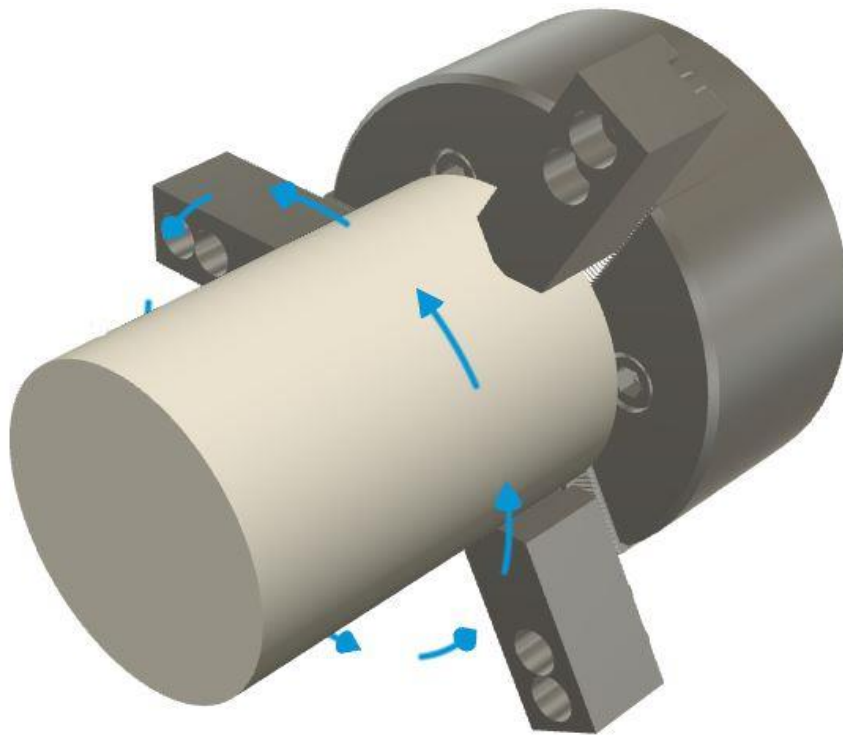


Рисунок 4.4 – Заготовка встановлена в самоцентрівний трьохкулачковий патрон

Наступним етапом обробки згідно технології виготовлення корпусу фрези таблиця 4.1 є операція 010 (токарна обробка) вона складається з двох установів. Показно на рисунку 4.5 та 4.6

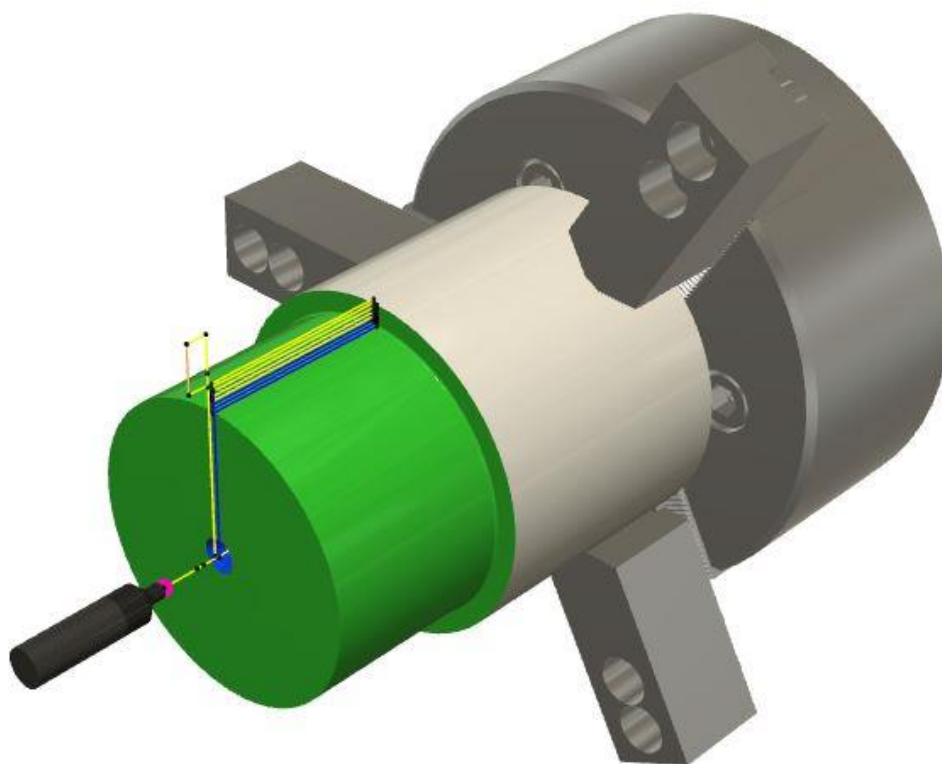


Рисунок 4.5 – Оброблювані поверхні на операції 010
установ 1

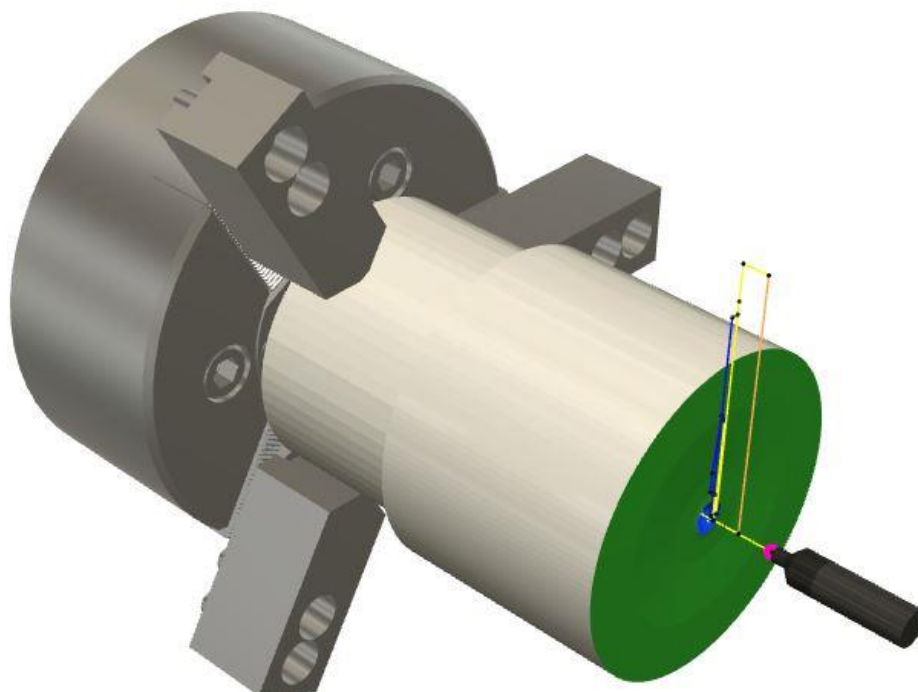


Рисунок 4.6 – Оброблювані поверхні на операції 010
установ 2

Наступним етапом виготовлення деталі згідно технології таблиця 4.1, є точіння зовнішньої поверхні, ця операція виконується при закріпленні у центрах показано на рисунку 4.7

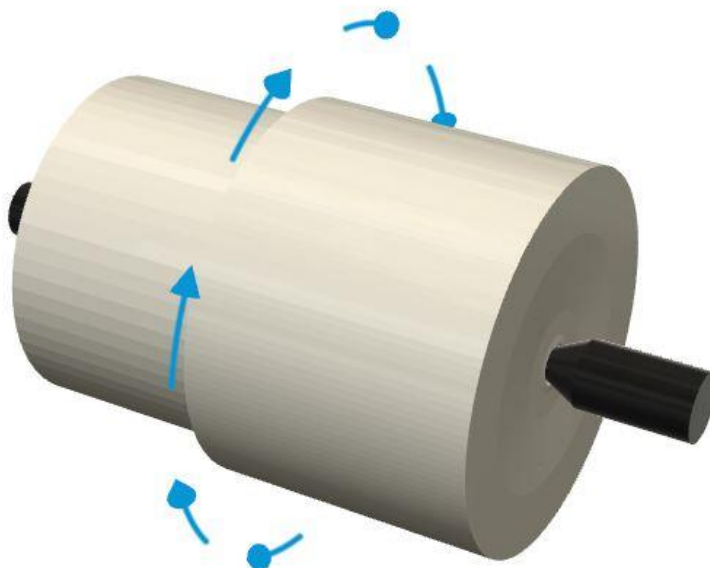


Рисунок 4.7 –Заготовка закріплена в центрах

Наступною є операція 015 на ній виконується точіння зовнішнього контуру фрези показано на рисунку 4.8

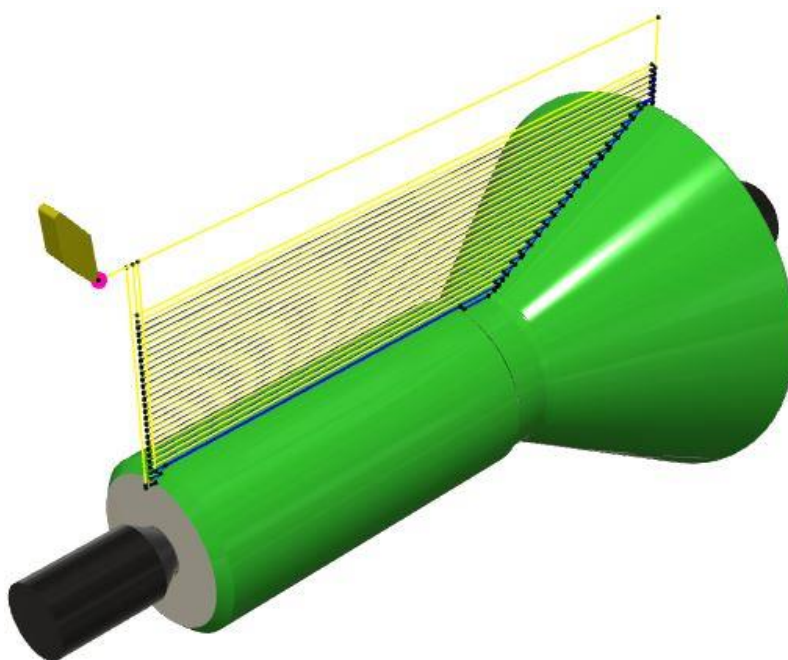


Рисунок 4.8 – Оброблення зовнішнього контуру фрези

Наступний установ відбувається в ділильній головці згідно технологічного процесу таблиця 4.1

Встановлення заготовки в ділильній головці показано на рисунку 4.9

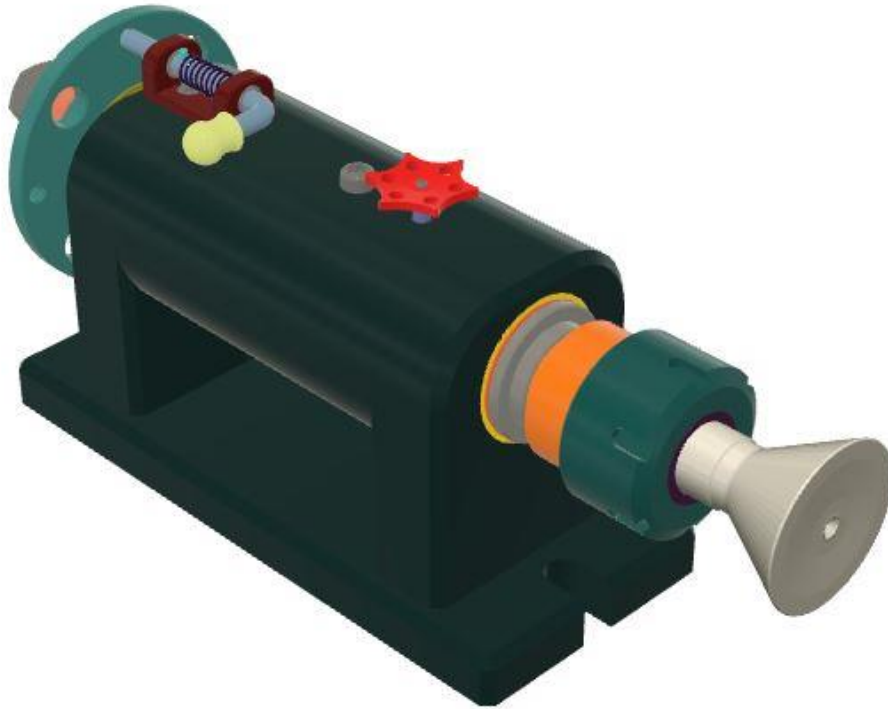


Рисунок 4.9 –Заготовка закріплена в ділильній головці

Наступним етапом є багатоцільова обробка на ній виконується обробка стружкових канавок (рис. 4.10), пазів під різальні елементи – пластини (рис. 4.11), свердління отворів, та нарізання різьби(рис. 4.12).

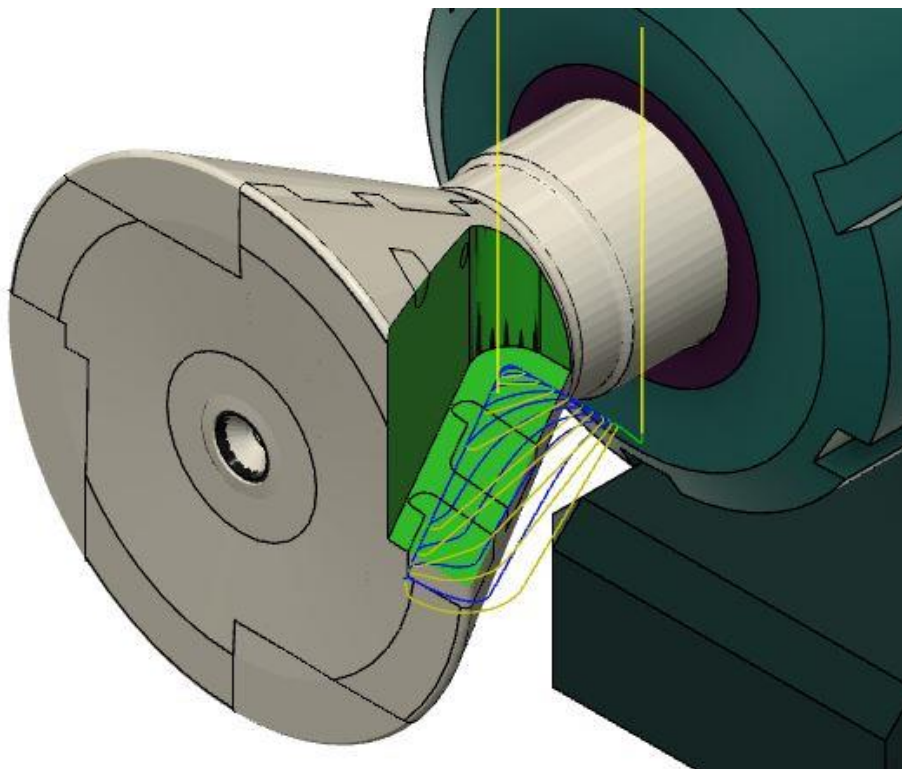


Рисунок 4.10 –Фрезерування стружкових канавок

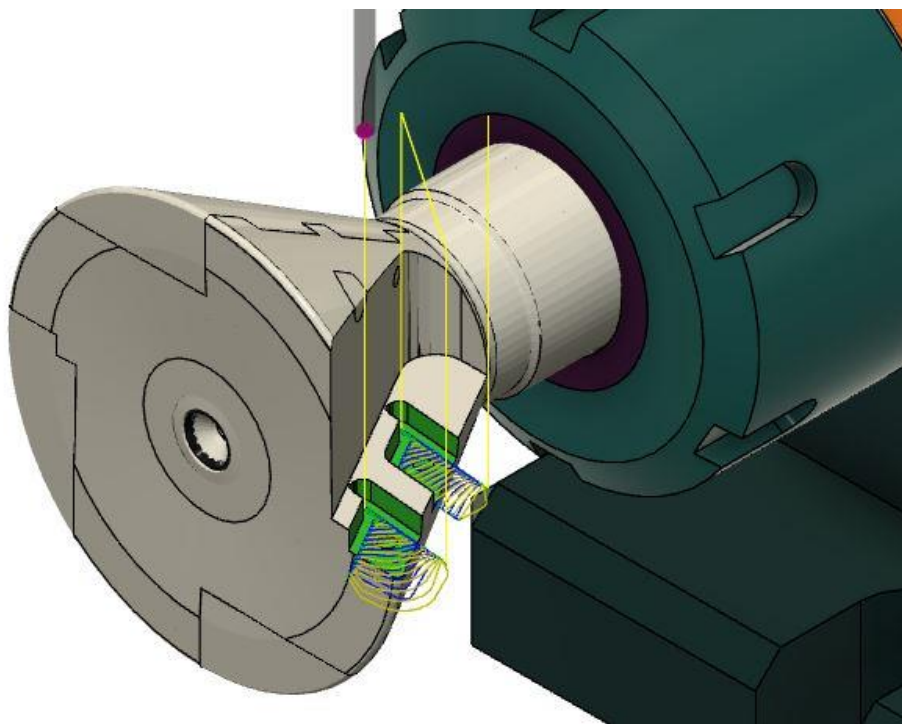


Рисунок 4.11 –Фрезерування пазів під різальні
елементи

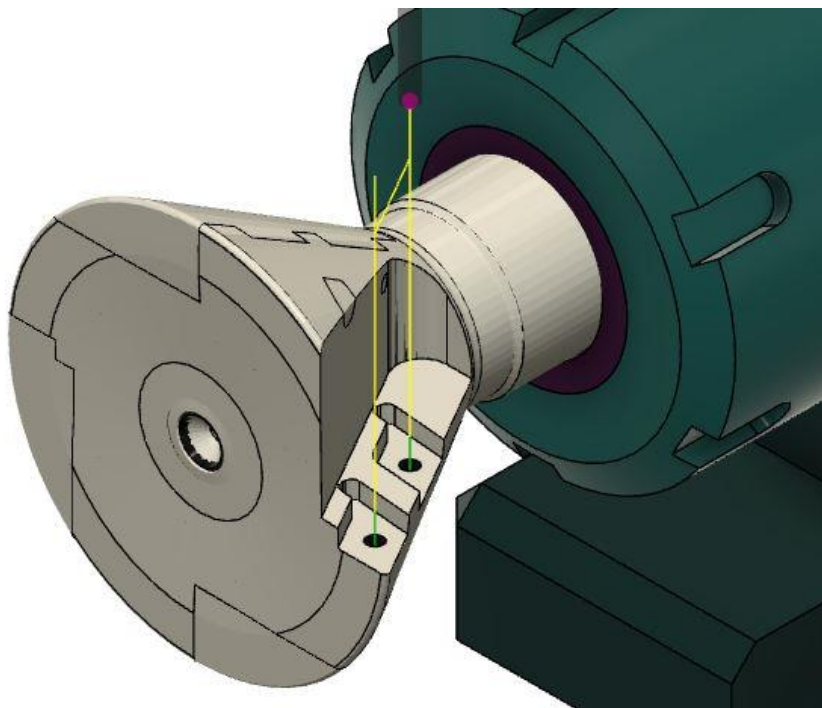


Рисунок 4.12 –Виготовлення різьбових отворів

Для інших зубів фрези обробка проходить аналогічно.

Вигляд готового інструменту після лезової обробки показано на
рисунку 4.13

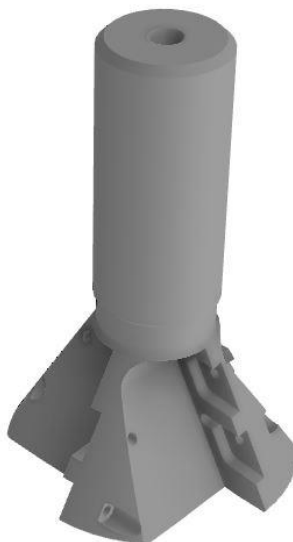


Рисунок 4.13 –Вигляд готового інструменту

Готова управляюча програма представлена у додатках А.3

5. РОЗРОБКА ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ

5.1 Конструювання ділильної головки

Для виготовлення стружкових канавок необхідно було сконструювати ділильну головку. Вона складається з таких основних елементів як: шпиндель, корпус, ділильний диск, підшипники ковзання.

Шпиндель встановлений у двох підшипниках ковзання як показано на рисунку 5.1.

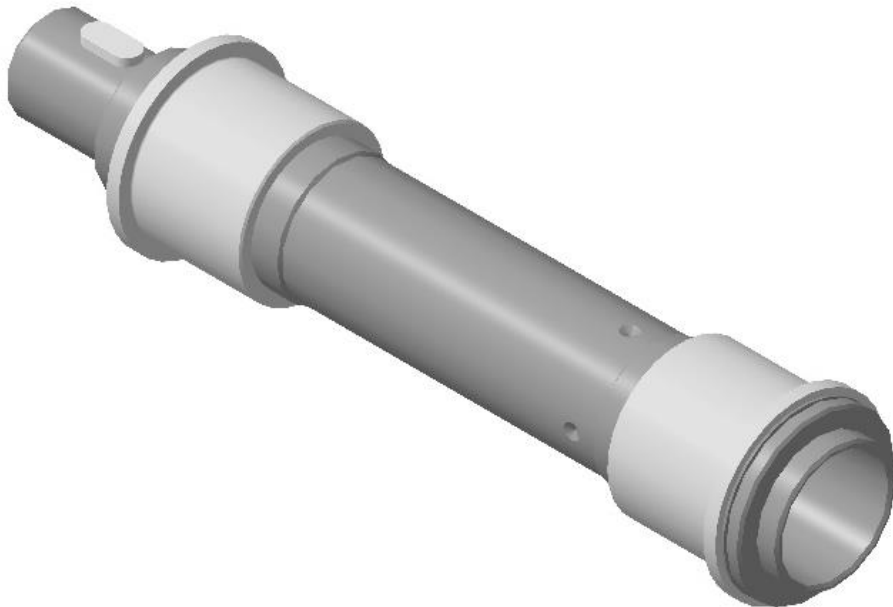


Рисунок 5.1 – Шпиндель з підшипниками

Шпиндель з підшипниками встановлено в корпусі та закріплений за допомогою гайки показано на рисунку 5.2. Підшипник запресовано в корпус а шпиндель повинен обертатись за рахунок посадки з зазором.



Рисунок 5.2 – Корпус зі встановленим шпинделем

На корпусі встановлені напрямі для встановлення на стіл верстату
рисунок 5.3



Рисунок 5.3 – Встановлений ділительний диск

На шпиндель на шпонці встановлено ділильний диск та закріплений гайкою рисунок 5.4

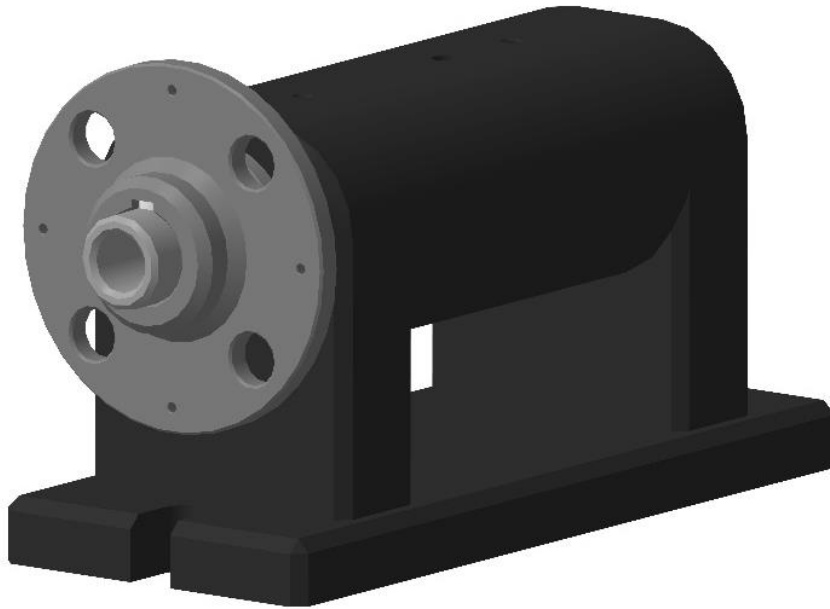


Рисунок 5.4 – Встановлений ділильний диск

Для ділення повороту необхідно встановити стопор ділильного диску він складається з таких елементів: корпус, напрямні втулки, стержень, штифт, пружина, та ручка показано на рисунку 5.5

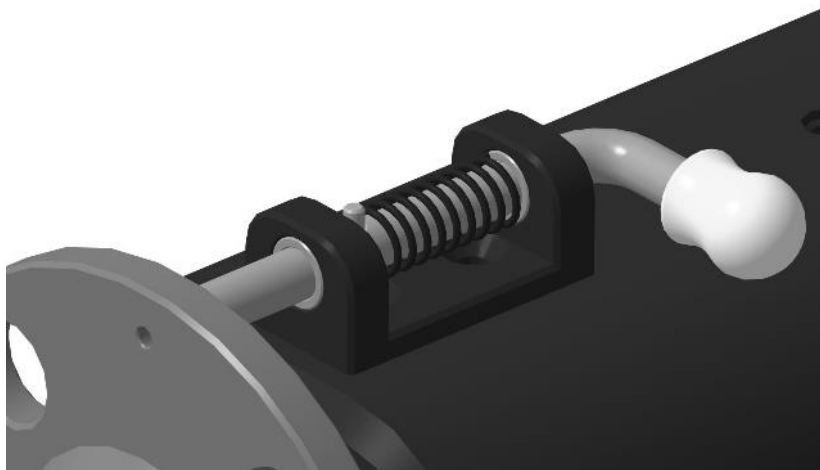


Рисунок 5.5 – Стопор ділильного диску

Для більш надійного закріплення шпинделя встановлений стопор
рисунок 5.6

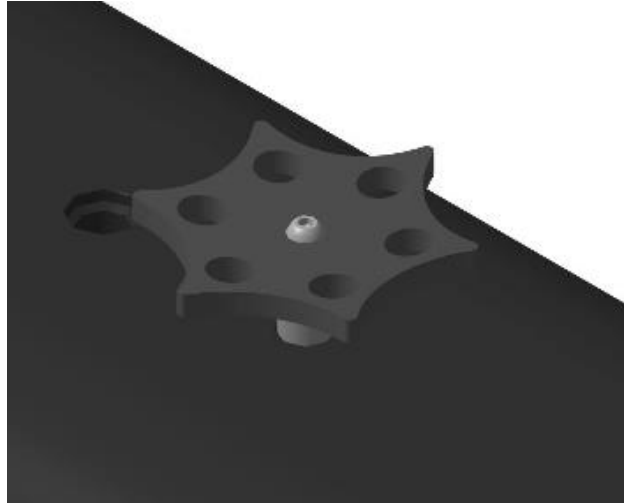


Рисунок 5.6 – Стопор шпинделя

Для закріплення інструмент в ділильний головці встановлено цанговий патрон що складається з патрону з конусом Морзе 5, цанги ER50 та затискної гайки, для надійного кріплення патрону в ділильній головці наскрізь шпинделя проходить шпилька яка одним кінцем закручена в цанговий патрон, а іншим притягнута гайками в задній торець шпинделя дана конструкція представлена на рисунку 5.7

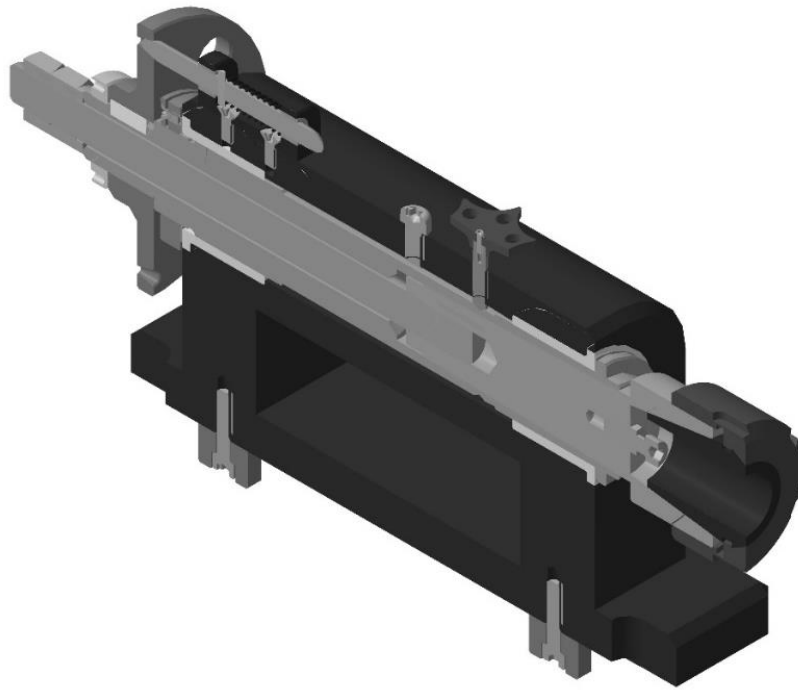


Рисунок 5.7 – Встановлений цанговий патрон

Приклад встановлення фрези для оброблення елементів з'єднання типу «хвіст ластівки» показано на рисунку 5.8

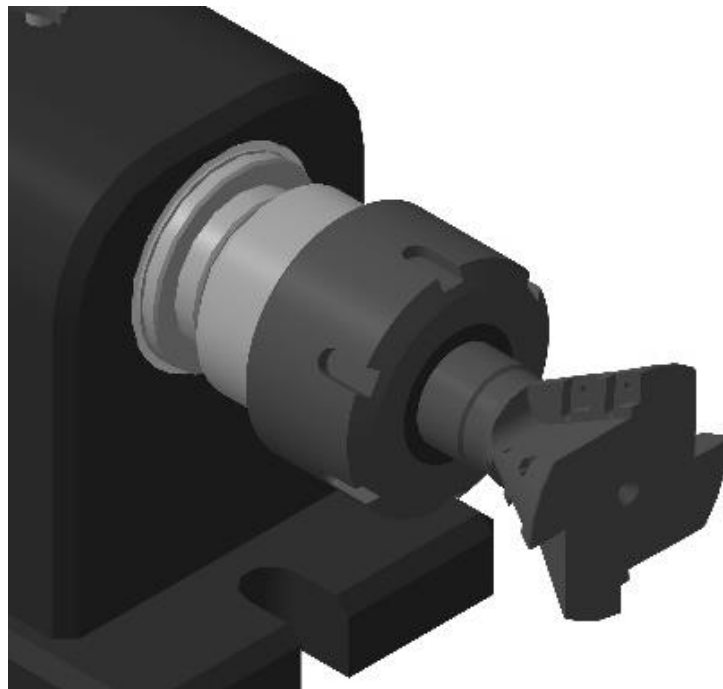


Рисунок 5.8 – Встановлення оброблюваного інструменту

Ділильна головка повинна забезпечити точність повороту $\pm 30''$, осьове биття шпинделя не більше 0,012 мм, радіальне биття до 0,016 мм, паралельність осі шпинделя відносно опорної поверхні не більше 0,016 мм.

5.2 Схема базування інструменту при обробці зубів

Базування інструменту проводиться в цанговому патроні, по циліндричній частині фрези та має упор по торцевій частині хвостовика. Схема базування показана на рисунку 5.9

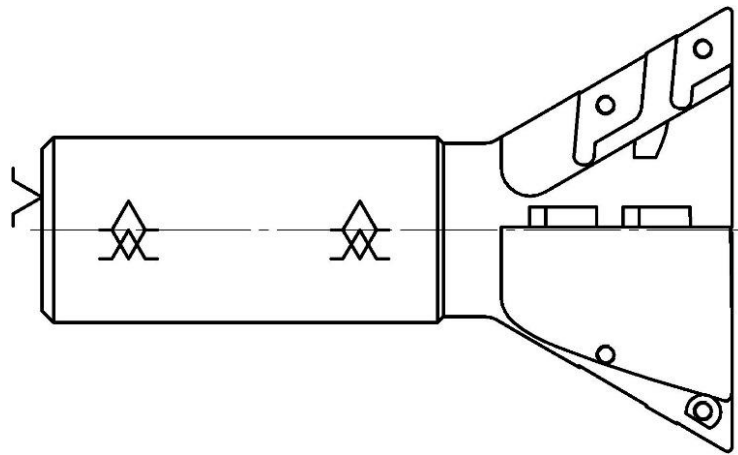


Рисунок 5.9 – Схема базування

Дана схема базування забезпечує високу надійність та точність кріплення, а упор дозволяє швидко змінювати різальний інструмент в цьому патроні.

Оскільки в пристосуванні в якості затискного пристрою використовується самоцентрівний пристрій, а саме цанговий патрон, то для всіх розмірів в радіальному напрямку похибка базування буде дорівнювати нулю. Оскільки упор в пристосуванні стоїть зі сторони хвостовика то з'являється похибка базування в осьовому напрямку вона буде залежати від граничних розмірів загальної довжини корпусу фрези, і фактично похибка базування буде дорівнювати допуску на цей розмір загальної довжин тобто $\pm 0,05$ мм

5.3 Розрахунок сили затиску цангового патрону

Розрахунки проводились за методикою описаною в [11]

Кожний пелюсток цанги це однобокий клин.

Зусилля при затиску визначається за формулою:

$$W = W_1 + W_2, \quad (5.1)$$

де, W_1 – зусилля затиску яке необхідне для попередження зміщення деталі в цангі

W_1 – зусилля необхідна для вигинання всіх пелюстків

$$W_1 = \frac{k \times P_{\text{под}}}{n \times f_1}, \quad (5.2)$$

де, k – коефіцієнт запасу

$P_{\text{под}}$ – сила подачі

n – кількість пелюстків

f_1 – коефіцієнт тертя між заготовкою та цангою

$$W_2 = n \times F \times \tan \varphi_1, \quad (5.3)$$

де, F – сила для вигинання пелюстка цанги

φ_1 – кут цанги

Виконуємо розрахунок згідно формул 5.1, 5.2 та 5.3:

$$W_1 = \frac{1,8 \times 2000}{8 \times 0,35} = 1285 \text{ Н}$$

$$W_2 = 8 \times 80 \times \tan 15^\circ = 171 \text{ Н}$$

$$W = 1285 + 171 = 1456 \text{ Н}$$

Звідси маємо що для того щоб інструмент не змістився в цанговому патроні під час його необхідно затягнути з крутним моментом 1456 Н.

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті було розглянуто конструкції готових рішень різального інструмент, розглянуто способи виготовлення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки". На основі цього було розроблено та сконструйовано фрезу для обробки елементів з'єднання типу "хвіст ластівки".

Розроблено технологічний процес виготовлення даної фрези. Також було пораховано припуски обробки на деякі операції та обрано інструмент. Було виконано проєкт в програмному застосунку " Autodesk Fusion 360" по створенню фрези, було отримано управляючу програму для виготовлення інструменту на верстаті з програмним управлінням. Розраховано похибку базування пластини в кутовий паз та порівняно її з полем допуску деталі яку маємо отримати.

Для виготовлення фрези необхідний був ділильний пристрій (ділильна головка) яка була спроектована та сконструйована. Були розраховані сили затиску цангового патрону.

В результаті розробки інструменти було досягнуто

- Отримано інструмент для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки" зі змінними твердосплавними різальними елементами – пластинами.
- Можливість швидко відновлювати різальні можливості інструменту.
- Відсутність необхідності переналагоджувати верстат після відновлення різальних можливостей фрези.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації) - О. У. Захаркін.
URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/24374>
2. TaeguTec [Електронний ресурс]
URL: <https://taegutec.com.ua/category/produkcija/metallorezhushhij-instrument/>
3. Kennametal [Електронний ресурс]
URL: <https://catalogs.kennametal.com/BookshelfView/>
4. splav-kharkov [Електронний ресурс]
URL: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=458
5. Autodesk [Електронний ресурс]
URL: <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2022/ENU/>
6. Проектування та технологічне забезпечення інструментальних систем інженерного дизайну [Електронний ресурс] : Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей / В. І. Солодкий, Ю. І. Адаменко, В. В. Вовк, Н. В. Мініцька : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 225 с.
URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33069>
7. Афанасьєва О. В. Матеріалознавство та конструкційні матеріали. Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2016. – 190 с.
URL: <https://openarchive.nure.ua/items/c5a109b2-5c47-427d-9374-c3d8baf27f83>
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с.
URL: <http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Kosilova P1 1986 656.pdf>

9. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении, Радкевич Я.М., Тимирязев В.А., Схиртладзе А.Г., Островский М.С., 2007
URL: <https://obuchalka.org/20220315142128/raschet-priuskov-i-mejperehodnih-razmerov-v-mashinostroenii-radkevich-ya-m-timiryazev-v-a-shirtladze-a-g-ostrovskii-m-s-2007.html>
10. Autodesk Fusion 360 [Электронный ресурс]
URL: <https://www.autodesk.com/support/technical/product/fusion-360>
11. Технологічне оснащення конспект лекції [Электронный ресурс]
URL: <https://tgm.nmu.org.ua/ua/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%A2%D0%9E.pdf>

ДОДАТКИ

Додаток А.1 – Маршрутна карта

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Додаток А.2 – Операційна карта

[illegible]

Додаток А.3 – Управляюча програма

O1001	G01 Z-52.8	G96 S200 M03	M21	M21
G00 G40 G80	F#100	#100=1.	G54	G54
G21	X90.083	(CUTTING)	M14	M15
	X92.083 Z-51.8	Z-2.9	G28 H0.	G99 G18
N1(FACE1)	G00 Z-1.4	X15.2	M20	G50 S4500
Z0.	X85.283	Z-3.817	G98 G18	T0101
M21	G01 Z-52.8	G01 Z-4.417	T0202	M08
G54	X87.683	F#100	M08	G97 S578 M03
M15	X89.683 Z-51.8	X26.47	G97 S5000 M63	G00 Z5.
G99 G18	G00 Z-1.4	X61.431 Z-3.501	M21	X110.083
G50 S4500	X82.883	Z-3.5	G00 C-125.694	G96 S200 M03
T0101	G01 Z-52.8	X59.431 Z-2.5	M20	#100=1.
M08	X85.283	G00 X0.	G00 Z15.	(CUTTING)
G97 S530 M03	X87.283 Z-51.8	Z5.	X0.089	Z-1.4
G00 Z5.	G00 Z-1.4	G97 S4500 M03	G80	X87.683
X120.083	X80.642		G00 Z5.	G01 Z-122.913
G96 S200 M03	G01 Z-52.8	(FACE1 2)	G83 Z-9.698 R-2.	F#100
#100=1.	X82.883	G00 Z5.	F333.33 M20	X90.083
(CUTTING)	X84.883 Z-51.8	X146.381	G80	X92.083 Z-
#103=1.	G00 Z-1.4	G96 S200 M03	G00 Z15.	121.913
(ENTRY)	X78.4	#100=1.		G00 Z-1.4
#104=1. (EXIT)	G01 Z-52.8	(CUTTING)	(DRILL1 2)	X85.283
Z-0.586	X80.642	#103=1.	M21	G01 Z-122.913
X100.083	X82.642 Z-51.8	(ENTRY)	G00 C125.694	X87.683
G01 X92.912	G00 X94.083	#104=1. (EXIT)	M20	X89.683 Z-
F#103	Z5.	Z-2.086	G01 X0.089 Z15.	121.913
X90.083 Z-2.	G97 S677 M03	X126.381	F10150.	G00 Z-1.4
X-1.6 F#100	M09	G01 X119.209	G00 Z5.	X82.883
X1.228 Z-0.586	Z0.	F#103	G83 Z-12.115 R-	G01 Z-122.913
F#104	M01	X116.381 Z-3.5	4.417 F333.33	X85.283
G00 X120.083		X1.6 F#100	M20	X87.283 Z-
Z5.	N2(PROFILE	X4.428 Z-2.086	G80	121.913
G97 S530 M03	ROUGHING4)	F#104	G00 Z15.	G00 Z-1.4
	G00	G00 X146.381	M65	X80.483
(PROFILE	M21	Z5.	M21	G01 Z-122.913
ROUGHING7)	G54	G97 S435 M03	M09	X82.883
G00 Z5.	G99 G18	M09	Z0.	X84.883 Z-
X94.083	G50 S4500	Z0.	M01	121.913
G96 S200 M03	T0303	M01		G00 Z-1.4
#100=1.	M08		N4(PROFILE	X78.083
(CUTTING)	G97 S4500 M03	N3(DRILL1)	ROUGHING6)	G01 Z-122.913
Z-1.4	G00 Z5.	G00	G00	X80.483
X87.683	X0.	M05	M65	

X82.483 Z- 121.913 G00 Z-1.4 X75.683 G01 Z-119.573 X76.928 Z- 120.65 G03 X76.17 Z- 122.802 R1.7 G01 X75.905 Z- 122.913 X78.083 X80.083 Z- 121.913 G00 Z-1.4 X73.283 G01 Z-117.494 X75.683 Z- 119.573 X77.683 Z- 118.573 G00 Z-1.4 X70.883 G01 Z-115.416 X73.283 Z- 117.494 X75.283 Z- 116.494 G00 Z-1.4 X68.483 G01 Z-113.338 X70.883 Z- 115.416 X72.883 Z- 114.416 G00 Z-1.4 X66.083 G01 Z-111.26 X68.483 Z- 113.338 X70.483 Z- 112.338 G00 Z-1.4 X63.683 G01 Z-109.187	X65.497 Z- 110.753 X66.083 Z- 111.26 X68.083 Z- 110.26 G00 Z-1.4 X61.283 G01 Z-107.107 X63.364 Z- 108.911 X63.683 Z- 109.187 X65.683 Z- 108.187 G00 Z-1.4 X58.883 G01 Z-105.026 X58.885 Z- 105.028 X58.886 Z- 105.029 X61.283 Z- 107.107 X63.283 Z- 106.107 G00 Z-1.4 X56.483 G01 Z-102.949 X58.883 Z- 105.026 X60.883 Z- 104.026 G00 Z-1.4 X54.083 G01 Z-100.872 X56.483 Z- 102.949 X58.483 Z- 101.949 G00 Z-1.4 X51.683 G01 Z-98.795 X54.083 Z- 100.872	X56.083 Z- 99.872 G00 Z-1.4 X49.283 G01 Z-96.717 X51.683 Z- 98.795 X53.683 Z- 97.795 G00 Z-1.4 X46.883 G01 Z-94.64 X49.283 Z- 96.717 X51.283 Z- 95.717 G00 Z-1.4 X44.483 G01 Z-92.563 X46.883 Z-94.64 X48.883 Z-93.64 G00 Z-1.4 X42.083 G01 Z-90.485 X44.483 Z- 92.563 X46.483 Z- 91.563 G00 Z-1.4 X39.683 G01 Z-88.408 X42.083 Z- 90.485 X44.083 Z- 89.485 G00 Z-1.4 X37.283 G01 Z-86.328 X39.18 Z-87.972 X39.683 Z- 88.408 X41.683 Z- 87.408 G00 Z-1.4 X34.883 G01 Z-84.246	X37.283 Z- 86.328 X39.283 Z- 85.328 G00 Z-1.4 X32.483 G01 Z-82.16 X33.606 Z- 83.139 X34.883 Z- 84.246 X36.883 Z- 83.246 G00 Z-1.4 X30.193 G01 Z-3.379 X32.289 Z-4.427 Z-72.173 X30.289 Z- 73.173 Z-79.429 G02 X31.118 Z- 80.977 R3.094 G01 X31.119 X32.129 Z- 81.851 X32.483 Z-82.16 X34.483 Z-81.16 G00 Z-1.4 X27.903 G01 Z-2.234 X30.193 Z-3.379 X32.193 Z-2.379 G00 X110.083 Z5. G97 S578 M03 (PROFILE FINISHING1) G00 Z5. X110.083 G96 S200 M03 #100=1. (CUTTING) #103=1. (ENTRY)	#105=1. (DIRECT) Z-0.234 X28.731 G01 X27.62 F#105 Z-2.234 F#103 X32.089 Z-4.469 F#100 Z-72.131 X30.089 Z- 73.131 Z-79.429 G02 X30.944 Z- 81.027 R3.194 G01 X30.946 X31.955 Z- 81.901 X33.433 Z- 83.189 X39.006 Z- 88.022 X58.712 Z- 105.078 X63.191 Z- 108.961 X65.324 Z- 110.803 X76.754 Z-120.7 G03 X76.04 Z- 122.726 R1.599 G01 X75.594 Z- 122.913 X80.606 F#105 G00 X110.083 Z5. G97 S578 M03 M09 Z0. M01 N5(2D ADAPTIVE1 7) G00 M05 M21
--	---	--	---	--

G54	X47.451	X50.673 C26.64	X58.148	X87.037
M14	C32.328 Z-	X50.973	C27.426	C34.169
G28 H0.	45.461	C26.647	X58.511	X92.512
G98 G18	X47.405	X51.272	C27.487	C35.564
T0404	C32.237 Z-	C26.657	X58.892	X103.457
M08	45.507	X51.571 C26.67	C27.553	C38.361
G97 S5000 M63	X47.355	X51.87 C26.685	X59.294	X116.908 C41.8
G00 Z15.	C32.141 Z-45.54	X52.167	C27.624	X117.392
X80.943	X47.304	C26.703	X59.718 C27.7	C41.885
C0.	C32.042 Z-	X52.465	X60.169	X117.894
G12.1	45.561	C26.722	C27.783	C41.935
#100=1000.	X47.253	X52.762	X60.648	X118.405
(CUTTING)	C31.941 Z-	C26.744	C27.874	C41.951
#103=1000.	45.568	X53.058	X61.16 C27.973	X118.916
(ENTRY)	G03 X46.	C26.768	X61.71 C28.081	C41.931
#104=1000.	C27.586	X53.354	X62.305	X119.416
(EXIT)	R20.424	C26.794	C28.201	C41.877
#105=1000.	G01 C27.097	X53.648	X62.951	X119.897
(DIRECT)	F#100	C26.821	C28.334	C41.789
G01 X47.65	X46.004	X53.943 C26.85	X63.66 C28.483	X120.349
C32.716 F1500.	C27.058	X54.236	X64.444	C41.669
Z5.	X46.27 C26.989	C26.881	C28.651	X120.765
Z-43.968	X46.544	X54.529	X65.321	C41.519
Z-44.768 F#103	C26.928	C26.913	C28.843	X121.135
X47.646	X46.824	X54.822	X66.319	C41.342
C32.709 Z-	C26.874	C26.947	C29.066	X122.408
44.872	X47.109	X55.113	X67.474	C40.539
X47.636	C26.827	C26.982	C29.329	X123.162
C32.689 Z-	X47.398	X55.404	X68.848	C39.587
44.975	C26.787	C27.019	C29.648	X123.73
X47.619	X47.69 C26.752	X55.694	X70.544	C38.603
C32.657 Z-	X47.984	C27.057	C30.049	X124.155
45.074	C26.722	X55.984	X72.389	C37.601
X47.596	X48.28 C26.697	C27.096	C30.493	X124.474
C32.612 Z-	X48.577	X56.273	X74.229	C36.589
45.168	C26.676	C27.136	C30.944	X124.711
X47.568	X48.875 C26.66	X56.561	X76.065	C35.572
C32.556 Z-	X49.174	C27.178	C31.398	X124.888
45.255	C26.648	X56.853	X77.898	C34.551
X47.533	X49.474 C26.64	C27.221	C31.856	X125.02
C32.489 Z-	X49.773	X57.156	X79.728	C33.529
45.333	C26.635	C27.267	C32.316	X125.118
X47.494	X50.073	X57.472	X81.557	C32.506
C32.413 Z-	C26.633	C27.316	C32.778	X125.189
45.402	X50.373	X57.803	X83.384 C33.24	C32.362
	C26.635	C27.369		

X125.368	X46.185	X52.274	X59.731	X69.258
C32.245	C25.981	C24.529	C24.721	C26.186
X125.628	X46.381	X52.572	X60.025 C24.75	X69.942
C32.173	C25.867	C24.511	X60.319	C26.322
X125.922	X46.588	X52.87 C24.495	C24.781	X70.656
C32.159	C25.759	X53.169	X60.612	C26.466
X126.204	X46.806	C24.481	C24.813	X71.439
C32.205	C25.655	X53.468 C24.47	X60.905	C26.628
X127.172	X47.034	X53.768	C24.846	X72.295
C32.811 Z-	C25.558	C24.462	X61.197 C24.88	C26.809
45.444 F#104	X47.269	X54.068	X61.497	X73.232 C27.01
X127.771	C25.465	C24.457	C24.917	X74.281
C33.187 Z-	X47.513	X54.368	X61.804	C27.241
45.368 F#105	C25.377	C24.453	C24.955	X75.468
X130.134	X47.763	X54.667	X62.116	C27.507
C34.665	C25.294	C24.452	C24.995	X76.83 C27.818
G03 X131.114	X48.019	X54.967	X62.442	X78.452
C36.584 R2.5	C25.216	C24.453	C25.039	C28.195
G01 X130.313	X48.281	X55.267	X62.783	X80.303
C38.983	C25.143	C24.456	C25.085	C28.634
X128.993	X48.547	X55.567	X63.129	X82.147 C29.08
C40.663	C25.074	C24.462	C25.134	X83.987 C29.53
X127.225	X48.818	X55.867	X63.485	X85.823
C41.915	C25.009	C24.469	C25.186	C29.984
X124.689	X49.093	X56.166	X63.859	X87.657
C43.061	C24.949	C24.478	C25.241	C30.441
X121.479	X49.371	X56.465 C24.49	X64.253	X89.488 C30.9
C43.93	C24.893	X56.764	C25.301	X91.318
X118.882	X49.652 C24.84	C24.503	X64.652	C31.361
C44.261	X49.936	X57.063	C25.364	X93.146
X116.213	C24.792	C24.517	X65.067	C31.823
C44.428	X50.222	X57.361	C25.431	X96.799 C32.75
X112.382	C24.747	C24.534	X65.506	X102.276
C44.188	X50.511	X57.659	C25.503	C34.145
X109.988	C24.706	C24.552	X65.972	X108.661
C43.746	X50.801	X57.956	C25.582	C35.775
X47.745	C24.669	C24.572	X66.45 C25.664	X109.145
C28.457	X51.093	X58.253	X66.946	C35.86
G03 X47.024	C24.634	C24.593	C25.752	X109.647
C28.208 R1.583	X51.387	X58.55 C24.616	X67.477	C35.91
X46. C27.097 Z-	C24.603	X58.846 C24.64	C25.848	X110.158
45.444 R1.583	X51.682	X59.141	X68.049	C35.925
G01 C26.138 Z-	C24.576	C24.665	C25.954	X110.669
45.568 F#100	X51.977	X59.437	X68.631	C35.906
X46.004 C26.1	C24.551	C24.692	C26.065	X111.169
				C35.851

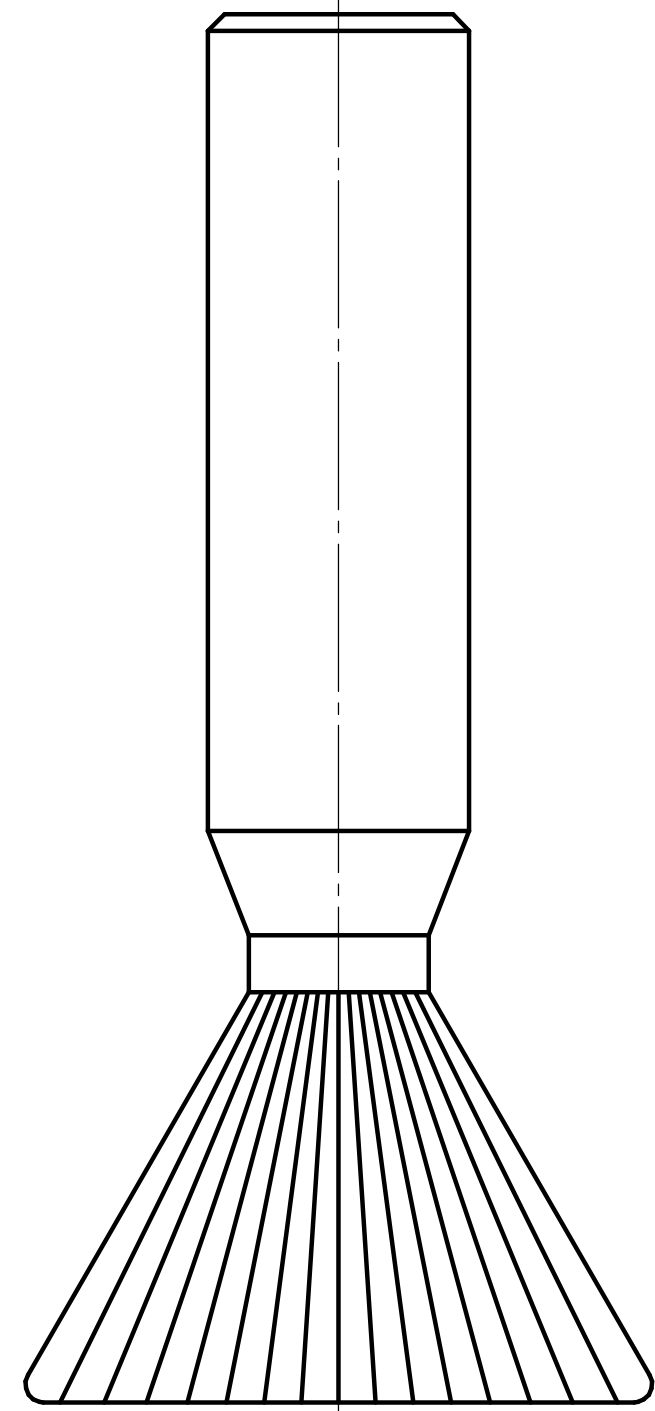
X111.65	X120.932	X48.431	X90.859	G01 X106.158
C35.763	C31.017	C23.304	C27.698	C33.864
X112.102	X121.62	X49.133	X92.695	X102.328
C35.643	C31.033	C23.068	C28.152	C33.855
X113.763	X122.289	X49.947 C22.84	X94.528	X98.019
C35.043	C31.113	X50.886	C28.609	C33.326
X114.917	X122.916	C22.625	X96.36 C29.068	X48.224
C34.197	C31.256	X51.966	X98.19 C29.529	C26.286
X115.698	G03 X123.524	C22.428	X100.018	G03 X47.024
C33.538	C32.266 Z-	X53.207	C29.99	C25.941 R1.582
X115.936	45.444 R0.8	C22.256	X101.846	X46. C24.83 Z-
C33.34	F#104	X54.634	C30.453	45.444 R1.583
X116.116	G01 X123.442	C22.119	X102.836	G01 C23.391 Z-
C33.194	C32.362 Z-	X56.286	C30.584	45.568 F#100
X116.275	45.368 F#105	C22.029	X104.881	X46.015
C33.067	X120.429	X58.214	C30.642	C23.241
X116.435	C35.865	C22.001	X106.889	X46.12 C23.039
C32.94	X118.742	X60.26 C22.054	C30.437	X46.279
X116.598	C36.824	X62.293 C22.18	X108.816	C22.809
C32.814	X116.213	X64.308	C30.089	X46.484
X116.764	C37.699	C22.366	X110.693	C22.577
C32.689	X113.34	X66.301	C29.68	X46.764
X116.932	C38.323	C22.601	X112.567	C22.317
C32.565	X109.51	X68.274	C29.265	X47.098 C22.06
X117.104	C38.671	C22.877	X112.956	X47.529
C32.442	X105.59	X70.227	C29.189	C21.779
X117.28 C32.32	C38.489	C23.187	X113.598	X48.026
X117.459 C32.2	X99.934	X72.161	C29.096	C21.505
X117.642	C37.484	C23.525	X114.262	X48.644
C32.081	X48.224	X74.078	C29.062	C21.215
X117.829	C27.594	C23.886	X114.928	X49.344
C31.964	G03 X47.024	X75.98 C24.266	C29.087	C20.935
X118.02	C27.249 R1.582	X77.869	X115.574	X50.186
C31.848	X46. C26.137 Z-	C24.662	C29.171	C20.651
X118.216	45.444 R1.583	X79.747	X116.18	X51.145 C20.38
C31.735	G01 C24.83 Z-	C25.071	C29.312	X52.256
X118.417	45.568 F#100	X81.616	X120.306	C20.123
C31.623	X46.015 C24.68	C25.492	C30.503	X53.549
X118.49	X46.245	X83.476	G03 X120.816	C19.885
C31.584	C24.469	C25.921	C31.604 Z-	X54.964
X119.007	X46.534	X85.329	45.444 R0.8	C19.687
C31.356	C24.247	C26.357	F#104	X56.632
X119.601	X46.89 C24.017	X87.177 C26.8	X120.042	C19.525
C31.182	X47.319	X89.019	C31.926 Z-	X58.544
X120.25	C23.782	C27.247	45.368 R0.8	C19.418
C31.068	X47.83 C23.543		F#105	

X60.592	X105.323	X50.366	45.368 R0.799	X61.589
C19.385	C26.338	C18.275	F#105	C13.935
X62.638	X106.027	X51.409	G01 X47.649	X62.153
C19.429	C26.421	C17.951	C22.372	C13.933
X64.675	X106.685	X52.554	X47.292	X62.711
C19.538	C26.571	C17.655	C22.337 Z-	C13.974
X66.697	X116.18	X53.943	45.397	X63.25 C14.057
C19.703	C29.312	C17.365	G03 X46. C21.58	X63.758
X68.701	G03 X116.69	X55.454	Z-45.444 R0.8	C14.179
C19.915	C30.413 Z-	C17.118	G01 C19.313 Z-	X77.287
X70.687	45.444 R0.8	X57.186	45.568 F#100	C18.084
C20.167	F#104	C16.911	X46.021	G03 X77.798
X72.654	X115.024	X59.184	C19.107	C19.185 Z-
C20.453	C30.775 Z-	C16.755	X46.082	45.444 R0.8
X74.603	45.368 R0.8	X61.227	C18.874	F#104
C20.768	F#105	C16.679	X46.188	X76.498
X76.535	G01 X47.649	X63.276	C18.625	C19.562 Z-
C21.108	C24.183	C16.675	X46.355	45.368 R0.799
X78.453	X47.292	X65.321	C18.347	F#105
C21.469	C24.148 Z-	C16.734	X46.578 C18.06	G01 X47.657
X80.356	45.397	X67.356	X46.883	C20.084
C21.847	G03 X46.	C16.849	C17.746	X47.654
X82.248	C23.391 Z-	X69.379	X47.261	G03 X46.
C22.241	45.444 R0.8	C17.013	C17.425	C19.313 Z-
X84.129	G01 C21.58 Z-	X71.385	X47.746	45.444 R0.799
C22.647	45.568 F#100	C17.219	C17.079	G01 C16.914 Z-
X86. C23.063	X46.017	X73.376	X48.323	45.568 F#100
X87.864	C21.413	C17.461	C16.732	X46.026
C23.488	X46.073	X75.349	X49.023	C16.651
X89.721	C21.197	C17.736	C16.373	X46.092
C23.921	X46.169	X76.524	X49.859	C16.399
X91.572 C24.36	C20.973	C17.918	C16.009	X46.203 C16.14
X93.418	X46.322	X76.787	X50.811	X46.38 C15.845
C24.804	C20.718	C17.964	C15.657	X46.618
X95.26 C25.252	X46.524	X77.042	X51.982	C15.539
X97.098	C20.458	C18.019	C15.292	X46.943
C25.704	X46.805 C20.17	X77.287	X53.237	C15.204
X98.976	X47.146 C19.88	C18.084	C14.969	X47.345
C26.114	X47.59 C19.564	X106.685	X54.738	C14.863
X100.982	X48.109	C26.571	C14.655	X47.864
C26.322	C19.251	G03 X107.194	X56.467	C14.494
X103.028	X48.747	C27.672 Z-	C14.372	X48.473
C26.37	C18.924	45.444 R0.8	X58.405 C14.14	C14.127
X104.601	X49.494	F#104	X60.429	X49.246
C26.324	C18.598	X105.53	C13.982	C13.731
		C28.034 Z-		

X50.109	X46.642	X46.165 C11.27	X46.619 C10.12	X58.036
C13.354	C12.927	X46.435	X46.788	C13.743 Z-
X51.197	X46.967	C10.954	C10.043	44.872
C12.952	C12.592	X46.839	X47.034 C9.957	X58.037 C13.75
X52.381	X47.408	C10.676	X47.266 C9.9	Z-44.768
C12.583	C12.217	X47.357	X47.506 C9.859	Z15. F1500.
X53.791 C12.22	X47.88 C11.882	C10.451	X47.745 C9.836	G13.1
X53.93 C12.19	X48.416	X47.963	X47.985 C9.827	
X54.584	C11.559	C10.289	X48.224 C9.834	(2D ADAPTIVE1
C12.088	X48.648 C11.44	X48.626	X48.463 C9.855	10)
X55.265	X49.184	C10.199	X48.703 C9.894	G00 C0.
C12.047	C11.212	X49.313	X49.182 C9.993	M30
X55.949	X49.797	C10.185	X49.66 C10.109	
C12.069	C11.039	X49.988	X57.237	
X56.614	X50.464	C10.248	C12.296	
C12.153	C10.927	X50.618	G03 X57.988	
X57.237	X51.161	C10.385	C12.95 R0.8	
C12.296	C10.879	G03 X51.128	F#104	
X63.758	X51.863	C11.486 Z-	G01 X57.994	
C14.179	C10.897	45.444 R0.8	C13.055 Z-	
G03 X64.268	X52.547	F#104	45.561	
C15.28 Z-45.444	C10.981	X50.708	X58.001	
R0.8 F#104	X53.187	C11.712 Z-	C13.157 Z-45.54	
X63.32 C15.63	C11.127	45.368 R0.799	X58.007	
Z-45.368 R0.8	G03 X53.696	F#105	C13.256 Z-	
F#105	C12.228 Z-	G01 X48.536	45.507	
G01 X48.009	45.444 R0.8	C12.497	X58.012 C13.35	
C17.659	F#104	G03 X47.652	Z-45.461	
X47.833	G01 X53.599	C12.649 R0.8	X58.018	
C17.678	C12.298 Z-	X46. C11.877 Z-	C13.437 Z-	
X47.654	45.368 F#105	45.444 R0.8	45.402	
C17.686	X53.487	G01 C11.637 Z-	X58.023	
G03 X46.	C12.363	45.568 F#100	C13.516 Z-	
C16.914 Z-	X48.747	X46.015	45.333	
45.444 R0.8	C14.805	C11.397	X58.027	
G01 C14.275 Z-	G03 X47.654	X46.065	C13.585 Z-	
45.568 F#100	C15.048 R0.8	C10.917	45.255	
X46.018	X46. C14.275 Z-	X46.097	X58.03 C13.643	
C14.092	45.444 R0.801	C10.677	Z-45.168	
X46.085	G01 C11.876 Z-	X46.14 C10.557	X58.033	
C13.839	45.568 F#100	X46.216	C13.689 Z-	
X46.206	X46.021	C10.437	45.074	
C13.554	C11.662	X46.309	X58.035	
X46.383	X46.069 C11.48	C10.335	C13.723 Z-	
C13.259	X46.145	X46.488	44.975	
	C11.302	C10.197		

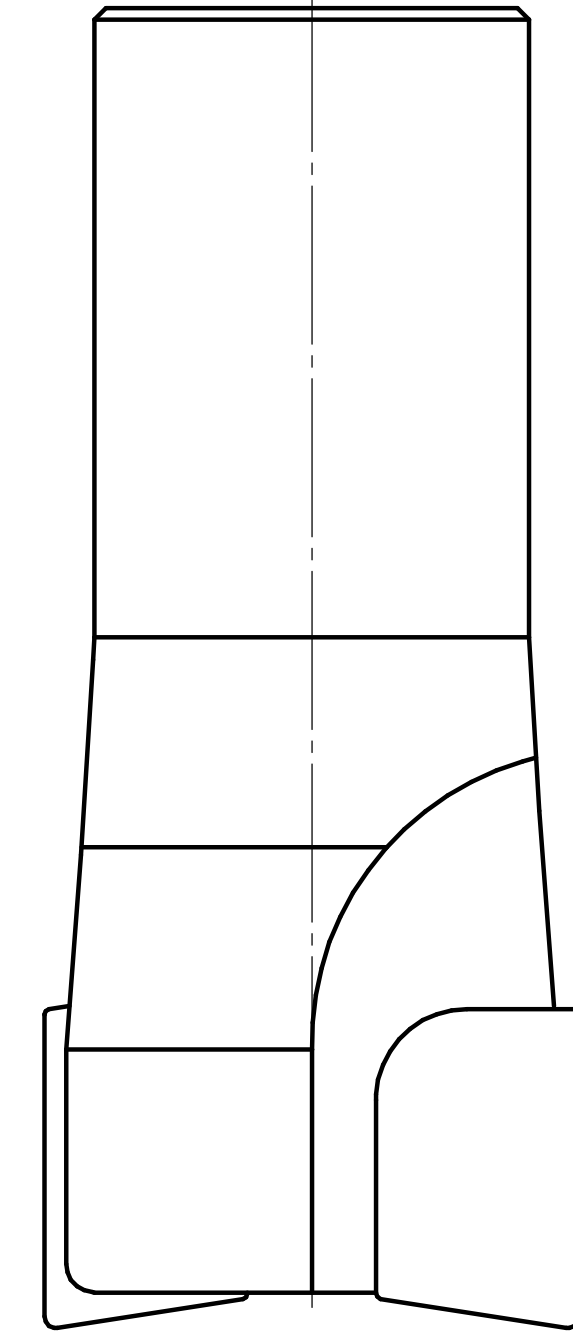
Синтез конструкції фрези для оброблення елементів з'єднання типу "хвіст ластівки"

Фреза
для обробки
пазів типу "ластівкін хвіст"



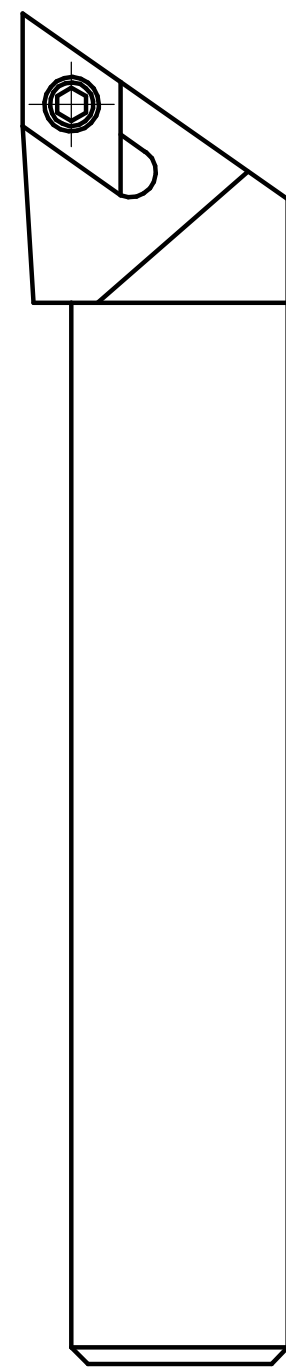
Форма фрези
розташування різальних крапок

Кінцева фреза
з пластинами
із твердого сплаву



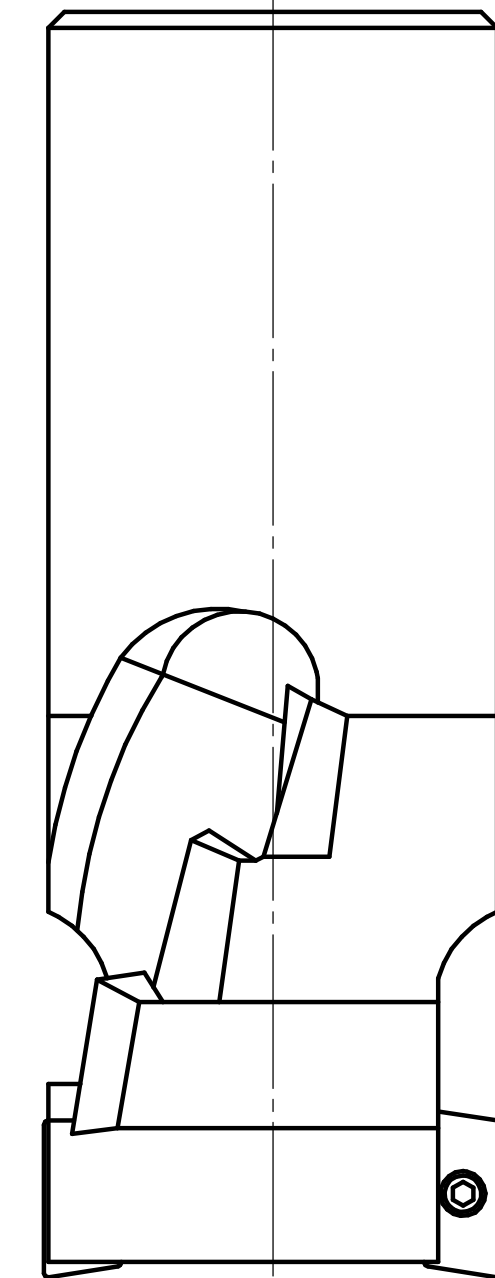
Пластины з твердого
сплаву

Токарний різець
з позитивною пластиною
ромбічної форми (55°)



Форма пластины
Змінні пластины та тип кріплення

Кінцева фреза
з шаховим розташуванням
різальних пластин



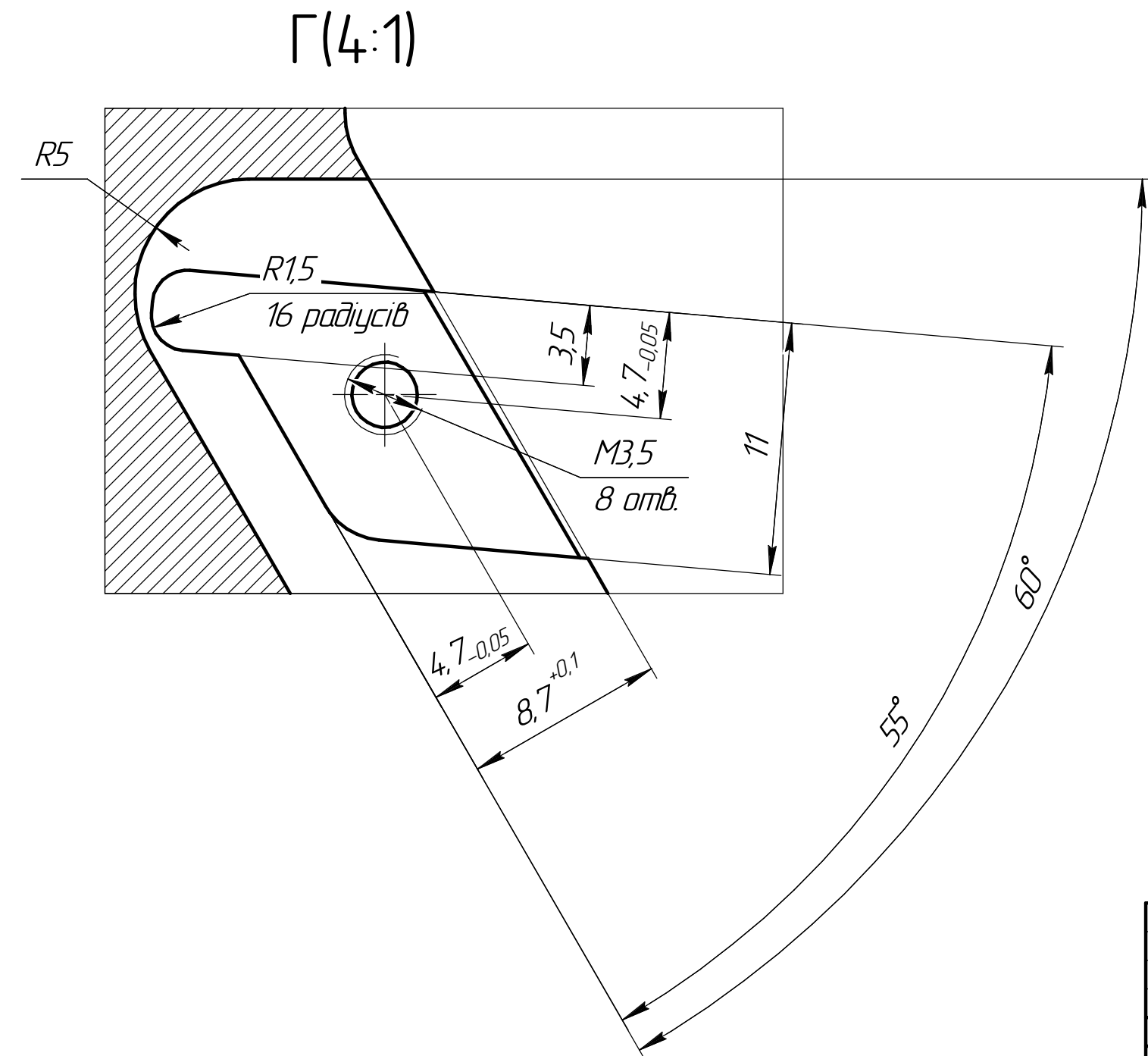
Шахове
розташування пластин

В результаті синтезу було отримано фрезу
для оброблення елементів з'єднання
типу "хвіст ластівки"
зі змінними пластинами із твердого сплаву
з шаховим розташуванням різальних елементів

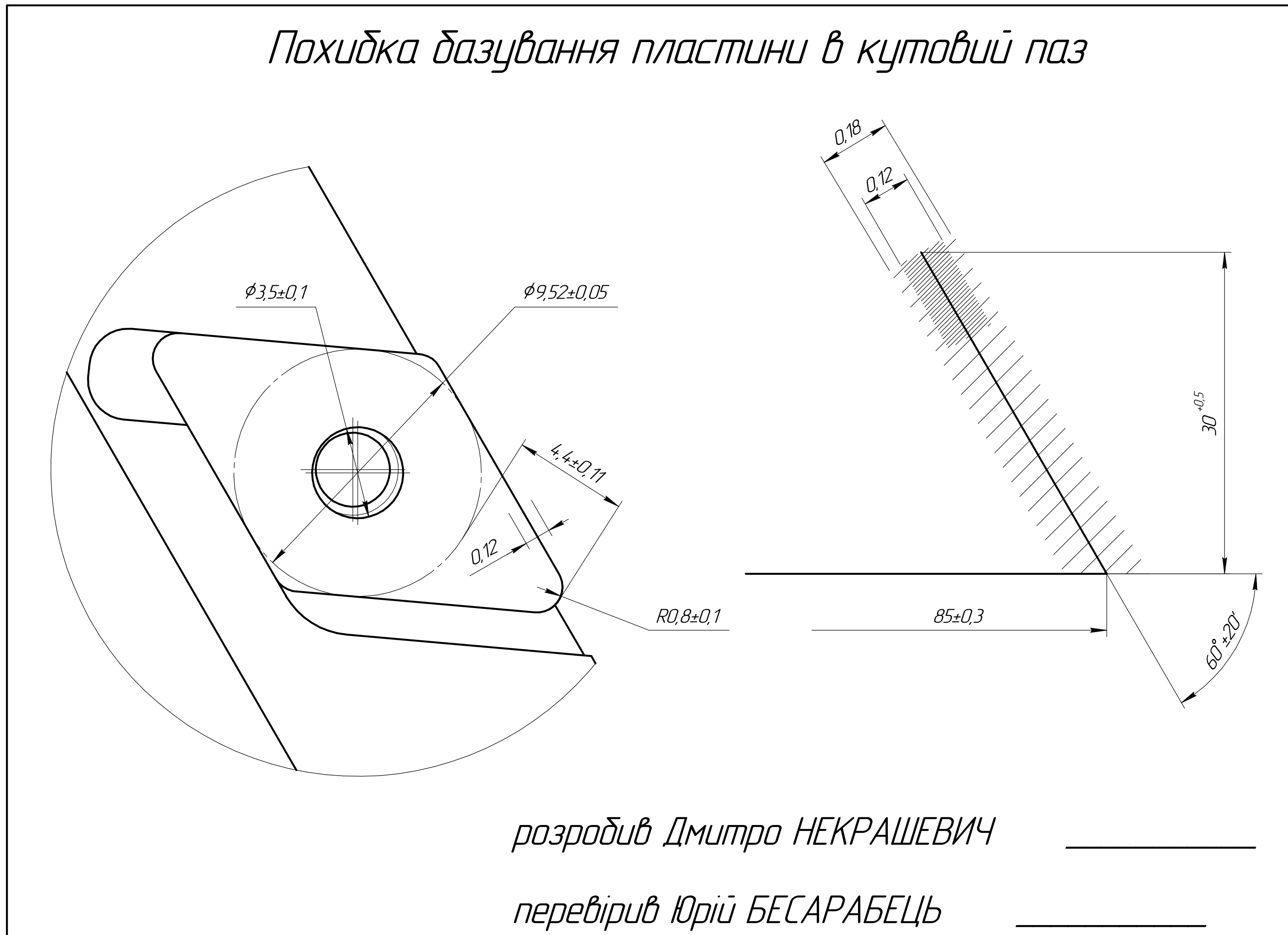
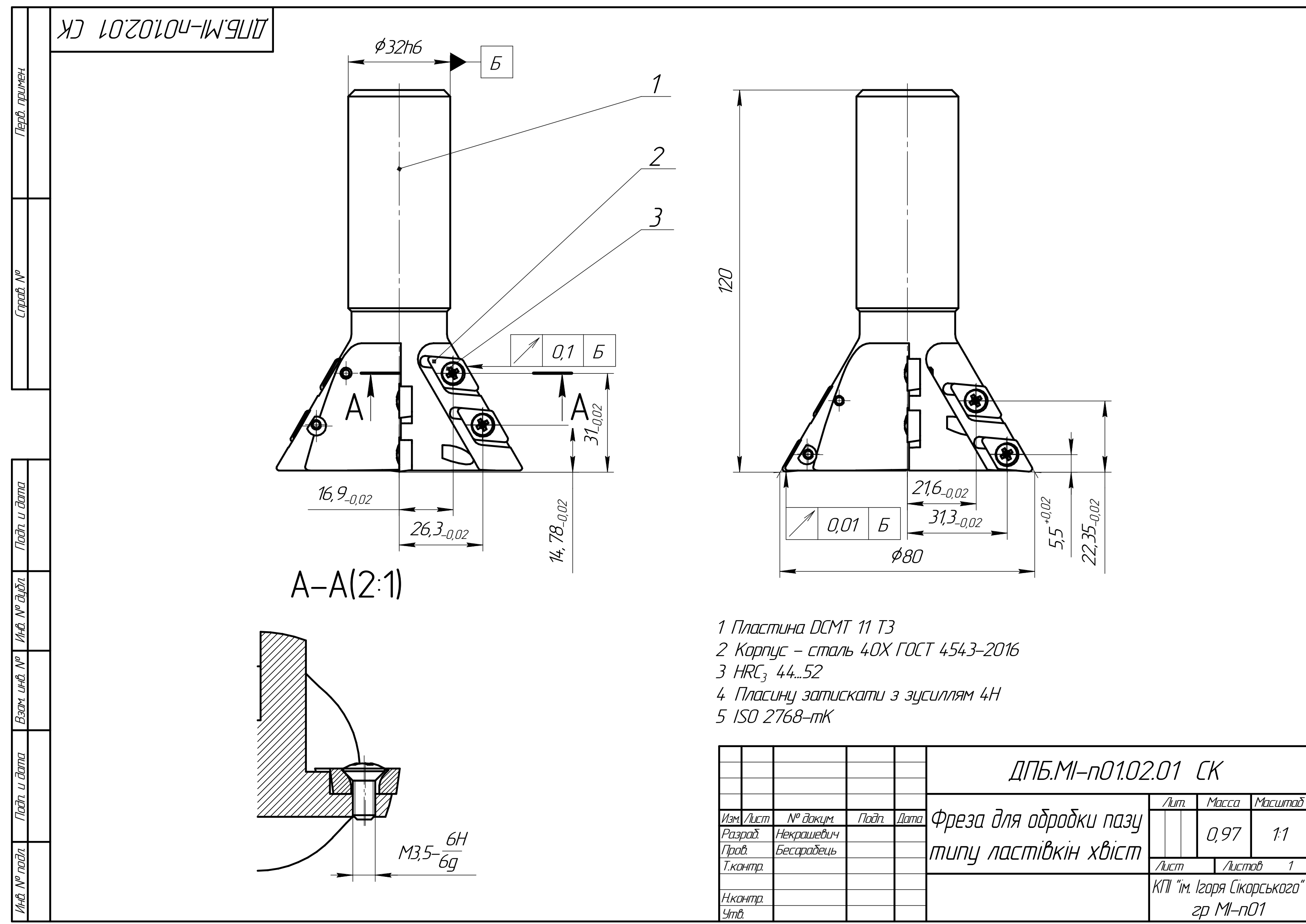
розробив Дмитро НЕКРАШЕВИЧ

перевірив Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

№-д. № год/г.	Послѣд. и дѣлѣна	Взвѣс. и-д. №	№-д. № дѣлѣн	Послѣд. и дѣлѣна



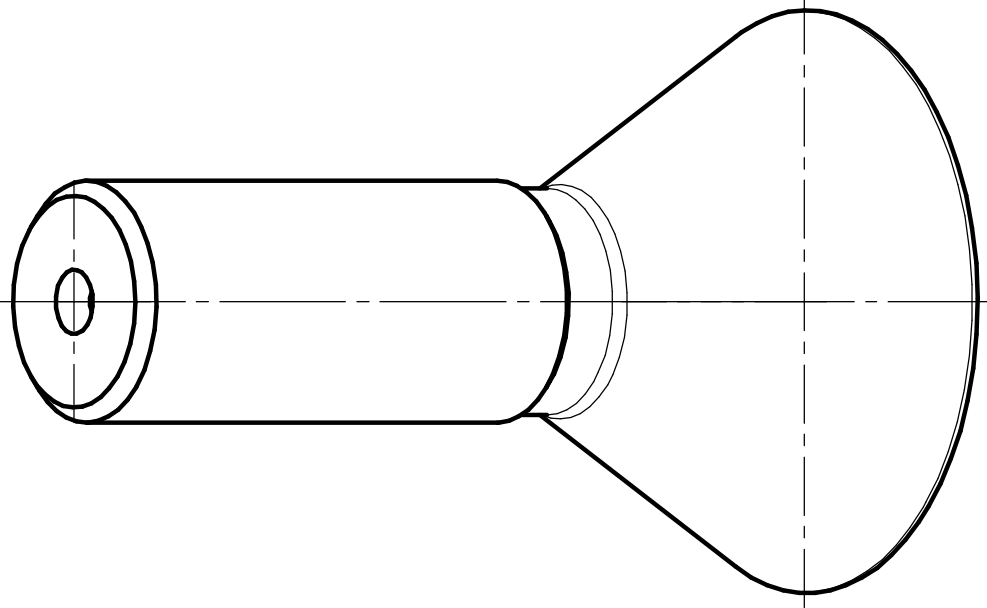
					ДПБ.МІ-п01.02.01.01			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус фрез		Лист	Масса	Масштаб
Разработ	Некрашевич Д. Р.						0,95	1:1
Проект	Бегарович Ю. И.							
Т.контр.						Лист	/Листов 1	
Исполн.	Умб			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		КПІ "Ім. Ізгоя Сікарського" зр МІ-п01		



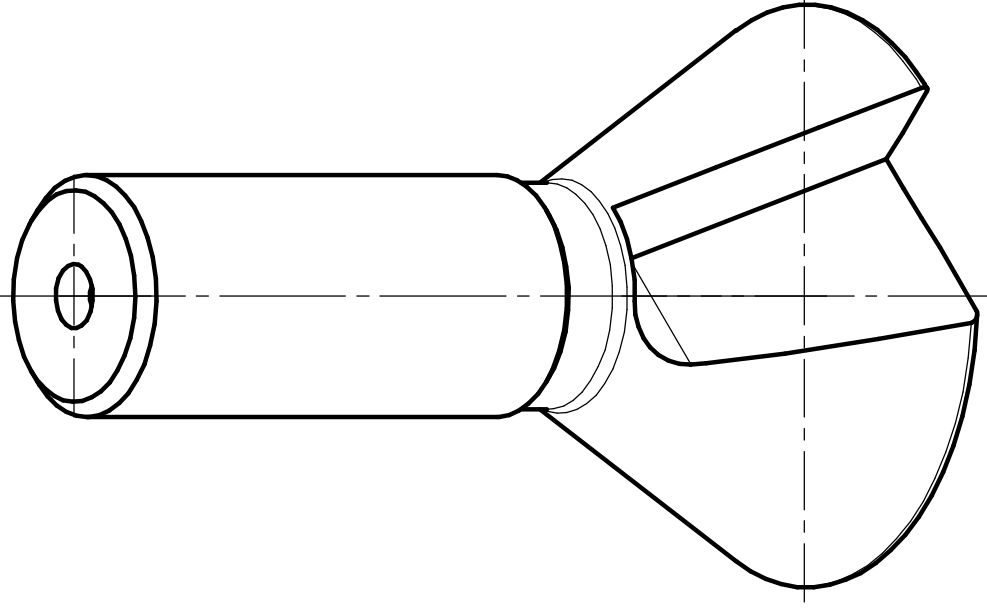
Копировал	Формат	A2
-----------	--------	----

Етапи побудови 3D моделі фрези для оброблення пазу типу "хвіст ластівки"

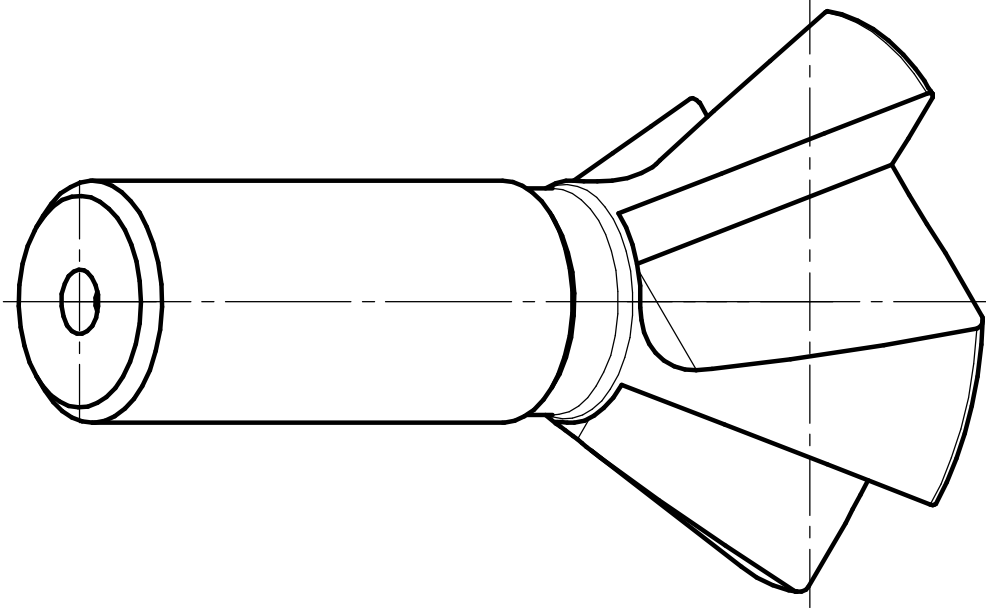
Операція обертання:
створюємо форму фрези



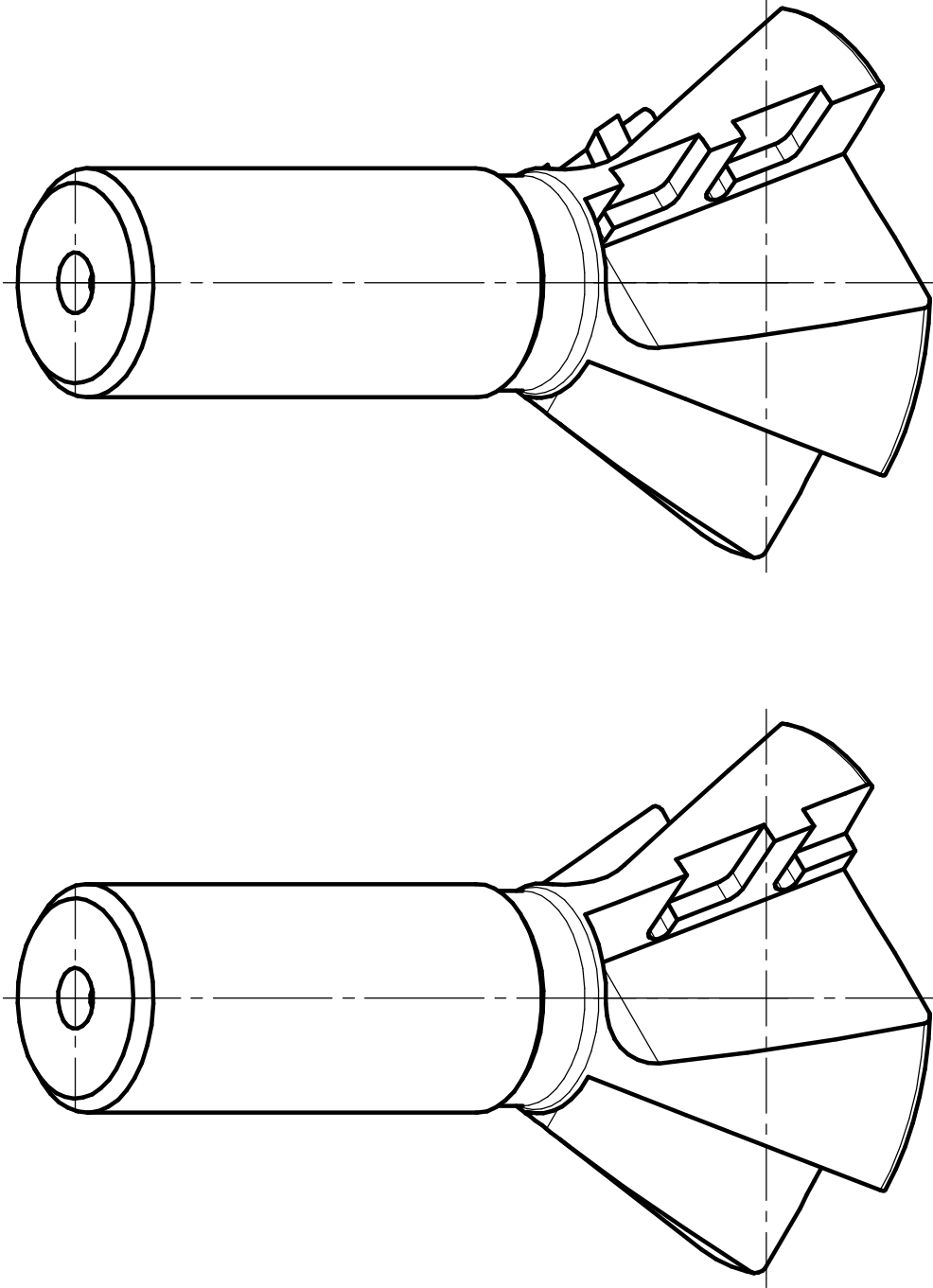
Операція вирізання:
робимо зуб фрези



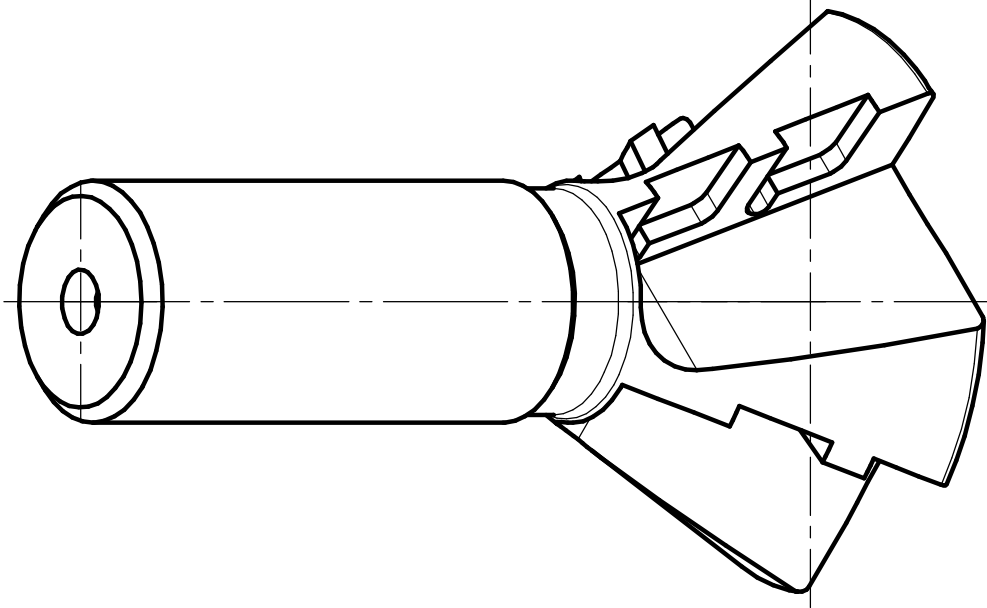
Операція круговий масив:
виконуємо зуби фрези



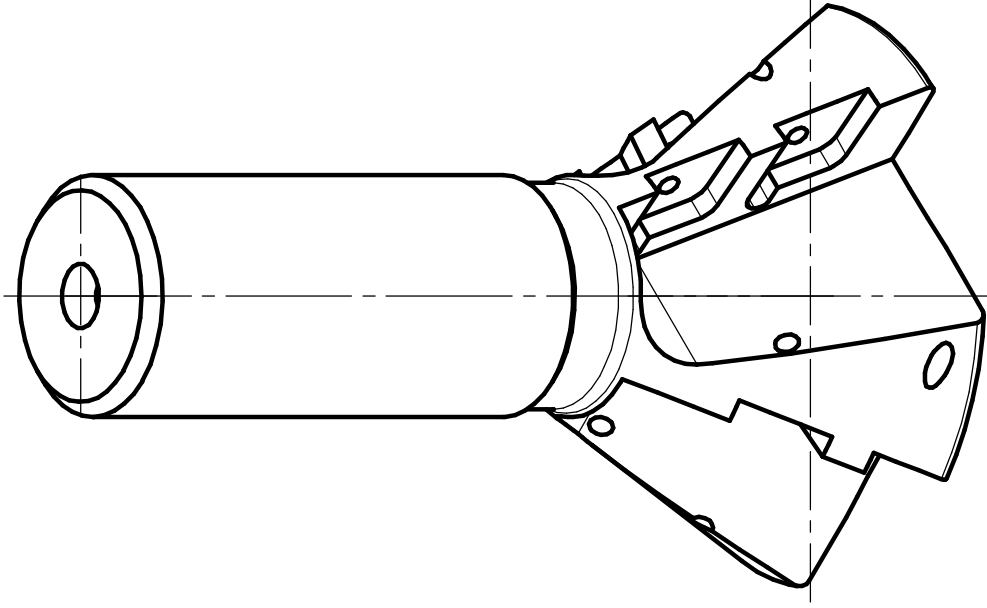
Операція вирізання:
створюємо паз під пластину



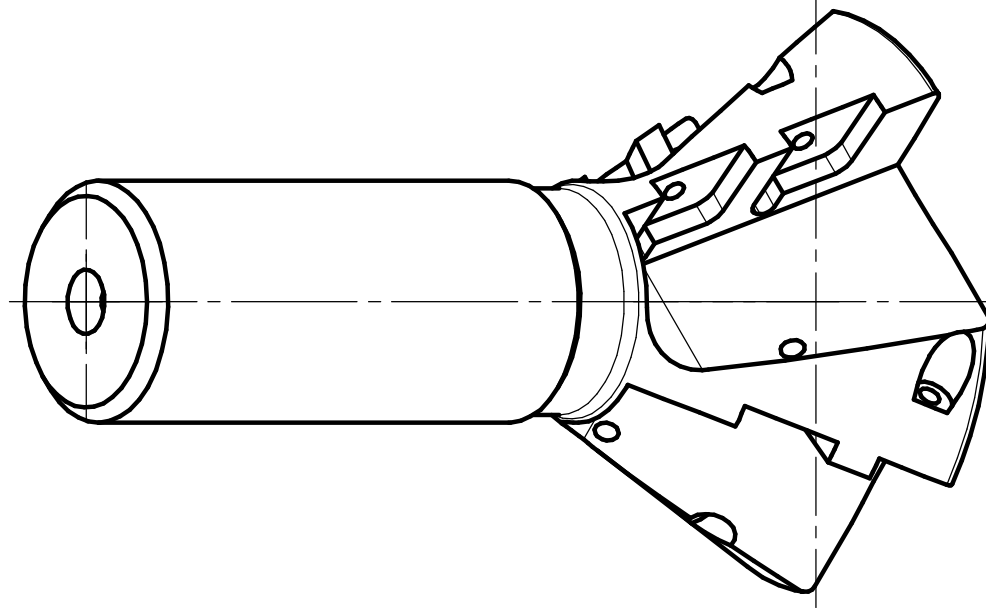
Операція круговий масив:
виконуємо пазу під платини



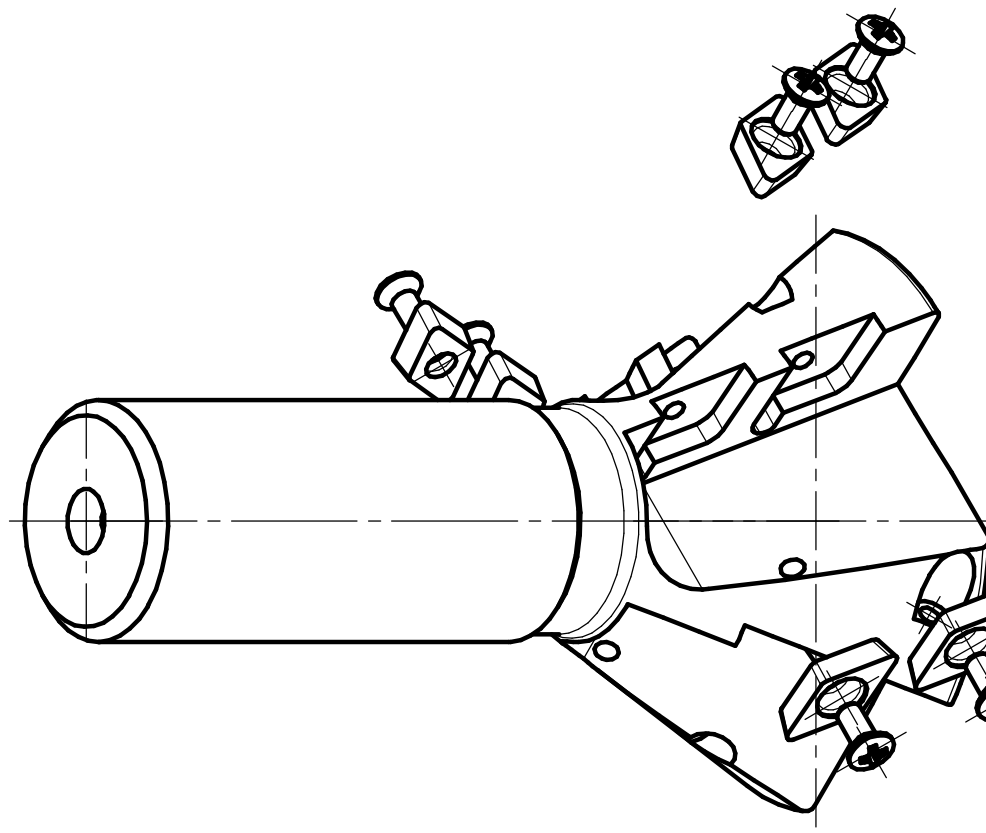
Операція отвір:
створюємо різьбовий отвір
під кріплення пластини



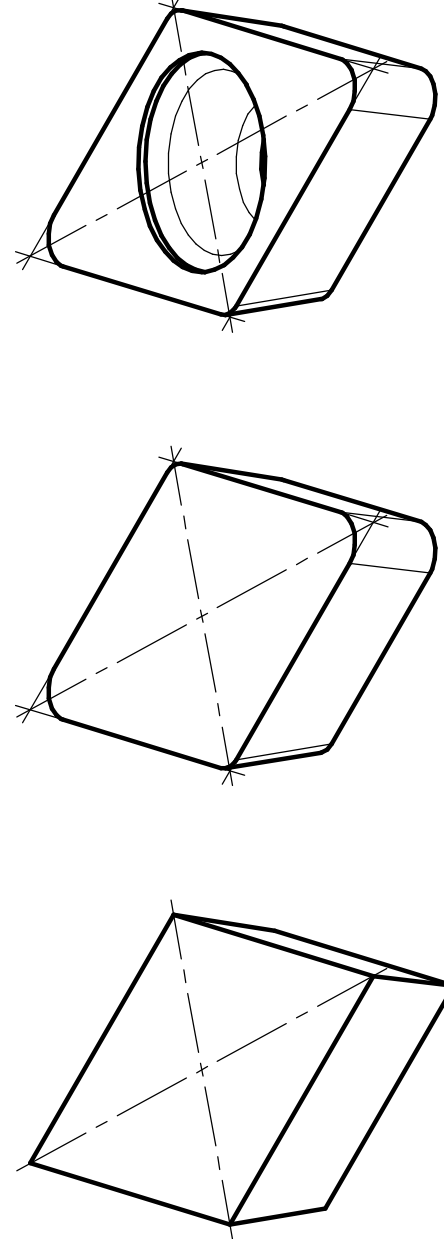
Операція вирізання:
створюємо паз під вихід свердла



Виконуємо збірку фрези



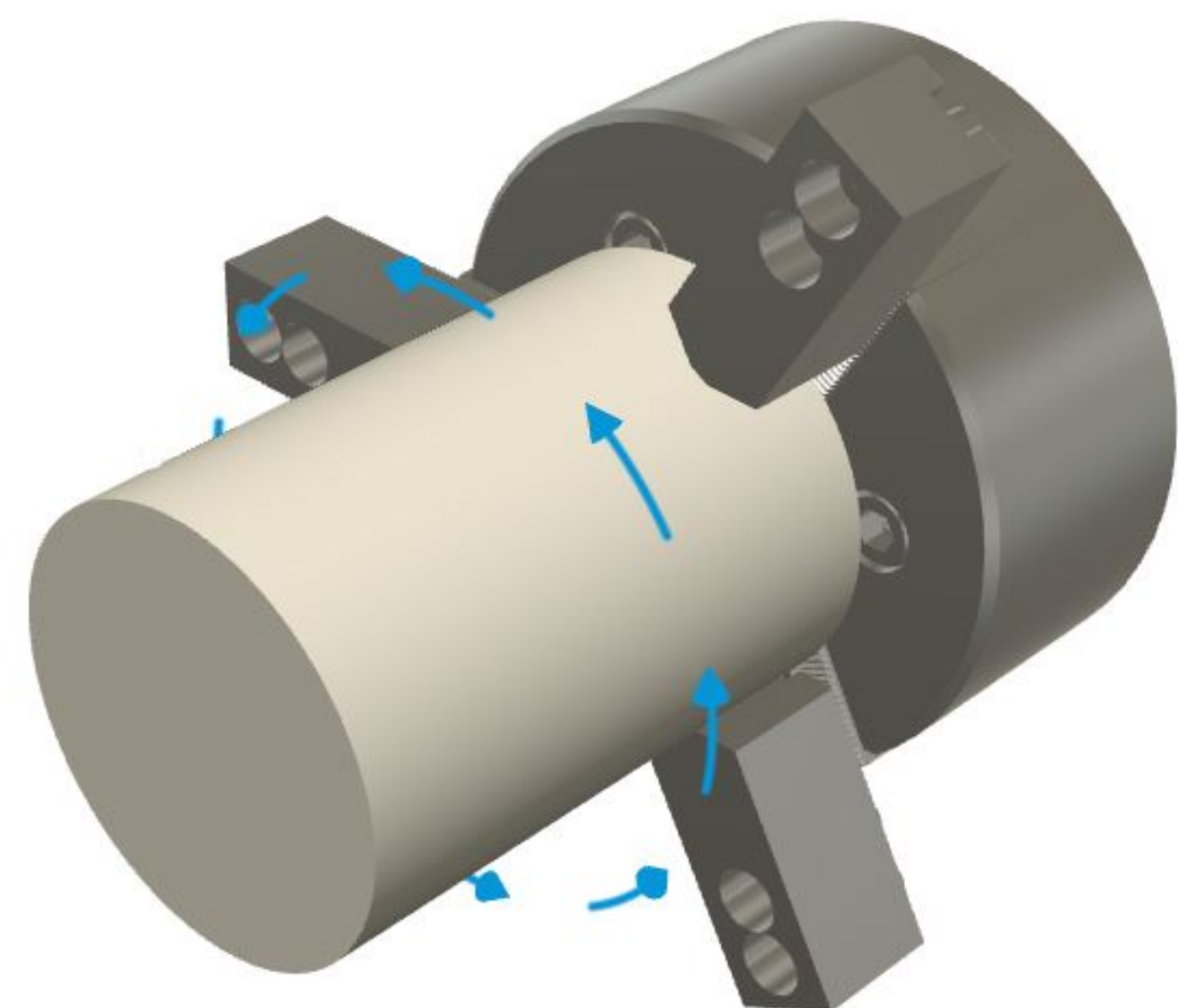
Створюємо різальну пластину



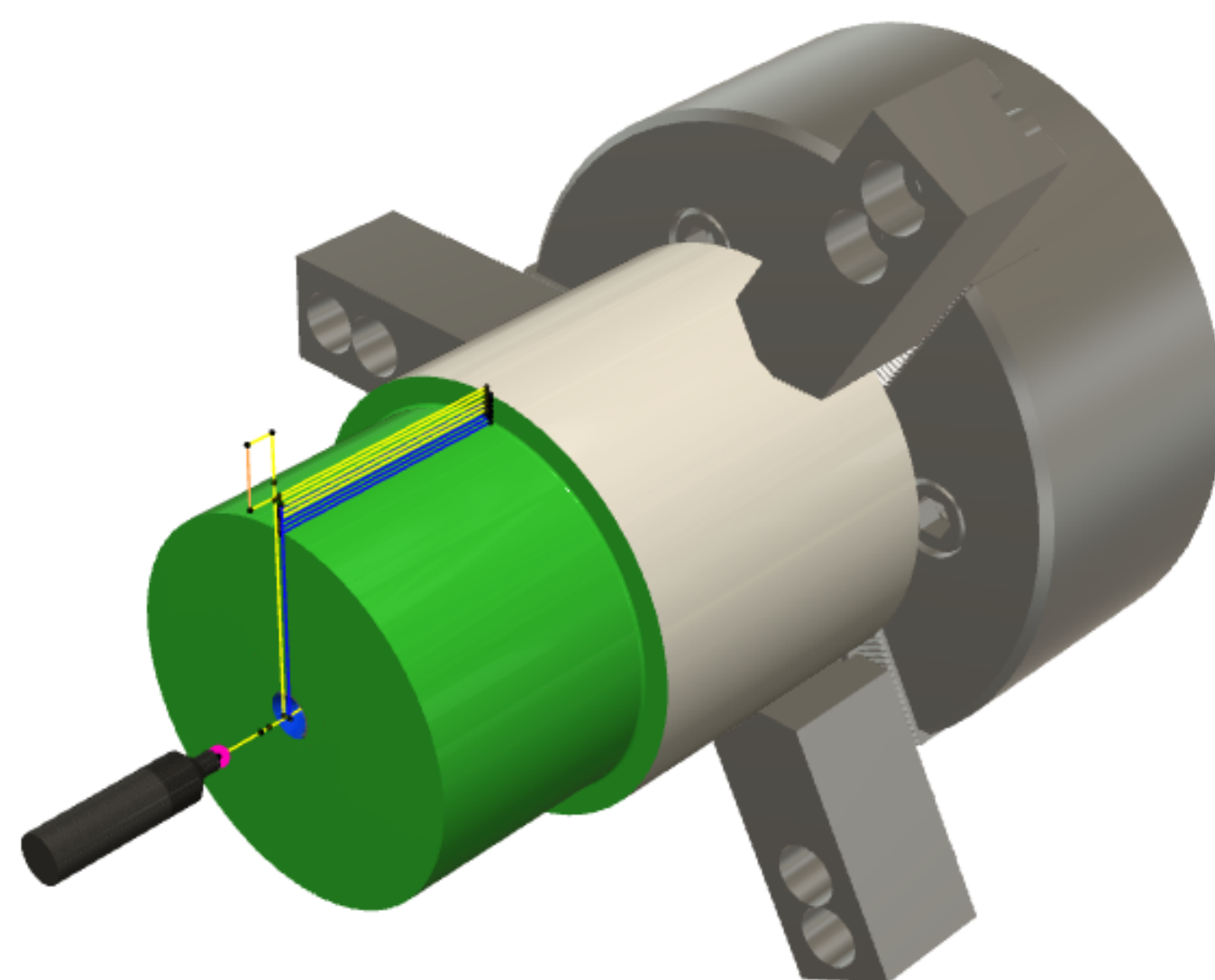
розробив Дмитро НЕКРАШЕВИЧ

перевірив Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

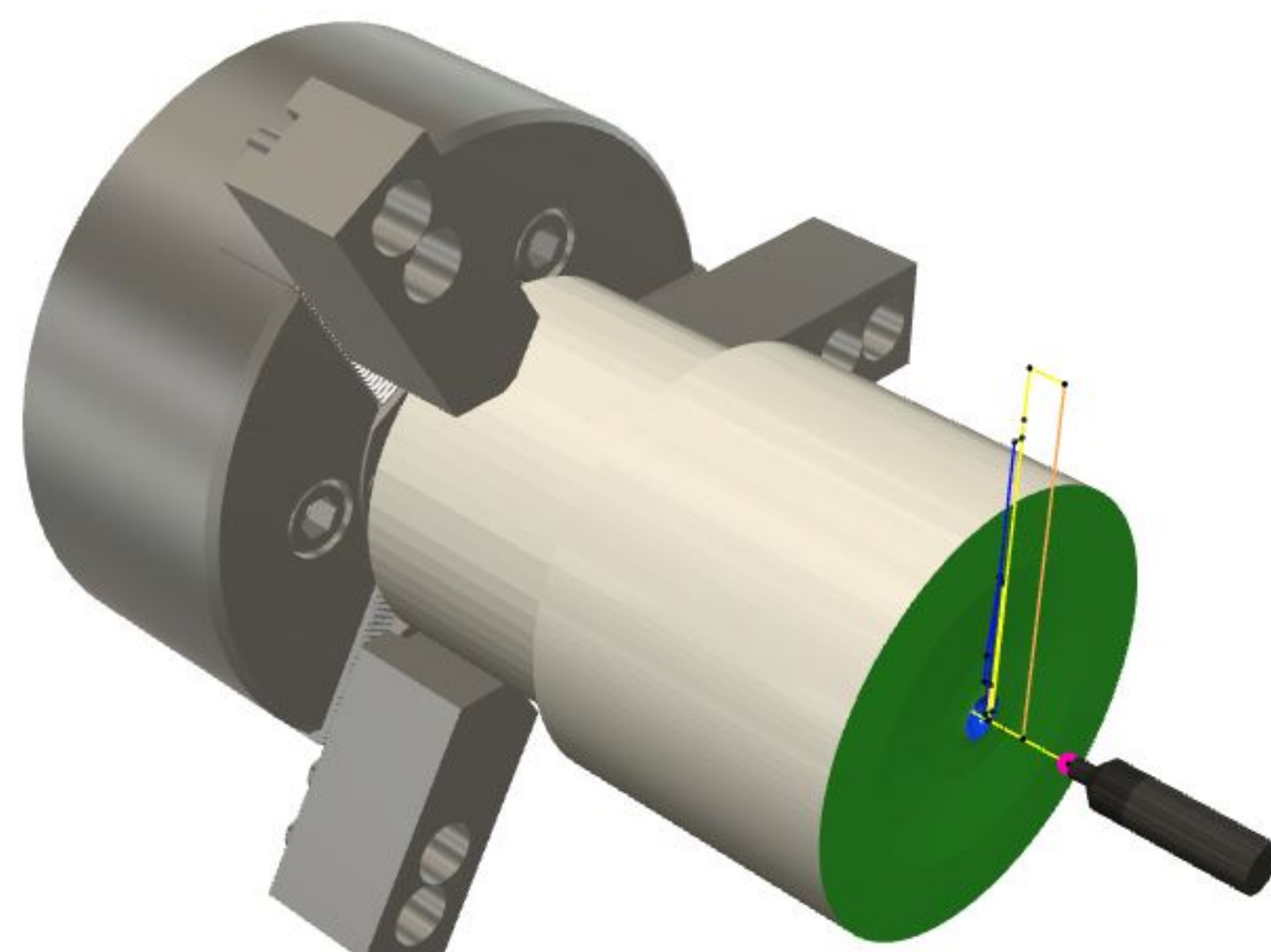
Заготовка $\phi 85 \times 125$ закріплена у трьох кулачковому самоцентрівному патроні



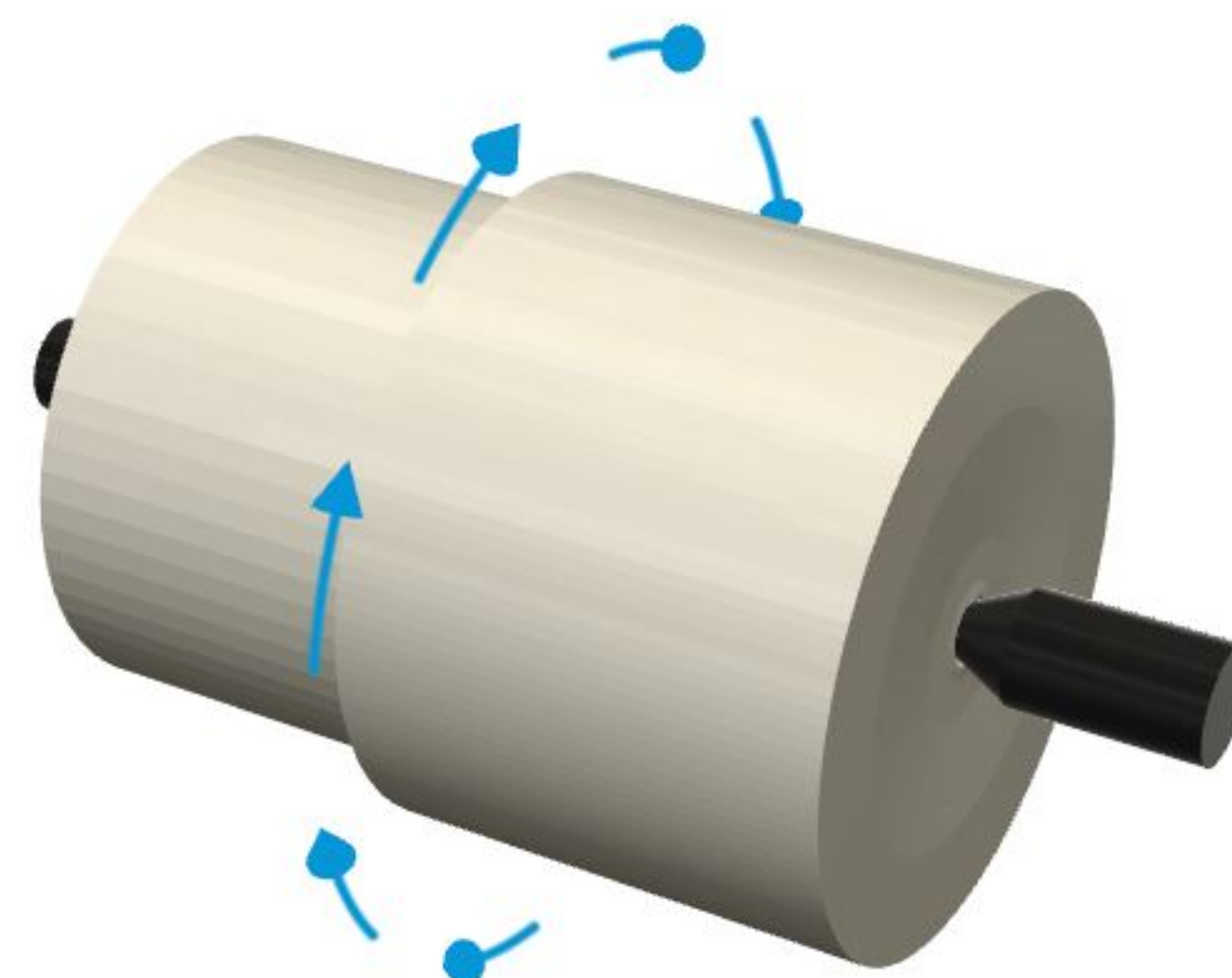
Установ 1 Точіння торцю, точіння зовнішньої циліндричної поверхні, центрування



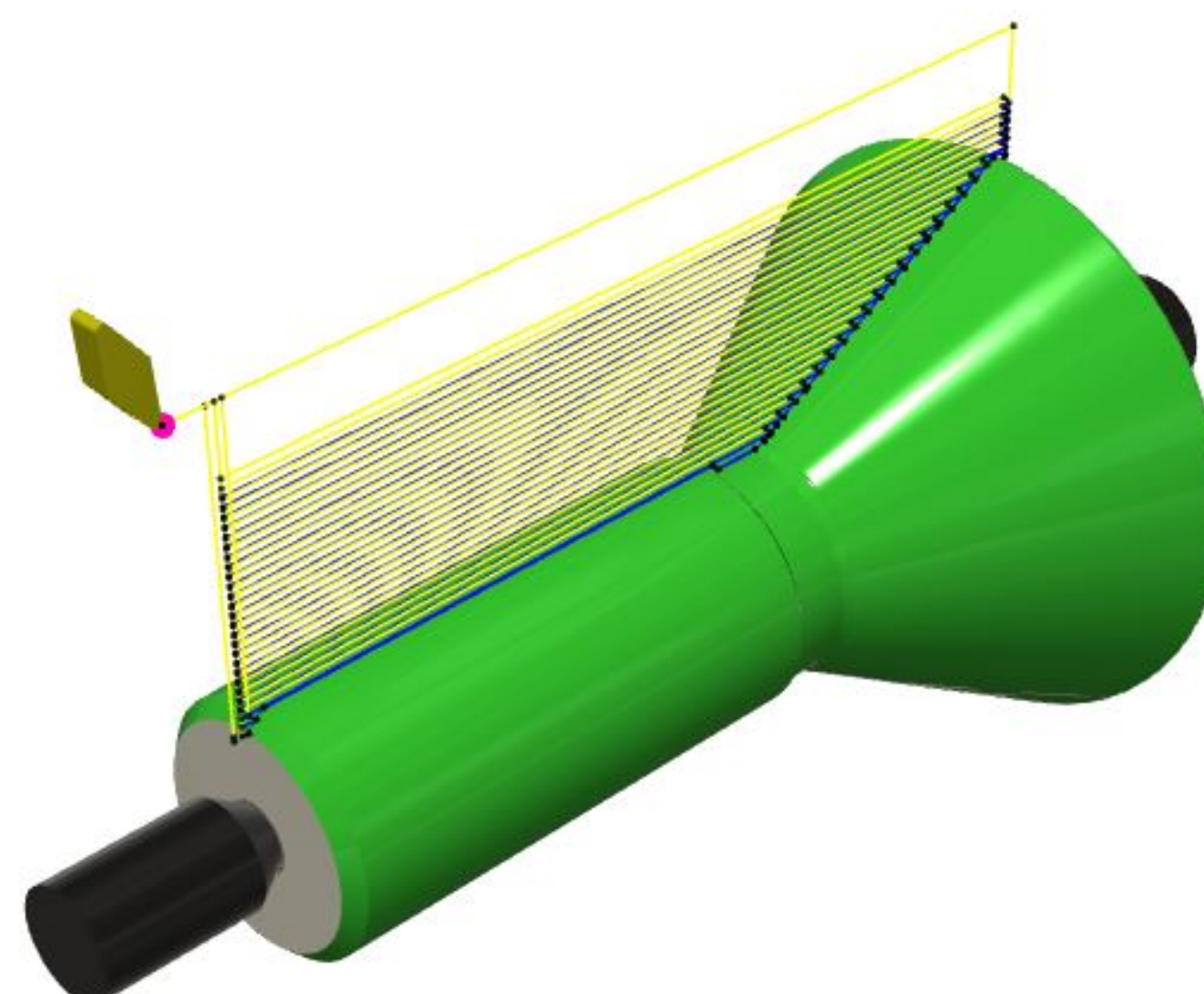
Установ 2 Точіння торцю, центрування



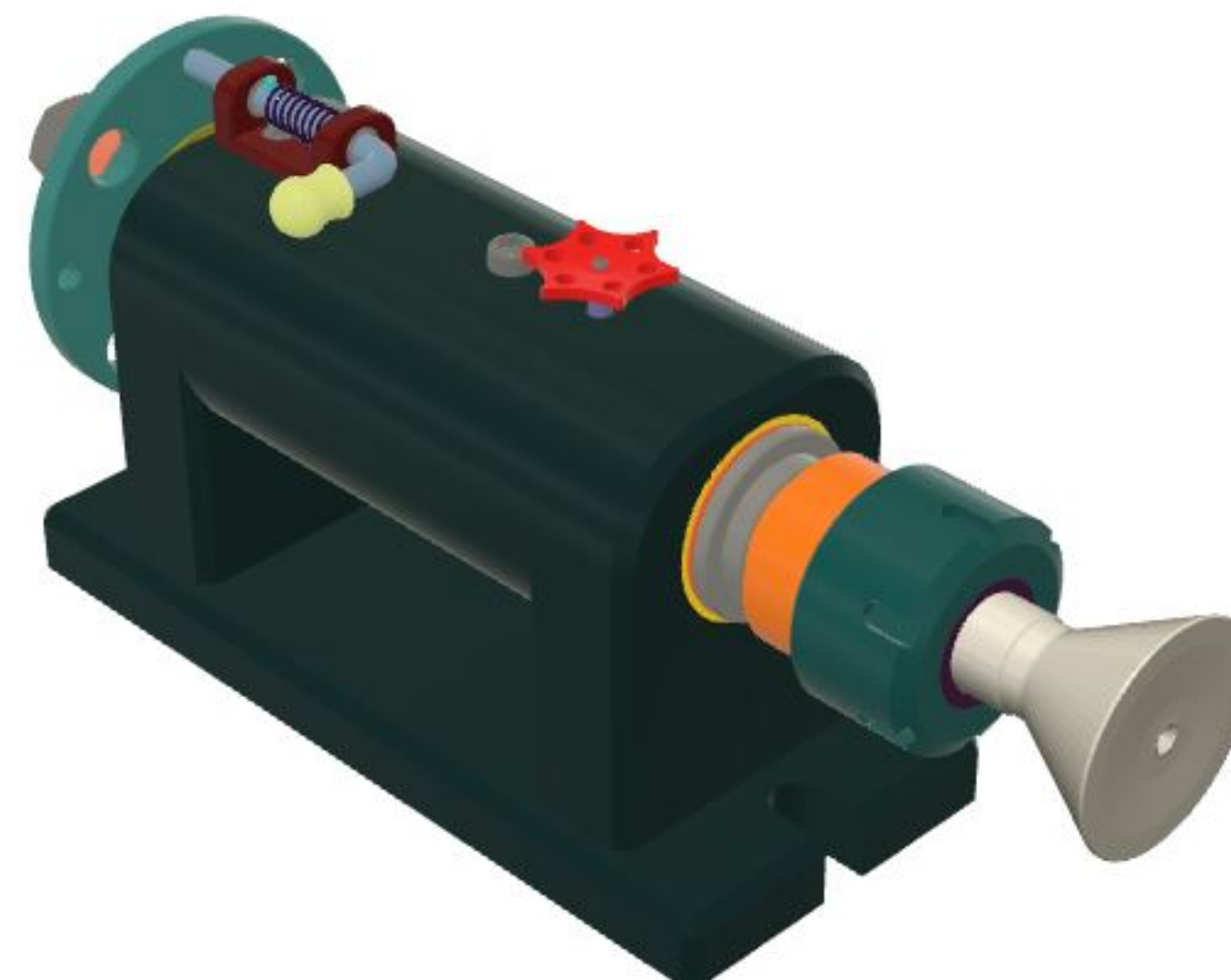
Установ 3 Заготовка закріплена у центрах



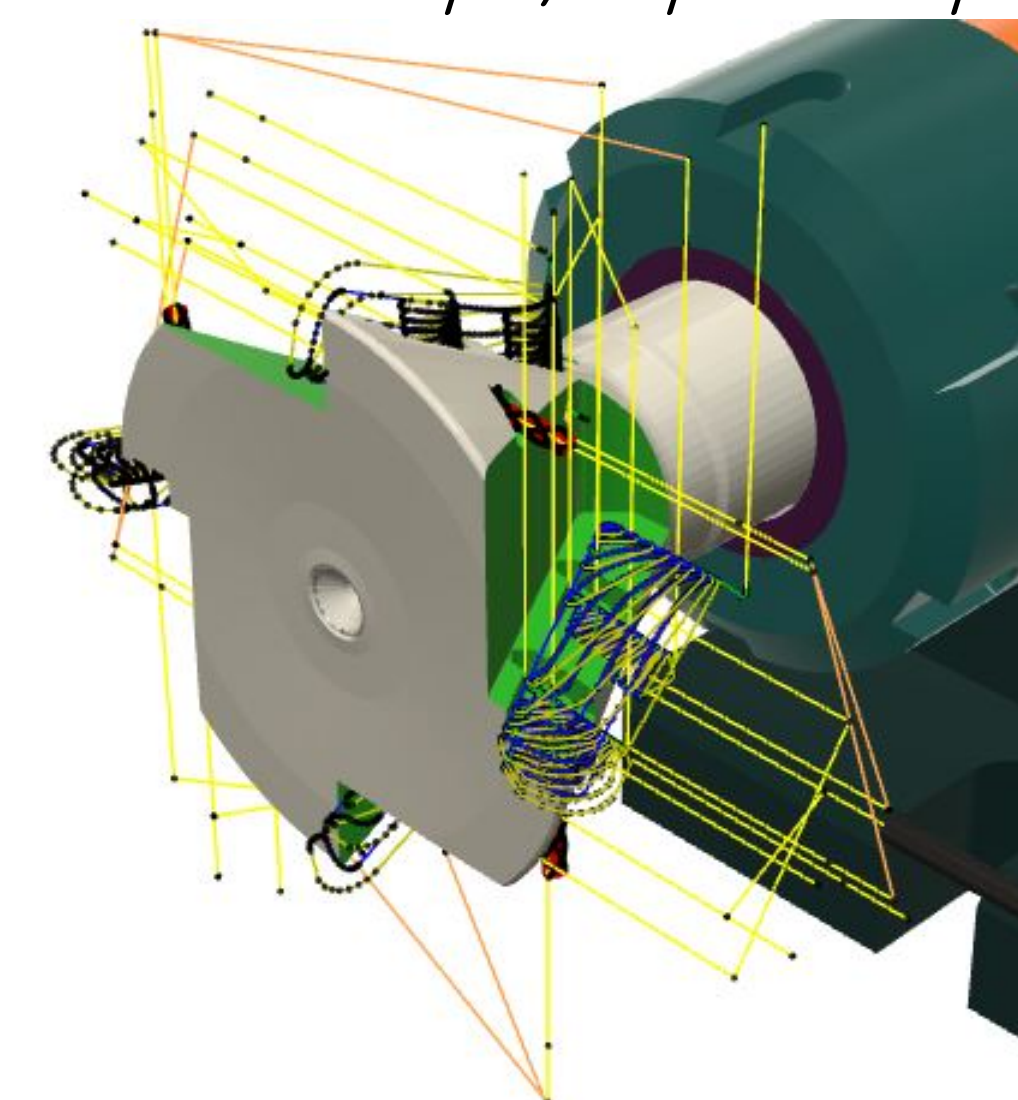
Установ 3 Точіння хвостовика, канавки та конусу



Установ 4 Заготовку встановлено ц ділильній голові



Установ 4 Фрезерування стружкових канавок, парів під палстини, канавок виходу свердла, свердління отворів, нарізання різьби



Для операції яка виконуваласьна при установі 3

при чорновому точінні

Максимальна кількість обертів 2500 об/хв

Робоча подача 0,5 мм/об

глибина різання 2 мм

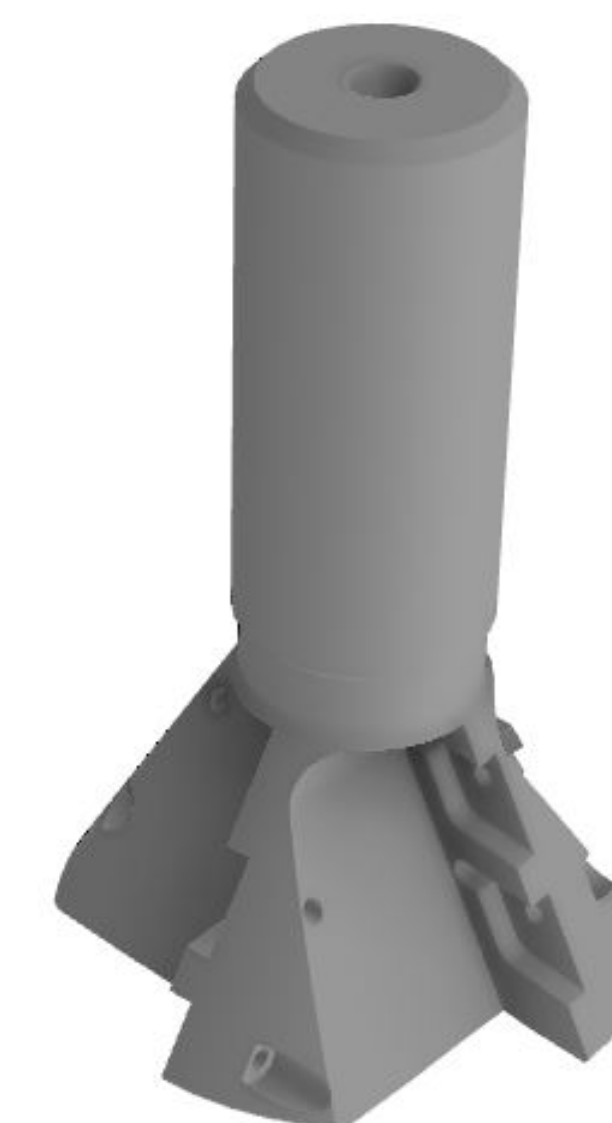
при чистовому точінні

Максимальна кількість обертів 4800 об/хв

Робоча подача 0,15 мм/об

глибина різання 0,5 мм

Вигляд готового інструменту



розробив Дмитро НЕКРАШЕВИЧ

перевірив Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документація			
		A1			ДПБ.МІ-п01.02.02 СК	Ділильна головка			
						Складальні одиниці			
Справ. №			1			Стопор вала	1		
			2			Стопр	1		
			3			Цанговий патрон BT50-ER50	1		
						Деталі			
Подп. и дата			4			Корпус	1		
			5			Напрямні	2		
			6			Шайба φ48x1	1		
			7			Шайба φ50x1	1		
			8			Шпиндель	1		
			9			Ділильний диск	1		
						Стандартні вироби			
			10			Втулка 50x60x50	2		
						ГОСТ ISO 2795-2001			
Взам. инв. №			11			Гайка ISO 4035-M8	1		
			12			Гайка EN 14339-M20-HV	2		
			13			Гайка M36x1,5-6H	1		
Подп. и дата						ГОСТ 6393-73			
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата	ДПБ.МІ-п01.02.02 СК		
	Разраб.	Некрашевич					Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Бесарабець						1	2
	Н.контр.						Ділильна головка		
	Утв.						КПІ "Ім. Ігоря Сікорського" зр МІ-п01		

