

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

До захисту допущено:

Завідувач кафедру

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 2025 р.

Дипломний проект

**на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Конструювання та дизайн машин»
спеціальності 131 Прикладна механіка
на тему «Інструмент для врізання у трубу під тиском»**

Виконав:

студент ІV курсу, групи МІ-11
Москаленко Олексій Валерійович

Керівник:

к.т.н., доц.
Вовк Вячеслав Володимирович

Рецензент:

доц. каф. ТМ, к.т.н, доц. Кореньков В.М.

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

Студент _____ (підпис)

Київ – 2025

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Навчально-науковий Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ **131 Прикладна механіка** _____
(код і назва)

Освітньо-професійна програма _____ **«Конструювання та дизайн машин»** _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО** _____

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ
МОСКАЛЕНКУ Олексію Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Інструмент для врізання у трубу під тиском, керівник проекту ВОВК Вячеслав Володимирович, доцент, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від **“29”05.2025 року №1835-с**
2. Термін подання студентом проекту 13.06.2025
3. Вихідні дані до проекту: врізка виконується в труби діаметром від 150 до 217 мм зі сталі 40; діаметр коронки — від 40 до 65 мм; обробка — ручна, частота обертання — 5 об/хв; врізка під тиском без зупинки подачі середовища.
4. Зміст пояснювальної записки: аналітичний огляд механізмів та інструментів для врізання під тиском; синтез конструкції та проектний розрахунок інструменту; вирішення питань технологій виготовлення інструменту.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо). 1. Огляд наявного пристрою для холодної врізки з виробництва. 2. Аналітичний огляд пристроїв та інструментів. 3. Етапи побудови 3D моделі кільцевого свердла. 4. Проектний розрахунок та розробка технічної документації. 5. Графічне зображення операцій виготовлення інструменту. 6. Створення керуючої програми для виготовлення інструменту на ЧПК верстаті.
6. Дата видачі завдання 10.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз існуючих методів врізки та пристосувань	21.02.2025	
2	Аналіз різального інструменту в установках врізання під тиском	03.03.2025	
3	Розробка технологічного процесу	14.03.2025	
4	Розробка коронки	28.03.2025	
5	Розробка конструкторської документації	11.04.2025	
6	Розробка технології виготовлення коронки	25.04.2025	
7	Розрахунок припусків	09.05.2025	
8	Розрахунок режимів різання	23.05.2025	
9	Оформлення пояснювальної записки та креслеників	13.06.2025	

Керівник проекту _____ **ВОВК В.В** Студент _____ **МОСКАЛЕНКО О.В**

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

"__"____"20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Інструмент для врізання у трубу під тиском
Зміст проекту	Розробити інструмент для врізання у трубу під тиском для пристрою холодної врізки покращивши процес врізання в трубу за рахунок зменшення зусиль різання та кількості утвореної стружки.
Технічні умови до проекту	Геометричні параметри для побудови інструменту: <ul style="list-style-type: none">• Діаметр коронки – 40-65 мм• Кількість обертів – від 3 до 8 об/хв• Тип подачі – ручна• Матеріал труби – сталь 40• Діаметр труби – від 150 до 217 мм
Особливі вимоги	
ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Огляд пристрою для холодної врізки з виробництва
ОП	Аналітичний огляд пристроїв та інструментів
ТС	Етапи побудови 3D моделі кільцевого свердла
КС	Проектний розрахунок та розробка технічної документації
СС	Графічне зображення операцій виготовлення інструменту
ДС	Створення керуючої програми для виготовлення інструменту на ЧПК верстаті
Студент МОСКАЛЕНКО О.В. Керівник ВОВК В.В.	дата "__"____"2025 р дата "__"____"2025 р
Прийняті позначення: СП – стан питання ОП – об'єкт проектування ТС – технологічна складова	КС – конструкторська складова СС – спеціальна складова ДС – дослідницька складова

РЕФЕРАТ

У дипломному проєкті розроблено інструмент для холодного врізання у сталеві трубопроводи під тиском без припинення подачі середовища. Такий підхід є актуальним для сучасних інженерних систем, зокрема в галузях водо-газо- та теплопостачання, де зупинка потоку є економічно або технологічно недоцільною. Запропонована конструкція дозволяє безпечно створювати відгалуження в трубопроводах, забезпечуючи герметичність процесу та мінімізацію утворення стружки.

У межах роботи проведено аналітичний огляд методів врізання під тиском та типів різального інструменту, зокрема технологію холодної врізки. На основі досліджень спроектовано конструкцію кільцевого свердла (коронки) з напайними твердосплавними зубцями, що забезпечує зниження зусиль різання та надійну роботу в умовах ручної подачі на низьких обертах.

У конструкторській частині виконано вибір матеріалів, розрахунок геометричних параметрів, побудову 3D-моделі та створення повного комплекту конструкторської документації. Технологічна частина містить розрахунки припусків, режимів різання, розробку технологічного процесу виготовлення інструменту та створення керуючої програми для обробки на верстатах з ЧПК.

Результати проєкту можуть бути використані для впровадження у практику обслуговування трубопровідних систем, де потрібна швидка, безпечна та ефективна врізка без зупинки потоку.

Ключові слова: коронка, кільцеве свердло, холодна врізка, ЧПУ, фрезерування, точіння, сталь 40Х.

ABSTRACT

This bachelor's thesis presents the development of a specialized tool for cold tapping into steel pipelines under pressure, without interrupting the flow of the working medium. Such a solution is highly relevant for modern utility systems, particularly in water, gas, and heat supply networks, where shutting down the pipeline is economically or technologically impractical. The proposed design allows safe creation of branch connections while maintaining sealing integrity and minimizing chip formation.

The project includes an analytical overview of tapping methods and cutting tools, with particular focus on hot tapping technology. Based on this analysis, a ring drill (core bit) with brazed carbide teeth was designed. This tool ensures reduced cutting forces and stable operation at low spindle speeds under manual feed conditions.

The design section includes material selection, geometric parameter calculations, 3D modeling, and the development of detailed technical drawings. The manufacturing section covers machining allowances, cutting mode calculations, the full technological process, and creation of a CNC control program for production.

The developed tool offers a practical and reliable solution for pipeline service operations that require safe, efficient, and continuous hot tapping without system shutdowns.

Keywords: crown, ring drill, cold tapping, CNC, milling, turning, steel 40X.

Зміст

ВСТУП	8
1.АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СВЕРДЛИЛЬНИХ МАШИН ТА ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВРІЗАННЯ В ТРУБИ	9
1.1.Основні типи механізмів для врізання під тиском	9
1.2.Різальний інструмент в установках врізання під тиском	14
1.3 Типи різальних інструментів для врізання під тиском	16
Висновки до розділу	20
2.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	21
2.1.Вибір конструктивних та геометричних параметрів кільцевого свердла	21
2.2 Побудова 3D моделі	26
2.3 Розробка конструкторської документації	33
Висновки до розділу	35
3.ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ	36
3.1 Технологічна карта виготовлення інструменту кільцевого свердла	36
3.2 Розрахунок припусків	42
3.3 Розрахунок режимів різання	47
3.4 Створення керуючої програми для виготовлення кільцевого свердла	50
Висновки до розділу	57
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
Додаток А_Технічне завдання	63
Додаток Б_Акт приймання робіт.....	66
Додаток В_Керуюча програма	67

ВСТУП

Сучасні трубопровідні системи забезпечують безперервну роботу стратегічно важливих галузей, таких як водопостачання, газопостачання, теплозабезпечення, нафтогазова й хімічна промисловість. У таких умовах особливу актуальність набувають технології, що дозволяють проводити монтажні та ремонтні роботи без припинення подачі робочого середовища. Однією з найефективніших методик у цій сфері є технологія холодного врізання під тиском, яка передбачає створення нових відгалужень у діючих трубопроводах без їх зупинки.

Ключову роль у реалізації цієї технології відіграє спеціалізований різальний інструмент. Саме його конструкція, матеріали та точність виготовлення визначають ефективність, надійність і безпечність процесу врізання. Особливо складними є умови холодної врізки з ручною подачею та низькими обертами, коли необхідно мінімізувати зусилля різання, уникнути заклинювання інструменту й забезпечити контрольоване видалення вирізаного фрагмента труби.

Метою дипломного проекту є розробка конструкції інструменту для холодного врізання у сталеві трубопроводи під тиском, оптимізованого для умов ручної подачі. У межах роботи виконано аналіз існуючих рішень, спроектовано кільцеве свердло (коронку) з напайними твердосплавними зубцями, розроблено 3D-модель і конструкторську документацію, а також визначено режими різання, розраховано припуски та побудовано технологію виготовлення інструменту на верстатах із ЧПК.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СВЕРДЛИЛЬНИХ МАШИН ТА ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВРІЗАННЯ В ТРУБИ

У сучасних умовах функціонування трубопровідних систем технологія врізання під тиском набуває особливої значущості. Ця методика дозволяє здійснювати підключення нових відгалужень, відбір зразків або встановлення клапанів без переривання подачі середовища. Вона є особливо важливою для об'єктів водо-, газо- та теплопостачання, а також у хімічній і нафтогазовій галузях. Процес врізання під тиском реалізується за допомогою спеціалізованого обладнання, яке гарантує герметичність операції та безпечне створення отвору у трубі.

1.1. Основні типи механізмів для врізання під тиском

Свердлильно-різальні машини з адаптером (через кульовий кран)

Це найпоширеніший тип механізмів для врізки в сталеві, чавунні або пластикові труби (рис. 1.1) середнього діаметра (50–150 мм). Вони складаються з:

- Герметичної камери або корпусу.
- Свердлильного вузла (з коронкою або свердлом).
- Механізму подачі інструмента.
- Кріплення до крана або сідельної муфти.



Рисунок 1.1 – RIDGID RT3422 [1]

Пуансонні (перфораторні) врізки

Замість свердла тут застосовується пуансон(рис 1.2), який пробиває отвір у стінці труби, здебільшого тонкостінної. Використовуються переважно для врізання у водопровідні мережі малого діаметра.

- Простота та швидкість монтажу.
- Обмежена міцність та діаметр.

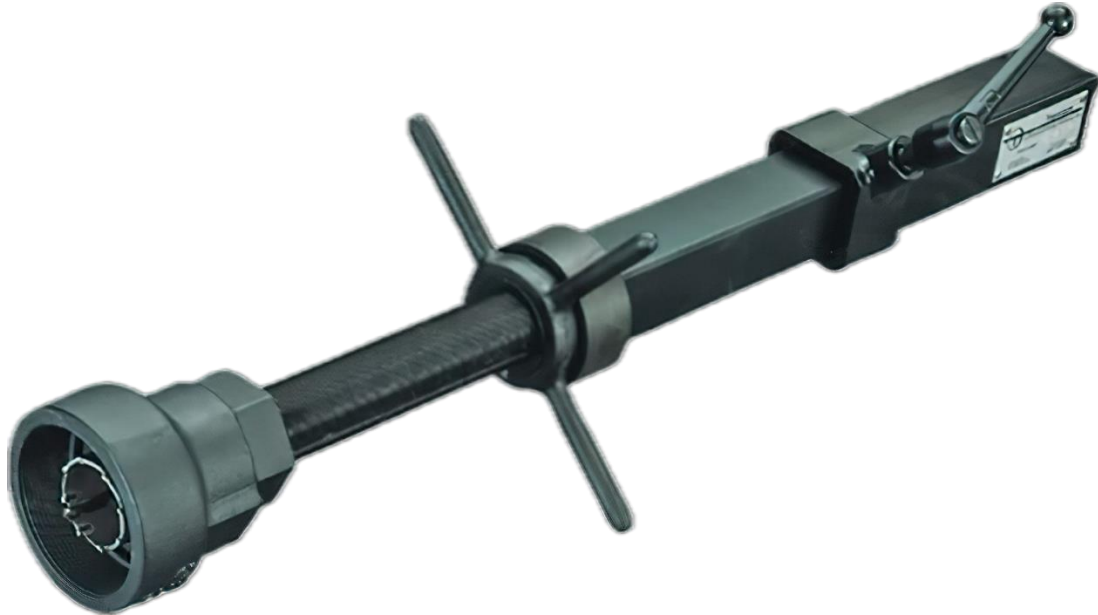


Рисунок 1.2 – TAPMATE too (діаметр до 50 мм) [2]

Hot Tapping система

У сучасній інженерній практиці, де технологічні процеси мають бути безперервними, а зупинка трубопроводів призводить до значних фінансових втрат, ключову роль відіграють методи, що дозволяють обслуговувати мережі без припинення подачі середовища. Одним із найефективніших і найбезпечніших рішень у цій галузі є технологія hot tapping — спеціалізована система врізки в діючі трубопроводи під тиском.

Ця методика передбачає створення нового відгалуження на діючій трубопровідній лінії без необхідності призупинення її роботи. Роботи виконуються за допомогою спеціалізованого обладнання, яке забезпечує

точність і герметичність на всіх етапах процесу. Зокрема, застосовується спеціальна сидельна муфта, яку встановлюють безпосередньо на трубу в зоні врізання. Ця муфта не тільки гарантує міцне кріплення, але й слугує основою для встановлення відгалуження завдяки вбудованому патрубку, до якого під'єднуються подальші елементи системи. На патрубок муфти встановлюється кульовий або ножовий кран. Його роль надзвичайно важлива — це не просто елемент керування потоком, а бар'єр, що дозволяє оператору здійснити врізання без прямого контакту з агресивним або вибухонебезпечним середовищем усередині трубопроводу. Кран встановлюється до початку врізання й виконує функцію тимчасового клапана, що перекриває потік після завершення свердління.

Процес здійснюється за допомогою ключового обладнання, яке представляє собою врізну машину - спеціалізований механізм із телескопічною системою подачі, оснащений фрезерним елементом або кільцевою коронкою. Цей пристрій забезпечує точне і герметичне різання стінки труби. Машина діє через вже встановлений клапан: фрезерний інструмент або коронка проникають через відкритий отвір, розрізаючи трубу зсередини без небезпеки витoku середовища. В результаті, вирізаний сегмент труби, відомий як керн, залишається всередині обладнання й вилучається разом з ним, унеможливаючи потрапляння уламків у систему транспортування (див. рис. 1.4).

Особливу увагу необхідно приділити аспектам безпеки. Технологія "холодного підключення" (hot tapping) дозволяє здійснювати роботи на трубопроводах з високим рівнем тиску, який може досягати 100 бар, та при високих температурах, що іноді перевищують 300°C, навіть якщо ці середовища є вибухонебезпечними, токсичними або агресивними. Це забезпечується завдяки ретельним розрахункам тисків, надійним ущільнювальним матеріалам та сертифікованим компонентам, таким як муфти, клапани та інструменти. Устаткування розробляється та тестується з урахуванням найбільш суворих вимог щодо герметичності та міцності.

Універсальність технології hot tapping також заслуговує на увагу. Вона ефективно функціонує на матеріалах трубопроводів різного типу, включаючи сталеві, чавунні, поліетиленові і композитні конструкції. Методики адаптовані для підключення до систем, які транспортують як питну та технічну воду, так і пару, газу, нафту та хімічні сполуки. Така широка адаптивність робить цю технологію незамінною у промисловості, житлово-комунальному секторі, нафтопереробному комплексі, енергетичній галузі та транспортному сегменті.

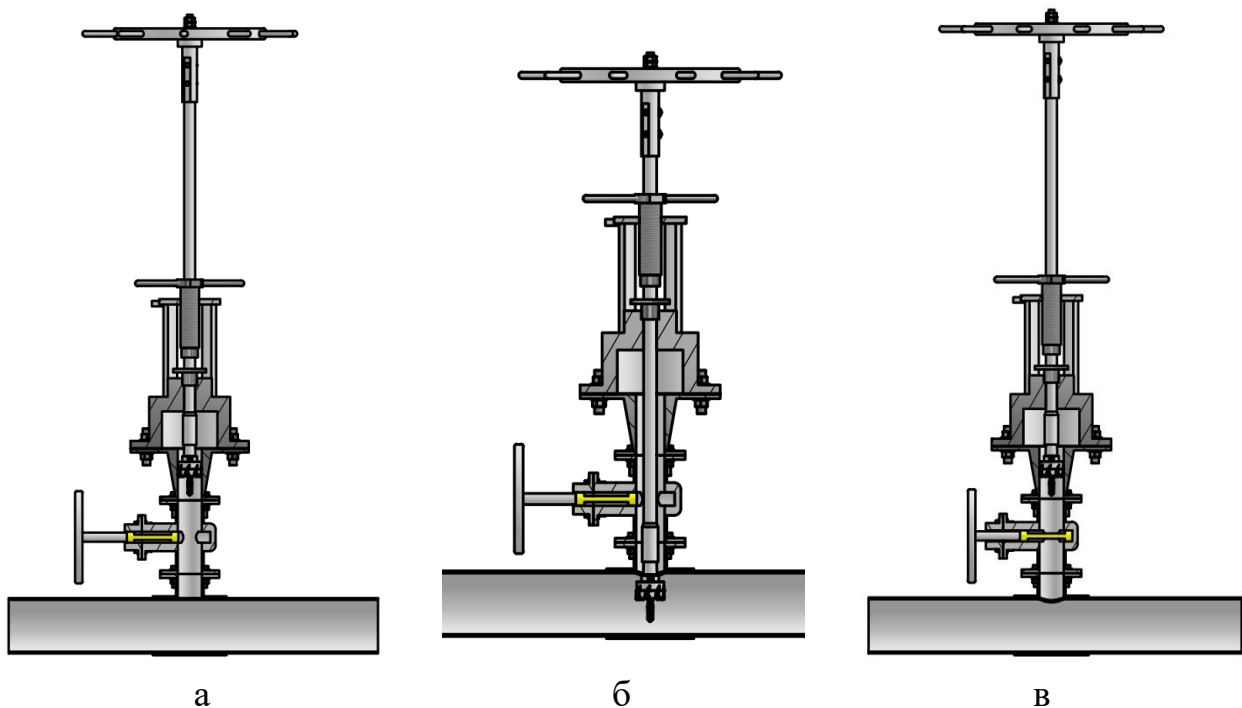
На відміну від застарілих методів, як-от розрізання труб із подальшим зварюванням чи встановлення обтискних хомутів, технологія hot tapping (рис. 1.3) пропонує сучасне, високоточне та передбачуване рішення. Вона забезпечує безпеку персоналу, зберігає цілісність системи та уникає необхідності проведення складних відновлювальних робіт. Завдяки цьому дана методика заслужено вважається стандартом у галузі підключення до трубопроводів під тиском, об'єднуючи технічну досконалість, безпеку і безперервність виробничого процесу (табл. 1.1).



Рисунок 1.3 - Пристрої Hot tapping [3][4][5]

Таблиця 1.1 - Порівняння типів пристроїв

Тип врізки	Свердлильно-різальні машини	Пуансонна врізка	Hot Tapping
Діапазон діаметрів	50–150 мм	до 63 мм	50–500 мм
Тиск (макс.)	до 1,6 МПа	до 1,0 МПа	до 6,3 МПа
Середовище	Вода, газ	Вода	Газ, нафта, вода
Автоматизація	Середня	Ручна	Висока
Герметичність	Висока	Висока	Найвища
Призначення	Побутові та комунальні системи	Тимчасові відводи, бюджетні мережі	Промислові, критичні об'єкти

**Рисунок 1.4** - Схема роботи машини для холодної врізки

а – встановлення машини на трубу, б – свердління, в – виведення інструменту та перекривання клапану

Технологія hot tapping вже зарекомендувала себе як надійний та ефективний спосіб врізання в трубопроводи під тиском, забезпечуючи безперервність процесу. Проте такий високий рівень точності й безпеки був би недосяжним без використання спеціалізованого інструменту, що виконує механічне врізання. Успіх операції, довговічність всієї системи та безпечність роботи з трубопроводами високого тиску значною мірою залежать від якості, конструкційних рішень та технічних характеристик різального обладнання, такого як фрези, свердла та кільцеві коронки. Саме інструмент слугує ключовою ланкою, яка з'єднує об'єкт з технологією, перетворюючи інженерну ідею у практичний результат. Наступним кроком є детальний розгляд видів інструментів, що застосовуються у системах hot tapping, а також оцінка їх переваг і недоліків.

1.2. Різальний інструмент в установках врізання під тиском

Насамперед, різальний елемент повинен функціонувати з максимальною ефективністю навіть за умов постійного внутрішнього тиску в трубопроводі, який може досягати десятків атмосфер. Такий тиск спричиняє зворотний вплив на конструкцію інструменту, яка повинна залишатися стійкою — без деформації, втрати міцності або неконтрольованого розкриття. Внутрішній тиск створює значне навантаження на всі структурні елементи, серед яких особливу увагу слід приділити штоку, направляючим, тримачу коронки чи фрези. Ці компоненти безпосередньо контактують із внутрішньою поверхнею трубопроводу та мають відповідати високим вимогам до стійкості.

Другою критичною вимогою є забезпечення абсолютної герметизації. У даному контексті, будь-яке порушення, на відміну від звичайного свердління, може призвести до аварійного витоку робочого середовища — гарячого пару, газу чи рідини. Технологія hot tapping передбачає застосування кількох захисних механізмів, таких як ущільнювальні кільця, компенсаційні камери для балансування тиску та спеціальні з'єднання (фланцеві або нарізні), які

мінімізують ризик витоків. Герметичність є ключовим чинником впровадження подібних операцій.

Окремої уваги заслуговує необхідність мінімізації утворення стружки. Традиційне свердління чи фрезерування генерує дрібні частинки матеріалу (стружку), які можуть потрапити в потік середовища. Це здатне спричинити зношення обладнання, засмічення клапанів або погіршення якості кінцевого продукту. Для уникнення подібних ускладнень у системах hot tapping використовуються корончаті фрези. Вони вирізають циліндричну заготовку (кern), яка після завершення операції залишається всередині інструмента і видаляється разом із ним, не порушуючи чистоти потоку та забезпечуючи належну експлуатаційну безпеку.

Ще однією важливою умовою є продуктивність та швидкість різання за обмеженого робочого простору. Через обмеження розміру врізної камери довгі свердла чи складні напрямні є неприйнятними. Тому інструмент повинен бути компактним і витримувати навантаження низьких обертів, раптові зміни зусиль та вібрації. Особлива увага приділяється геометрії різального елемента: кутам врізання, типу заточування та конструкції зубців (якщо йдеться про коронки). Ці параметри визначають якість прорізу та тривалість експлуатаційного ресурсу інструмента. Крім того, матеріали, з яких виготовляється різальний елемент, повинні бути термостійкими, зносостійкими та хімічно інертними до робочого середовища трубопроводу. Зазвичай для цих потреб використовують леговану інструментальну сталь з твердосплавними напайками, які здатні працювати на сталевих, чавунних і навіть нержавіючих трубах без втрати різальних властивостей.

Різальний інструмент у системі hot tapping є складним високотехнологічним елементом, від якого залежить не лише ефективне виконання врізки, але й загальна безпека всього процесу. Його основне завдання точно, оперативно та надійно виконати прорізання трубопроводу, запобігаючи будь-яким потенційним помилкам. Саме тому вибору інструменту, його

технічним характеристикам і виробнику приділяється підвищена увага. Під час роботи в умовах врізання під тиском навіть найменші деталі можуть стати вирішальними.

1.3 Типи різальних інструментів для врізання під тиском

Свердло спіральне

Спіральне свердло (рис. 1.5) є традиційним різальним інструментом, що широко використовується в системах врізання під тиском (*hot tapping*) для створення отворів у трубопроводах. Головна його функція полягає в поступовому видаленні матеріалу різанням, що дозволяє забезпечити утворення отвору необхідного діаметра з високою точністю.

Для виконання *hot tapping* застосовуються спеціалізовані свердла, які характеризуються підвищеною міцністю, твердістю та зносостійкістю. Як правило, такі інструменти виготовляють із швидкорізальної сталі або оснащують твердосплавними напайками, що дає змогу використовувати їх для роботи з різними металами — від вуглецевих сталей до нержавіючих сплавів. Особливу увагу приділяють здатності свердла витримувати високі навантаження, зокрема зворотний тиск робочого середовища всередині трубопроводу, а також температурні перепади.

Відмінністю спірального свердла від кільцевих коронок є те, що воно видаляє матеріал у вигляді стружки, яка може потрапляти у потік транспортуваного середовища. Це створює ризик забруднення, що є небажаним у системах, призначених для транспортування нафти, газу чи хімічних речовин. У зв'язку з цим свердла здебільшого використовуються в таких умовах, де вплив потенційного забруднення потоку є незначним.

Додатковою особливістю спіральних свердел є те, що їх використання вимагає більше робочого простору, потужнішої врізної машини, а також

ретельнішого контролю процесу охолодження й видалення стружки. У ситуаціях із обмеженим простором або суворими вимогами до чистоти продукту вони часто замінюються кільцевими коронками.

Незважаючи на це, спіральне свердло залишається надійним та перевіреним інструментом для врізання під тиском, особливо під час створення отворів середнього та великого діаметра в трубах зі значним запасом міцності. Однак його використання вимагає ретельного планування через ризик потрапляння стружки до потоку та необхідність додаткових заходів безпеки.



Рисунок 1.5 - Свердло спіральне [6]

Свердло ступінчасте

Ступінчасте свердло є спеціалізованим інструментом, який призначений для виконання отворів різного діаметра за один прохід. Його різальна частина складається з послідовних ступенів, кожен з яких має свій діаметр і ріже лише до певної глибини. Завдяки такій конструкції, цей інструмент дозволяє створювати отвори різних розмірів, поступово розширюючи їх без необхідності зміни інструменту. Ступінчасті свердла найчастіше використовуються для обробки тонкостінних матеріалів, таких як листовая сталь, кольорові метали та пластик. Їх перевага полягає в зменшенні деформації матеріалу під час свердління та забезпеченні високої якості краю отвору. Для зручності використання на поверхні інструменту часто наносять маркування з діаметрами кожного ступеня.

Конструктивно ступінчасте свердло(рис 1.6) має деякі спільні риси зі звичайним спіральним свердлом:

- Обидва інструменти працюють за принципом обертального різання.
- Обидва мають спіральні канавки, призначені для виведення стружки із зони різання.
- Вони встановлюються у ті самі типи патронів і можуть працювати на аналогічних свердлильних установках.



Рисунок 1.6 - Свердло ступінчасте [7]

На відміну від спірального свердла, ступінчасте свердло не забезпечує рівномірного наскрізного отвору постійного діаметра, що обмежує його використання у випадках, де необхідна точна геометрія отвору. Це особливо важливо при подальшому монтажі труб, арматури чи ущільнювальних компонентів. Під час виконання операцій врізання під тиском (hot tapping) у діючі трубопроводи пред'являються особливі вимоги щодо безпеки, точності та якості обробки. У зв'язку з цими аспектами ступінчасте свердло виявляється неприйнятним варіантом для таких завдань. Основні причини цього включають:

- Неможливість отримати наскрізний отвір з чітким діаметром.
- Велика кількість стружки.
- Складність контролю моменту прорізання труби.

Коронка (кільцеве свердло) — найкращий інструмент для систем hot tapping

Коронка (рис. 1.7) є одним із найпоширеніших та найефективніших інструментів для різання, які застосовуються в системах врізання під тиском (hot tapping). Вона являє собою кільцеподібний різальний елемент, який створює отвір шляхом виокремлення циліндричного фрагмента металу — керна, замість подрібнення матеріалу у вигляді стружки, як це типово для свердел чи торцевих фрез. Завдяки такому підходу коронки особливо ефективні під час роботи з трубопровідними системами, де важливими є збереження чистоти потоку та мінімізація ризику забруднення.

Матеріалом для виготовлення коронок є високоякісна швидкорізальна сталь із вставками з твердосплавних матеріалів або спеціалізованих сплавів, що забезпечують високий рівень зносостійкості, міцності та стійкості до високих температур. Це дозволяє коронкам успішно виконувати різальні операції навіть при роботі з трубами, що мають значну товщину стінок або виготовлені з різноманітних металевих матеріалів.

Конструкція зубців коронок може змінюватися залежно від експлуатаційних потреб і передбачає варіації у куті нахилу, формі та розташуванні. Такі конструктивні особливості дозволяють оптимізувати процес різання відповідно до специфіки матеріалу, товщини стінки труби й величини тиску. Коронки зазвичай оснащені спеціалізованими системами кріплення та герметизації, які сприяють стабільній і надійній роботі навіть в умовах високого тиску.

Основною перевагою коронок є їхня універсальність і надійність, що робить їх ідеальним вибором для більшості завдань, пов'язаних із технологією hot tapping. Вони гарантують швидке, точне та безпечне прорізання трубопроводів, що особливо важливо для промислових секторів із суворими

стандартами якості та безпеки, таких як нафтогазова, хімічна й енергетична галузі.

У результаті коронка стає незамінним інструментом у процесах врізання під тиском, забезпечуючи оптимальне поєднання ефективності, надійності та високого рівня виконання роботи.



Рисунок - 1.7 Коронка [8]

Висновки до розділу

У цьому розділі було проаналізовано основні типи обладнання, що використовується для врізання в трубопроводи під тиском. Було з'ясовано, що технологія врізання без зупинки подачі середовища є критично важливою для сучасної інфраструктури, зокрема в галузях водопостачання, енергетики та нафтогазової промисловості. Проведене порівняння технологій показало, що найбільш надійною, безпечною та адаптивною є система *hot tapping*, яка дозволяє виконувати роботи при високому тиску без порушення герметичності.

Важливим аспектом є вибір різального інструменту. Було визначено, що кільцеві коронки з твердосплавними напайками є найефективнішим варіантом для холодного врізання, оскільки вони дозволяють вирізати суцільний керн без утворення стружки, яка може потрапити в потік. Такі інструменти забезпечують чистоту процесу, мінімізують ризики та підвищують надійність виконання врізки. Таким чином, результати аналітичного розділу обґрунтовують вибір конструкції коронкового інструменту як оптимального рішення для реалізації поставленої задачі в умовах роботи під тиском.

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Вибір конструктивних та геометричних параметрів кільцевого свердла

Задані параметри по технічному завданню: діаметр коронки може бути від 40 мм до 65 мм, приймаємо 65 мм, бо максимальні осьова сила та крутний момент будуть при максимальному діаметрі інструменту. Діаметри труби може становити від 150 мм до 217 мм при товщині стінки до 5 мм, для розрахунків використовуємо діаметр 150 мм при якому будуть найбільш несприятливі умови для врізки.

Для початку треба підібрати матеріали для корпусу і пластинок. Для корпусу основними параметрами будуть міцність та зносостійкість, і при тому щоб цей матеріал був не дорогим та розповсюдженим. Одним з найкращий варіантів є сталь 40X(Вуглець (C): 0,36-0,44%; Кремній (Si): 0,17-0,37 %; Марганець (Mn): 0,50-0,80 %; Фосфор (P): не більше 0,035 %; Сірка (S): не більше 0,035 %; Хром (Cr): 0,80-1,10 %; Нікель (Ni): не більше 0,30 %; Мідь (Cu): не більше 0,30 %; Залізо (Fe): близько 97 % .) [9]

Вона відмінно витримує великі навантаження та довгу роботу. Також при умові в коронці напаяваних пластин, цей матеріал має хорошу зварюваність і тому добре підійде для поставлених задач. У контексті холодної врізки потрібна жорсткість без зайвої крихкості — це дає саме 40X.

При виборі матеріалу для пластин, найкращим виявився ВК8 (WC: 92% W + 8% Co) [10], він широко використовується для обробки сталі та чавуну на малих швидкостях. Може витримувати роботу при ударних навантаженнях, що можуть виникати при ручній подачі та обертах, має твердість HRA 89–91 і ударну в'язкість вище за ВК6 за рахунок більшого вмісту кобальту (приблизно 8%). Порівняно з ВК6 або Т5К10, ВК8 краще підходить для різання сталі 40 на малих обертах (≤ 10 об/хв) та не вимагає високої швидкості для самоочищення зуба.

Наступним кроком вибір кількості зубів. Типовими значеннями в стандартних інструментах є 6-10 зубців. Це забезпечує нормальну роботу але в умовах для яких робіт вони створені. В даному випадку це 8, така кількість забезпечує рівномірне навантаження, при меншій кількості зубців (3-4 шт.) на кожен зуб прикладені значно більші зусилля що призводить до поломок. Допомагає відводу стружки, бо чим більше зубців тим стружка буде меншою, і так її простіше відводити. При обертах 5–10 об/хв зуби мають достатньо часу на врізання без перегріву — на відміну від високошвидкісної обробки.

Для забезпечення жорсткого з'єднання коронки приймаємо в якості хвостовика конус морзе №4, його застосування забезпечить надійне з'єднання інструменту з приводом, що гарантує достатню жорсткість та передачу крутного моменту без провертання. Конус здатен витримувати осьові та радіальні навантаження, що виникають під час процесу холодного врізання, його довжина 110 мм.

З урахуванням викладених вище параметрів, конструкція кільцевого свердла повинна забезпечувати не лише необхідну жорсткість і надійність з'єднання з приводом, але й ефективне виконання процесу різання в умовах обмеженого простору та підвищених навантажень. При цьому важливу роль відіграє вибір геометричних розмірів свердла, які безпосередньо впливають на глибину врізання, стійкість інструменту, а також рівномірність розподілу навантаження під час роботи.

Одним із ключових параметрів, який необхідно визначити на етапі конструювання, є мінімальна глибина різання свердла H_{\min} . Цей параметр визначається з урахуванням загальної геометрії свердла, діаметра корпусу, товщини стінки та радіального розміщення різальних елементів.

Для точного визначення цього параметра звернемося до схеми кільцевого свердла (рис.2.1), наведеної нижче. Вона ілюструє взаємне розміщення конструктивних елементів свердла, а також основні розміри, необхідні для обчислення H_{\min} :

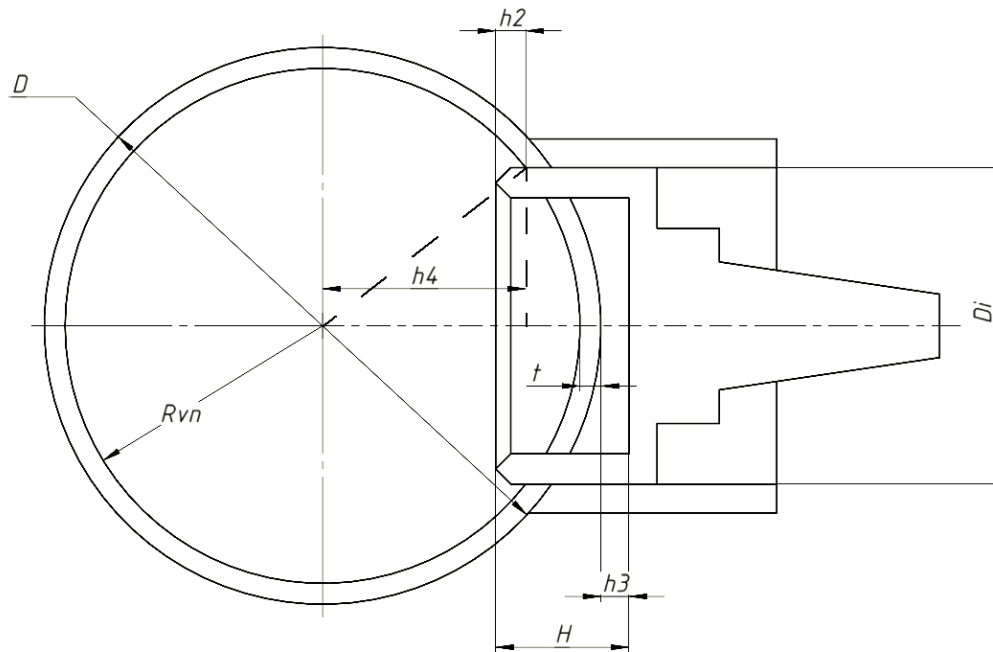


Рисунок 2.1- Схема врізки коронки в трубу та визначення мінімальної глибини свердла

$$H_{min} = h_2 + \left(R_{vn} - \sqrt{R_{vn}^2 - R_i^2} \right) + t + h_3$$

$$H_{min} = 10 + \left(70 - \sqrt{70^2 - 32,5^2} \right) + 5 + 5 = 28 \text{ мм}$$

$$R_{vn} = \frac{D}{2} - t = \frac{150}{2} - 5 = 70 \text{ мм}$$

$$R_i = \frac{D_i}{2} = \frac{65}{2} = 32,5 \text{ мм}$$

У результаті проведених розрахунків було встановлено, що мінімальна необхідна глибина врізання свердла становить 28 мм. Цей показник визначено з урахуванням геометричних параметрів коронки, конструктивних особливостей вузла з'єднання.

Однак, незважаючи на те, що отримане значення задовольняє основні вимоги для реалізації процесу різання, з практичної точки зору та з метою підвищення експлуатаційної надійності конструкції, було прийнято рішення

збільшити глибину врізання до 38 мм. Такий вибір зумовлений декількома чинниками:

– **Запас на зношування:** Збільшення глибини дозволяє компенсувати зношування різальних кромки без потреби у частій заміні або налаштуванні інструменту.

– **Універсальність використання:** У випадку використання нестандартних або дещо товстіших стінок труб, як це часто буває у нафтогазовому обладнанні, додаткова глибина гарантує, що труба буде прорізана наскрізь, без перешкод.

Таким чином, вибрана глибина врізання 38 мм є технічно і конструктивно обґрунтованою, забезпечуючи надійність, довговічність та стабільність роботи свердла в умовах змінного навантаження та можливих відхилень у геометрії заготовок.

Наступним кроком при проектуванні конструкції є визначення оптимального розташування свердла-мітчика по глибині. Правильне позиціонування цього елемента впливає на ефективність процесу загалом.

Проте такий інструмент матиме певні особливості, пов'язані саме з наявністю різьбонарізної частини, оскільки величина осьової подачі закладена в конструкцію і дорівнює кроку різьби, яка нарізається. Тому розглянемо положення інструменту в різні моменти його роботи (рис. 2.2).

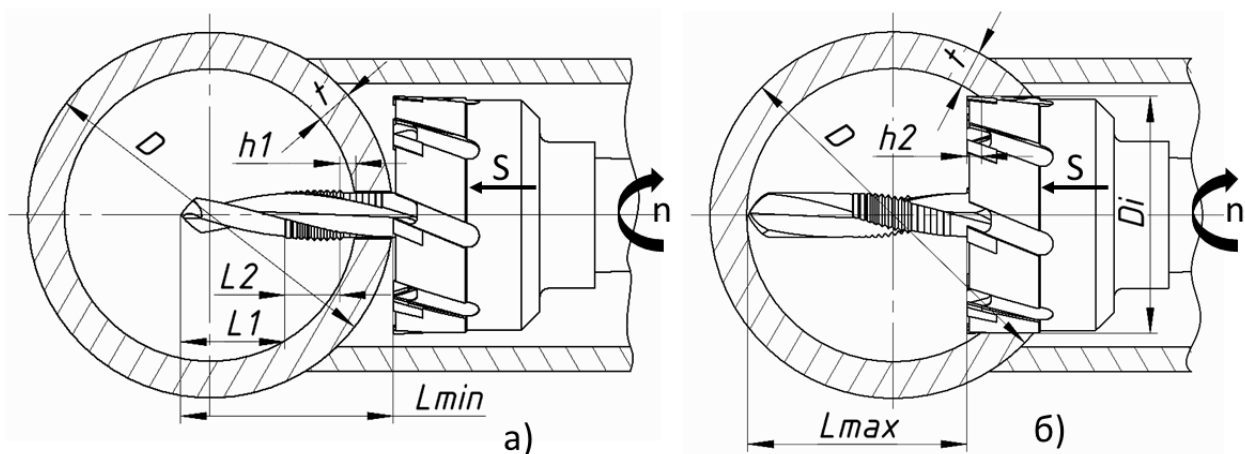


Рисунок. 2.2 - Розташування інструменту в різні моменти часу роботи

Врізання кільцевого свердла повинно відбуватися лише тоді, коли різьбонарізна частина свердла-мітчика повністю пройде тіло стінки труби і вийде назовні на певну величину h_1 (рис. 2а). Відповідно для забезпечення послідовної роботи свердла-мітчика і кільцевого свердла мінімальний виліт свердла-мітчика відносно торця кільцевого свердла повинен бути:

$$L_{min} = L_1 + L_2 + h_1 + t = 30 + 15 + 2 + 5 = 52 \text{ мм},$$

де L_1 – довжина робочої частини свердла; L_2 – довжина різьбової частини, h_1 – величина перебігу при нарізанні різьби; t – товщина стінки труби.

При прорізанні стінки кільцевим свердлом необхідно забезпечити деяку величину h_2 (рис. 2б) перебігу свердла, при цьому свердло-мітчик не повинен врізатися в протилежну стінку труби. Тому лімітованою є не лише мінімальний, а і максимальний виліт свердла-мітчика. Величина максимально можливого вильоту свердла-мітчика відносно торця кільцевого свердла визначається за залежністю:

$$L_{max} = \frac{D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 - D_i^2}}{2} - h_2,$$

$$L_{max} = \frac{150}{2} + \frac{\sqrt{150^2 - 10,2^2}}{2} - 5 \approx 145 \text{ мм},$$

де D – зовнішній діаметр труби; D_i – діаметр кільцевого свердла; h_2 – величина перебігу кільцевого свердла.

Слід також відзначити, що при використанні пристроїв з автоматичною подачею для такого інструменту повинна бути забезпечена певна величина осьового переміщення свердла-мітчика відносно кільцевого свердла, необхідна для компенсації різниці автоматичної подачі штоку пристрою, на якому закріплюється інструмент та подачі при роботі різьбонарізної частини свердла-мітчика, адже його подача закладена в конструкцію і дорівнює кроку різьби, яка нарізається.

Мінімальна величина необхідного осьового переміщення Δ_{oc} може бути розрахована за залежністю:

$$\Delta_{oc} = (p - S_o) \cdot (t/p + n),$$

$$\Delta_{oc} = (1,75 - 1,5) \cdot (5/1,75 + 5) = 1,964 \text{ мм},$$

де p – крок різьбонарізної частини свердла-мітчика; S_o – величина автоматичної подачі [мм/об] штоку пристрою для врізання в трубу; n – кількість витків різьбонарізної частини свердла-мітчика.

Для забезпечення ефективної обробки та належної якості поверхні необхідно правильно обрати геометрію різця.

Передній кут $\gamma = 8^\circ$ Обрано для підвищення міцності різальної кромки при обробці сталі 40 твердим сплавом ВК8. Задній кут $\alpha = 12^\circ$ Забезпечує мінімальне тертя задньої поверхні об стінки отвору при ручній обробці. Комбінація кутів $8^\circ/12^\circ$ оптимальна для твердих сплавів при чорновій обробці

Кути в плані для різальних кромок приймаємо рівними 60° , що забезпечить заточку схожу на заточку свердла з подвійним кутом в плані 120° , що забезпечить плавність врізання та розподіл припуску між кромками.

2.2 Побудова 3D моделі

Відповідно до конструктивних параметрів, наведених у пункті 2.1, розпочинається побудова 3D-моделі інструменту. На першому етапі створюється базовий ескіз (рис. 2.3), який відображає поперечний профіль заготовки коронки з урахуванням основних геометричних розмірів.

Після побудови ескізу виконується операція обертання навколо осі симетрії за допомогою інструменту «Обертання», у результаті чого формується базова об'ємна модель заготовки (рис. 2.4). Отримана геометрія служить основою для подальшого моделювання отворів, фасок, посадкових місць та елементів кріплення твердосплавних пластин, які деталізуються на наступних етапах проєктування.

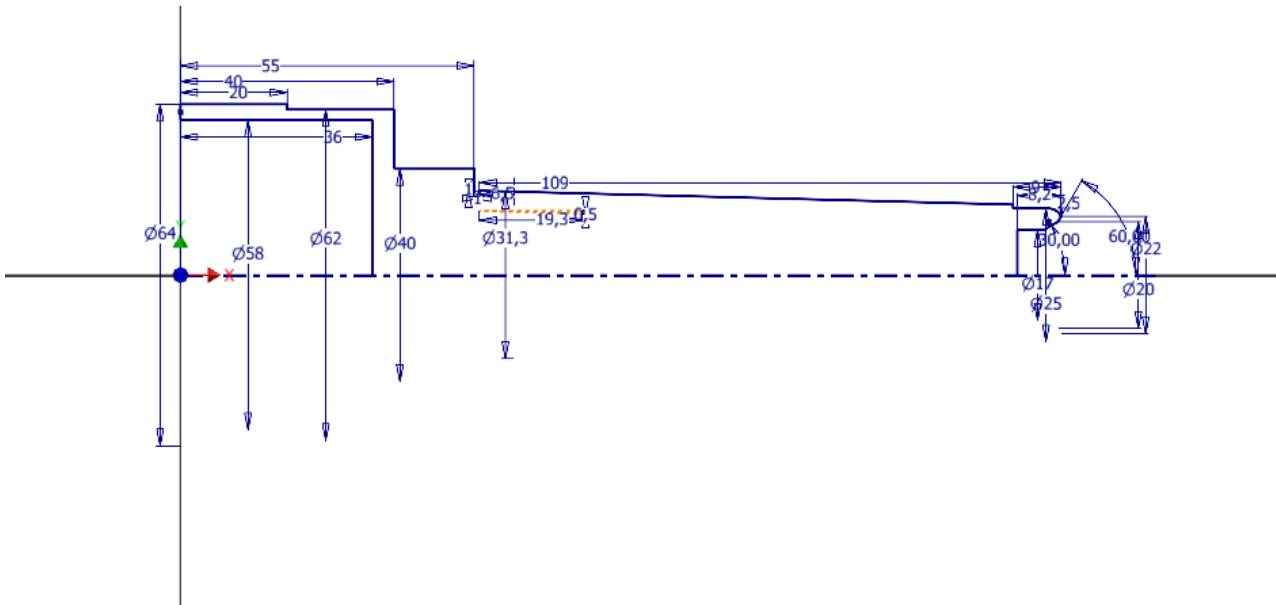


Рисунок 2.3 - Побудова ескізу для обертання заготовки

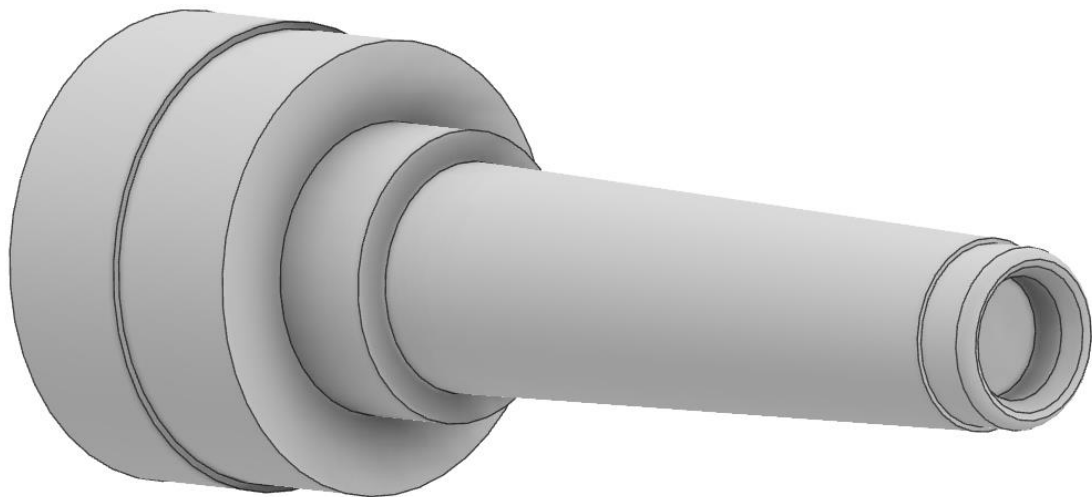


Рисунок 2.4 - Результат обертання ескізу для формування тіла заготовки

Для завершення формування геометрії хвостовика, у задній частині об'ємної моделі створюється центральний різьбовий отвір. З цією метою використовується інструмент «Отвір».

На цьому етапі встановлюються необхідні характеристики — діаметр та крок згідно з метричним стандартом M16×2. Таким чином, формується внутрішня різьба, яка передбачена конструкцією для з'єднання інструменту з подаючим або приводним вузлом (рис. 2.5). Отвір розташовується строго по осі симетрії моделі, що забезпечує концентричність і точність при збиранні.

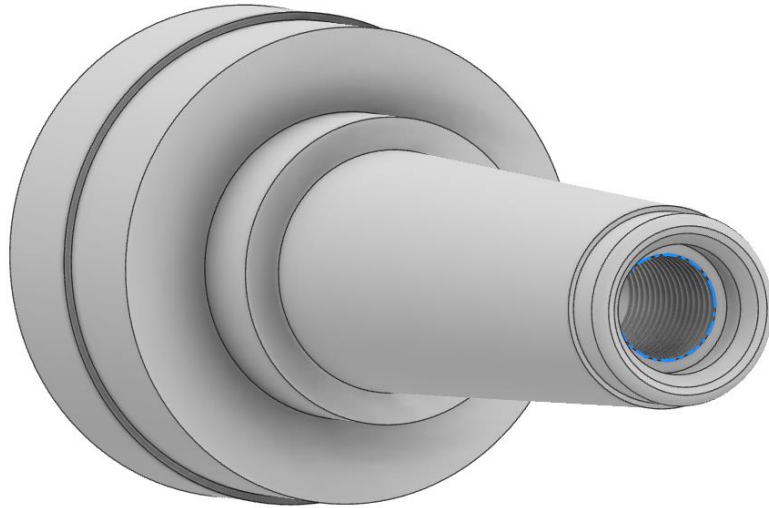


Рисунок 2.5 - Створення різьбового отвору у задній частині хвостовика

Щоб отримати всі необхідні фаски використовуємо функцію «Фаска» і будуємо 4 фаски $1 \times 45^\circ$ (рис. 2.6).

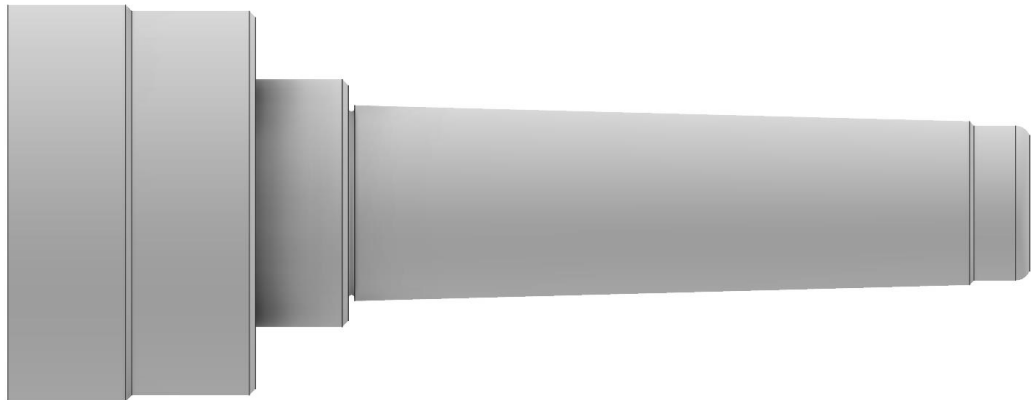


Рисунок 2.6 - Зняття фасок

Наступним етапом є формування різальної частини коронки. Для цього починаємо з побудови першої стружковідвідної канавки. На відповідній площині створюємо ескіз, після чого за допомогою інструменту «Видавлювання» видаляємо матеріал, формуючи необхідну геометрію канавки. (рис 2.7).

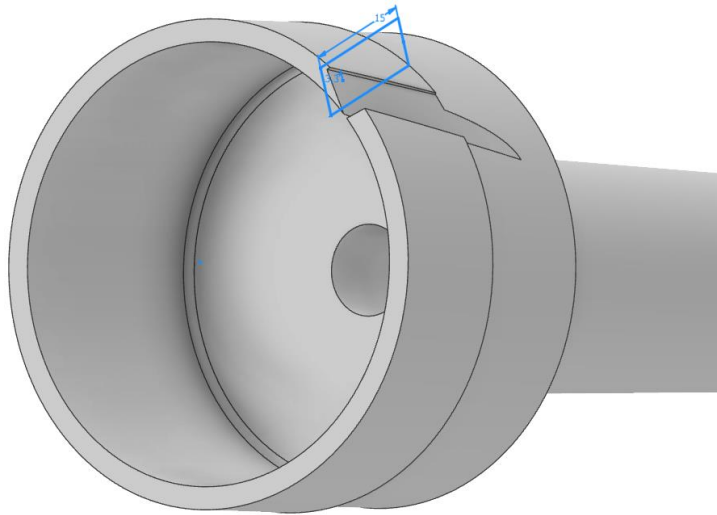


Рисунок 2.7 - Видавлювання стружковідводної канавки

Після цього потрібно забезпечити місце для напаявання пластинки, для цього побудуємо ескіз і видавимо на відповідну глибину (рис2.8).



Рисунок 2.8 - Видавлювання місця під пластинку

Далі підфрезерування стружковідводної канавки, функція «Видавлювання», і по накресленому раніше ескізу видавлюємо на всю глибину(рис. 2.9).

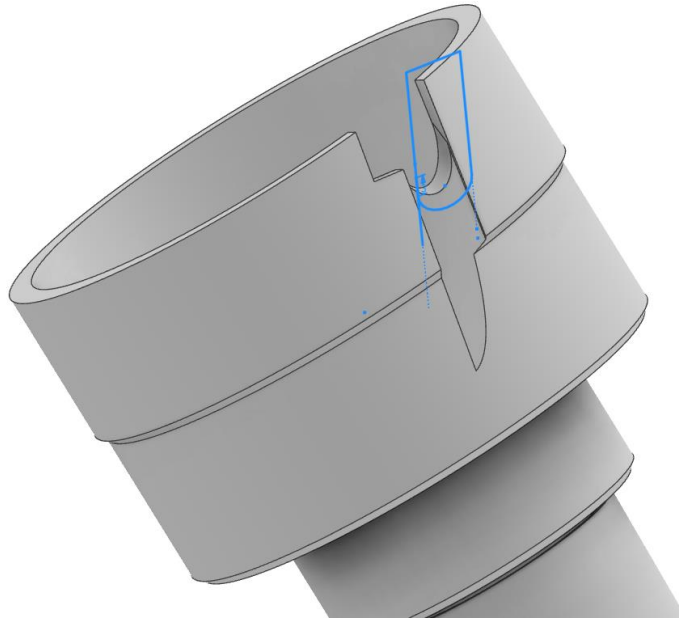


Рисунок 2.9 - Видавлювання канавки

Для завершення побудови геометрії коронки (без урахування різців) виконуємо копіювання останніх трьох операцій, пов'язаних з формуванням стружковідвідної канавки. Для цього використовуємо інструмент "Масив по колу", задаючи кількість повторень — 8, відповідно до кількості різальних сегментів. (рис. 2.10).

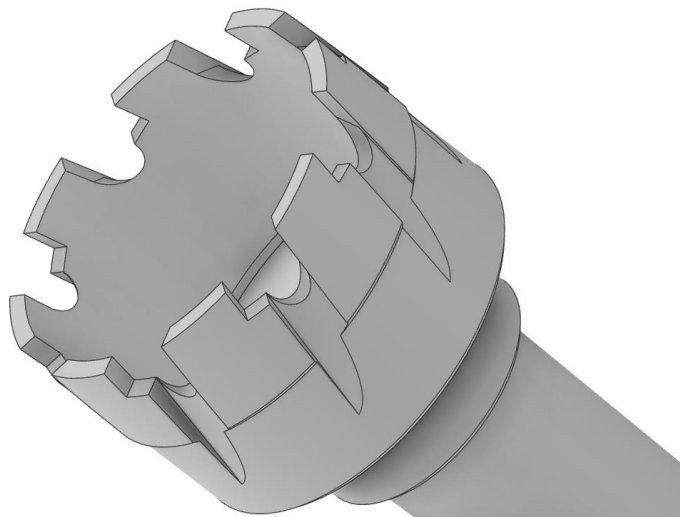


Рисунок 2.10 - Розмноження елементів різальної частини за допомогою масиву

Наступним кроком побудуємо ескіз і видаavimo необхідні нам зубці коронки на довжину 4 мм, та розмножимо за допомогою масива на 8 частин(рис.2.11).

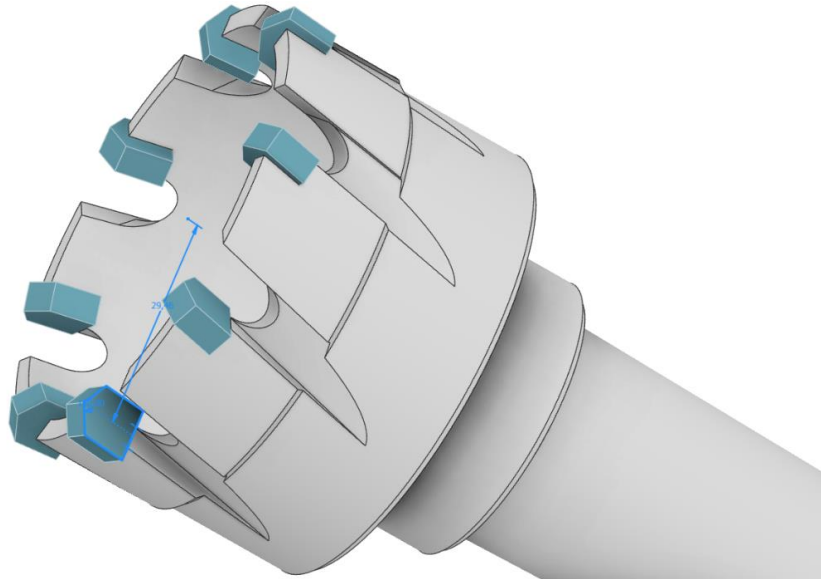


Рисунок 2.11 - Побудова зубців

Переходимо до формування геометрії різців. Створюємо ескіз, який відповідає контуру заточеного різця, з урахуванням скосів по внутрішньому та зовнішньому діаметрах. Далі виконуємо вирізання матеріалу за допомогою інструмента "Видавлювання" (Extrude Cut) уздовж заданого профілю. (рис.2.12).

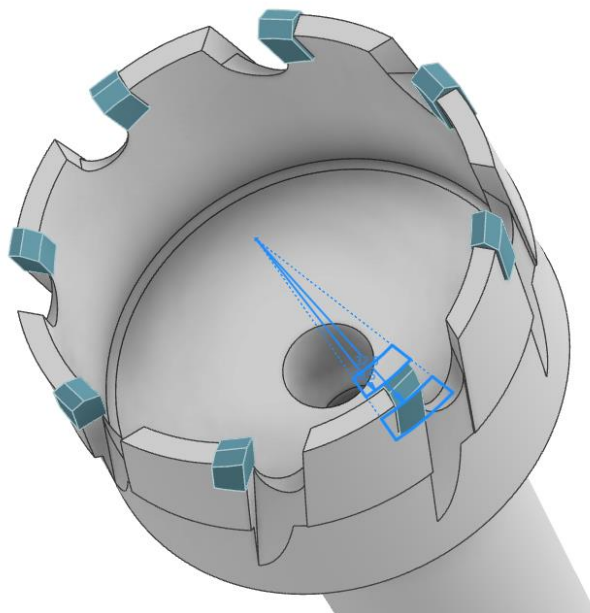


Рисунок 2.12 - Формування профілю різця

Наступним етапом побудови моделі є формування задніх кутів на різальних зубцях коронки, що необхідні для забезпечення ефективної роботи інструменту — зменшення тертя та полегшення процесу різання. Для цього створюємо два окремі ескізи із відповідними профілями вирізів, які задають геометрію задніх кутів на різальній частині. Кожен із цих ескізів вирізується за допомогою інструмента "Видавлювання" з певним нахилом. Після побудови обох вирізів використовуємо інструмент "Масив по колу", щоб розмножити ці елементи на всі різальні сегменти — відповідно до кількості зубців. Такий підхід дозволяє рівномірно сформувати заточку по всьому периметру коронки, забезпечивши правильну геометрію для роботи.(рис. 2.13).

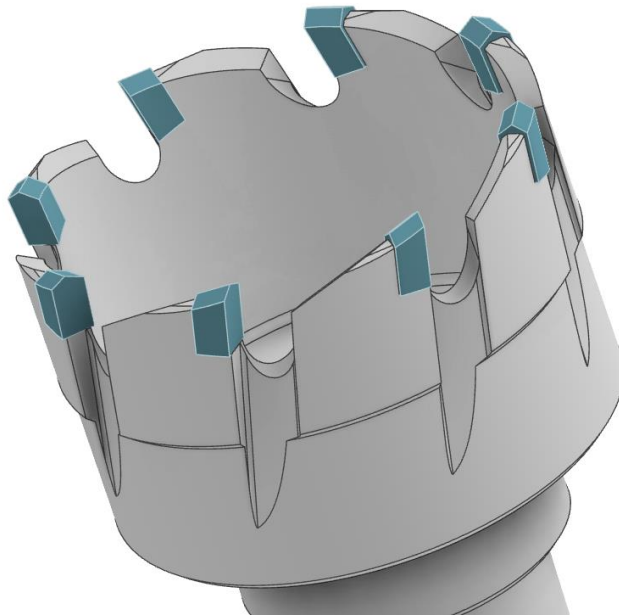


Рисунок 2.13 - Побудова задніх кутів коронки

Завершальним кроком є створення допоміжних елементів для кріплення та фіксації інструменту. По боковій поверхні хвостовика виконується зняття лиски глибиною 1 мм, що забезпечує точну посадку інструмента та виключає його провертання під час роботи. Далі створюється отвір діаметром 5 мм з різьбленням (M5), який слугує для встановлення фіксуючого гвинта. На завершення в передній частині отвору формується циліндричне розширення діаметром 9 мм, що видно на представленому зображенні(рис. 2.14).

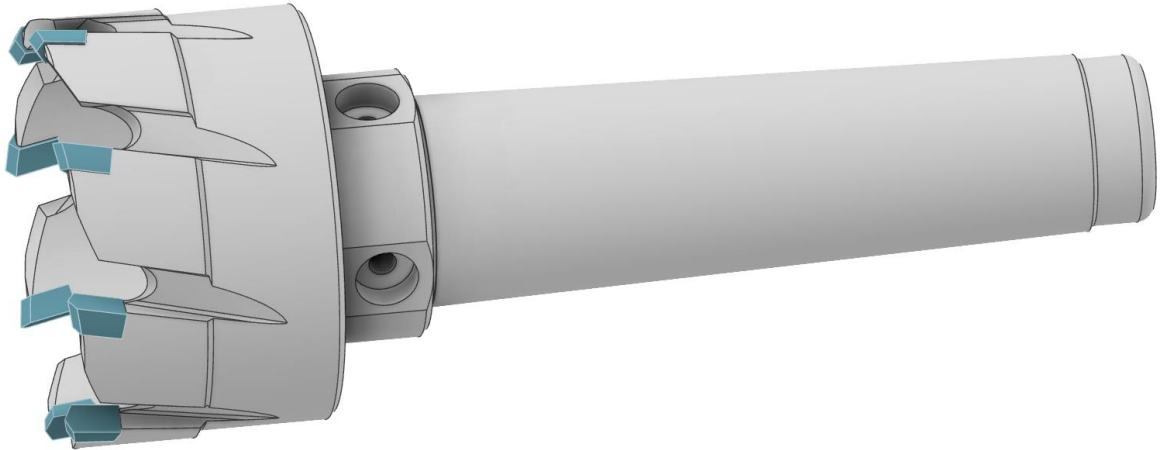


Рисунок 2.14 - Фінальні елементи моделі: лиски, різьбові отвори М5 і отвори діаметром 9,5 мм

2.3 Розробка конструкторської документації

Завершальним етапом процесу конструювання є підготовка повного комплекту конструкторської документації, який включає складальне креслення інструменту, специфікацію та робоче креслення кільцевого свердла. Цей етап має критичне значення, адже саме він забезпечує можливість виготовлення, збирання та експлуатації інструменту відповідно до встановлених технічних вимог і стандартів.

Складальне креслення створене на основі збірної 3D-моделі інструменту. Використовуючи цю модель, було детально перевірено усі посадкові з'єднання та взаєморозташування елементів, що дозволяє гарантувати надійність та безперебійність роботи інструменту в умовах експлуатації.

У складальному кресленні представлені всі необхідні позначення, розміри, умовні графічні зображення, а також таблиця специфікації зі списком основних складових елементів. Це креслення виконує роль базового документа для виробничого процесу, слугуючи основою під час виготовлення, збирання та перевірки готового виробу. На рисунку 2.15 наведено складальне креслення кільцевого свердла. У ньому наочно продемонстровано конструкцію

інструменту в зібраному вигляді із зазначенням взаєморозташування ключових компонентів та методів їх з'єднання.

Додатково створено детальне креслення коронки (рис.2.16) — головного елемента інструменту, що виконує різання під час врізання в трубу. У кресленні визначено геометричні параметри коронки. Також вказано технічні вимоги до обробки, граничні допуски, шорсткість поверхонь і матеріал виготовлення. Це креслення є ключовою основою для точного виробництва деталі згідно з проектною моделлю.

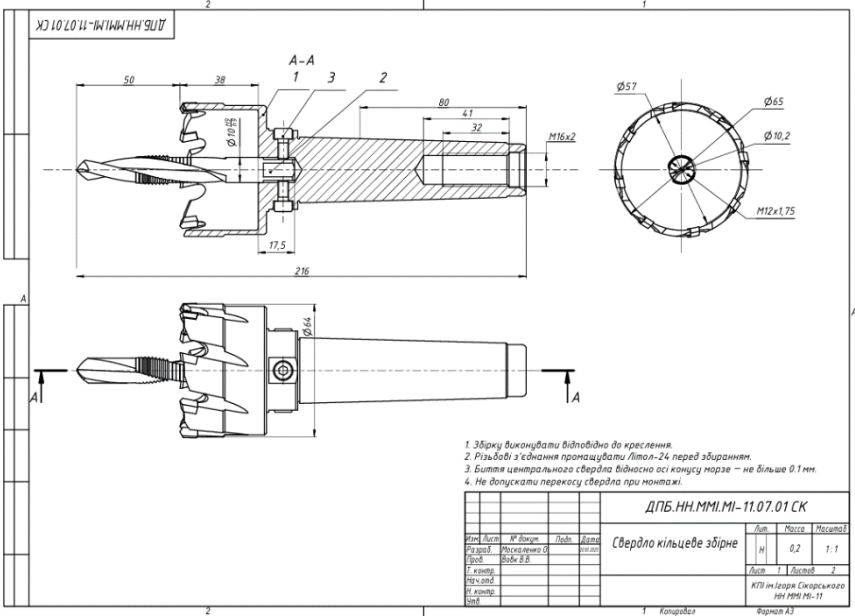


Рисунок 2.15 - Кільцеве свердло складальний кресленник

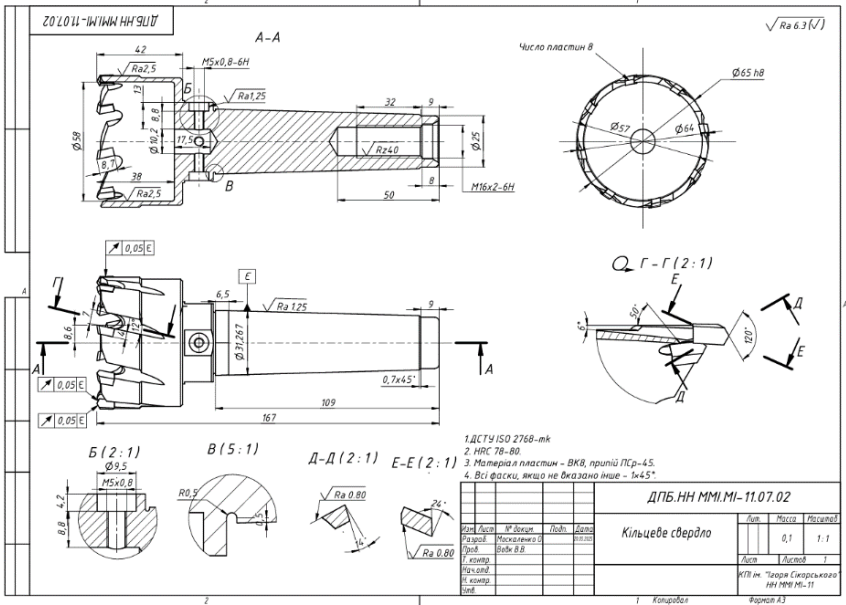


Рисунок 2.16 - Кільцеве свердло креслення

Висновки до розділу

У цьому розділі виконано повний цикл розробки конструкції інструменту для врізання під тиском. На основі технічних вимог було обрано оптимальні матеріали — зносостійку конструкційну сталь 40X для корпусу та твёрдосплав ВК8 для зубців, що забезпечують довговічність та здатність працювати при ударних навантаженнях. Проведено обґрунтування геометричних параметрів, включно з кількістю зубців, кутами різання та конусністю хвостовика, що сприяє стабільній роботі при низьких обертах і ручній подачі.

У результаті створена 3D-модель інструменту, яка дозволила візуалізувати всі конструктивні елементи, перевірити їхню взаємодію та підготувати робочі креслення. Конструкція коронки забезпечує як функціональність, так і надійне з'єднання з приводом.

Таким чином, у цьому розділі було досягнуто головної мети — створено конструкцію інструменту, готову до впровадження у виробництво та практичне застосування.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНСТРУМЕНТУ

3.1 Технологічна карта виготовлення інструменту кільцевого свердла

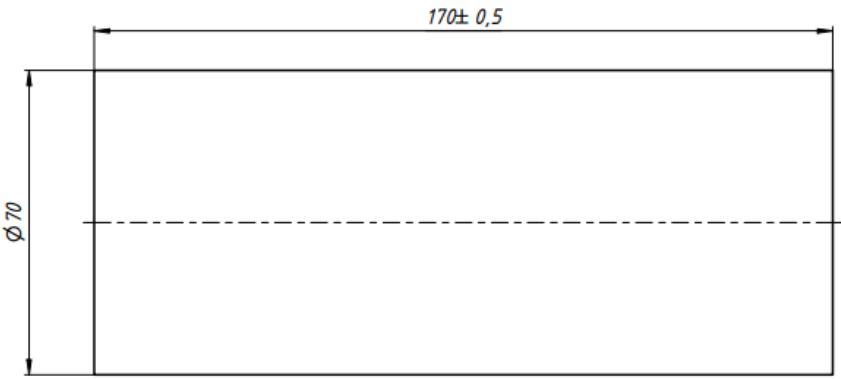
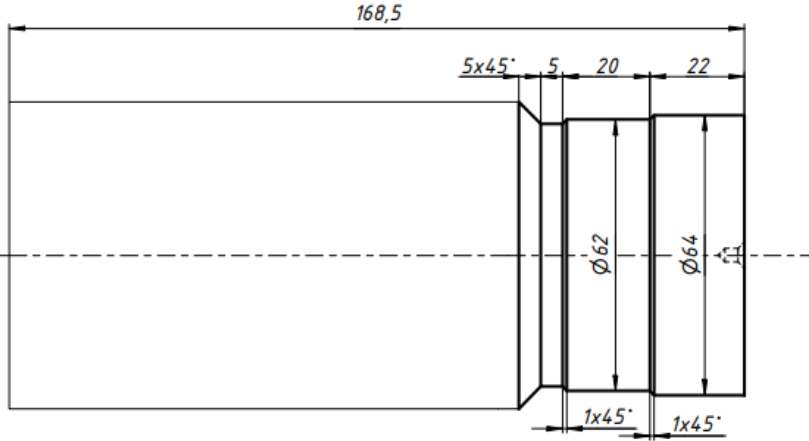
Технологічний процес є невід'ємною складовою частиною загального виробничого циклу та відіграє ключову роль у досягненні необхідної якості готового виробу. Саме від правильності побудови технологічної послідовності залежить надійність та ефективність роботи деталі в експлуатаційних умовах.

Розробка технологічного процесу виготовлення коронки для хот-тапінг машини дозволяє забезпечити такі переваги:

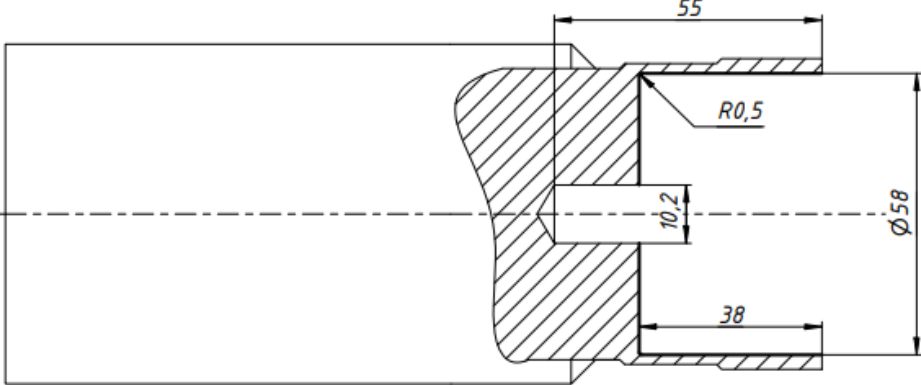
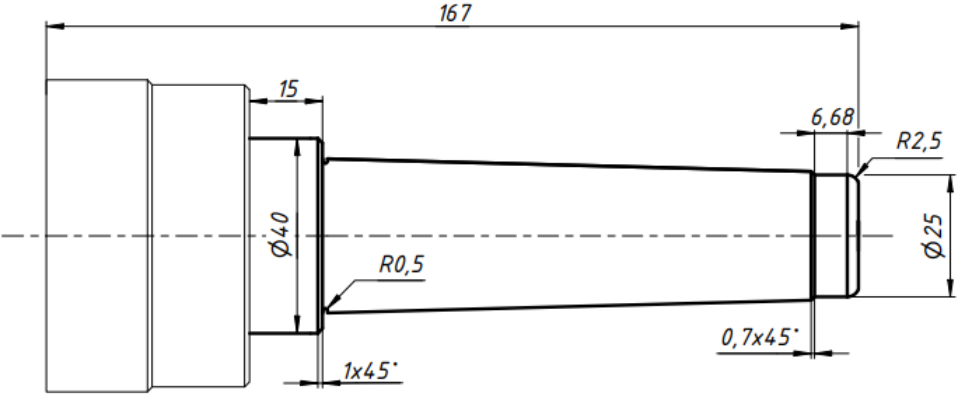
- досягнення необхідного рівня точності та якості готового виробу;
- оптимізацію процесу виготовлення з урахуванням витрат часу, ресурсів та енергії;
- спрощення організації та управління виробничими операціями.

Для виготовлення коронки необхідно дотримуватись певної послідовності технологічних етапів. У процес входять такі основні операції: підготовка заготовки, токарна обробка на верстаті з ЧПК, багатофункціональна обробка, термічна обробка (у разі необхідності для підвищення твердості), фрезерування на верстатах з ЧПК, а також остаточне круглошліфування. Кожен із цих етапів є важливим для формування точних геометричних параметрів і функціональних характеристик деталі.

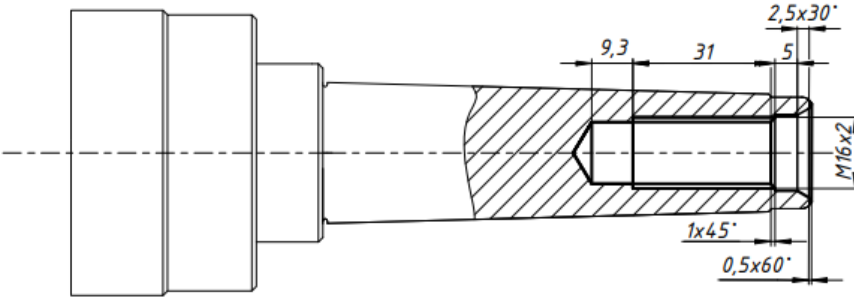
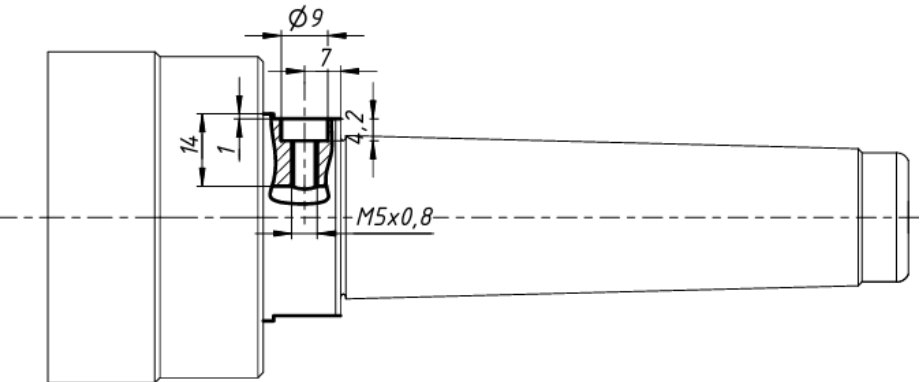
Таблиця 3.1 - Технологічний процес виготовлення кільцевого свердла

Назва та номер операції	Опис операції	Операційний ескіз	Верстат	Пристосування
005 Заготівельна	Відрізання заготовки	 <p>Technical drawing of a cylindrical blank. The length is $170 \pm 0,5$ mm and the diameter is $\varnothing 70$ mm.</p>	HAAS TL-2P	Патрон
010 Токарна з ЧПК	Підрізка торцю, центрування, точіння зовнішньої поверхні	 <p>Technical drawing of a turned ring drill bit. The total length is $168,5$ mm. The drawing shows a chamfered end with a $5 \times 45^\circ$ angle, a 5 mm chamfer, a 20 mm diameter section, and a 22 mm diameter section. The diameters are $\varnothing 62$ and $\varnothing 64$. The chamfer angles are $1 \times 45^\circ$.</p>	HAAS TL-2P	Патрон

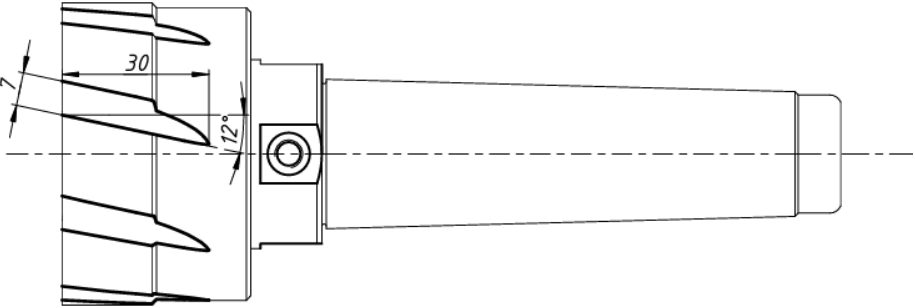
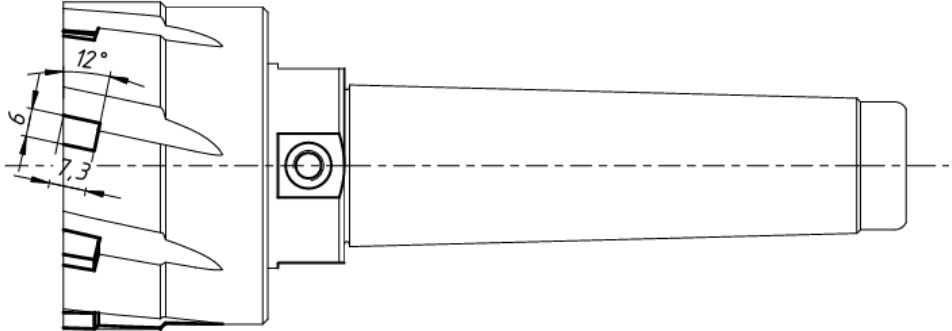
Продовження таблиці 3.1

015 Токарно-свердлильна з ЧПК	Свердління отвору, розсвердлювання отвору, точіння внутрішньої поверхні		HAAS TL-2P	Патрон
020 Токарна з ЧПК	Центрування, точіння зовнішнього контуру, точіння контуру конуса морзе 4		HAAS TL-2P	Патрон, розрізна втулка

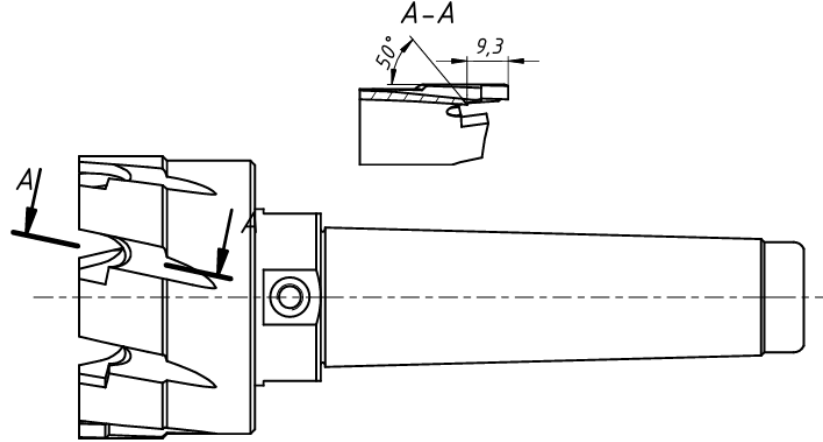
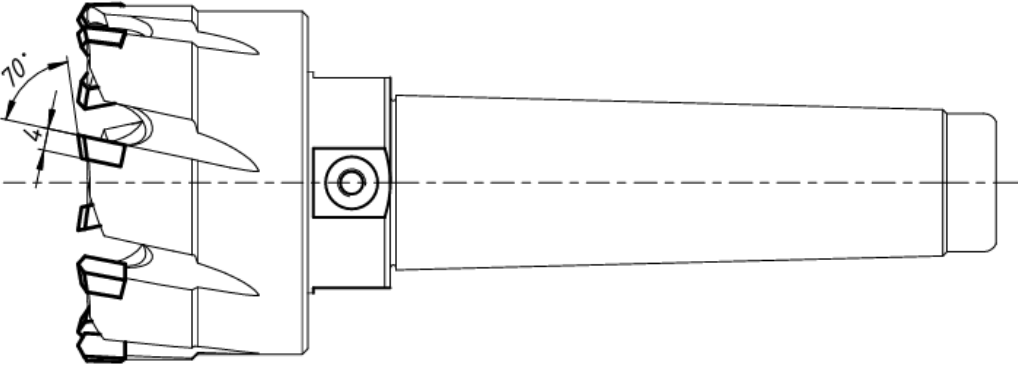
Продовження таблиці 3.1

020 Токарно-свердлильна з ЧПК	Свердління отвору, розсвердлювання отвору, точіння внутрішньої поверхні, нарізання різьби		HAAS TL-2P	Патрон, розрізна втулка
025 Фрезерно-свердлильна з ЧПК	Фрезерування лиски, центрування, свердління, зенкування, нарізання різьби		HAAS VR-8	Патрон, розрізна втулка

Продовження таблиці 3.1

030 Фрезерна з ЧПК	Фрезерування канавки на глибину 0,7 мм		HAAS VR-8	Двох поворотна головка з механізмом ділення
035 Фрезерна з ЧПК	Фрезерування посадкового місця зубця на всю глибину стінки		HAAS VR-8	Двох поворотна головка з механізмом ділення

Кінець таблиці 3.1

<p>040 Фрезерна з ЧПК</p>	<p>Фрезерування стружковідводної канавки на всю глибину стінки</p>		<p>HAAS VR-8</p>	<p>Двох поворотна головка з механізмом ділення</p>
<p>045 Напайна</p>	<p>Напаювання твердосплавних зубців на корпус коронки</p>		<p>HAAS VR-8</p>	<p>Піч</p>

3.2 Розрахунок припусків

Процес розрахунку припусків на механічну обробку startує з визначення необхідного рівня шорсткості поверхонь, яку потрібно забезпечити на кожному етапі технологічного процесу. Правильний вибір параметрів шорсткості є критичним, адже він впливає не тільки на точність виготовлення, але й на функціональні властивості та загальну якість кінцевого виробу.

Для кожної оброблюваної поверхні встановлюються нормативні значення шорсткості відповідно до технічних вимог креслення, умов експлуатації виробу й обраних методів механічної обробки. Шорсткість задається параметром R_a (середнє арифметичне відхилення профілю), який визначається за довідковими матеріалами згідно з таблицею 3.2.

Таблиця 3.2 – Технологічно досяжна шорсткість [10]

Технологічний процес	Шорсткість R_a , мкм													
	0,008	0,0125	0,025	0,5	0,10	0,20	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
Точіння														
Розточування														
Розвертування														
Фрезерування циліндричне														
Фрезерування торцеве														
Шліфування														
Полірування														

На основі встановлених параметрів R_a для остаточної та попередніх стадій обробки визначаються припуски, що гарантують досягнення необхідного рівня якості поверхні.

Підберемо квалітети для інструментів які будуть використовуватись при виготовленні коронки:

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

Відповідно до стандарту, для гарячекатаного круглого сталевого прокату зі сталі марки 40X діаметром 70 мм із високим рівнем точності допустимі відхилення складають +0,3 мм і -1,1 мм. Допустиме відхилення під час виготовлення заготовки становить $IT = 250$ мкм.

Глибина знеуглецьованого шару на сторону для діаметрів прокату $h = 150$ мкм.

Шорсткість поверхні прутка $Rz = 125$.

$$\Delta_k = L \cdot k_z;$$

Кривизна заготовки після правки встановлена на рівні $k_z = 0,5$ мкм/мм. Загальна довжина заготовки $L=170$ мм (з урахуванням припуску на кожную сторону по 2.5мм)

$$\Delta_k = 170 \cdot 0,5 = 85 \text{ мкм},$$

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

$$\Delta_{ц} = 0,25\sqrt{(ITd^2 + 1)},$$

Допуск на діаметр 70 мм заготовки сортового прокату зі сталі 40X становить 1 мм.

$$\Delta_{ц} = 0,353 \text{ мм} = 353 \text{ мкм}$$

Сумарне значення просторових відхилень поверхні:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_k^2 + \Delta_{ц}^2)} = 363 \text{ мкм},$$

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

Точіння чорнове (12 квалітет)

Якість поверхні при чорновому точінні за табл. 5 [12, с. 181]
 $Rz = 63, h = 60$ мкм

Сумарне відхилення розташування після чорнового точіння можна визначити за наближеною формулою [12, с. 189]:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_{заг}$$

Де:

K_y – коефіцієнт уточнення,

$\Delta_{\text{заг}}$ – величина сумарного просторового відхилення поверхні заготовки, яка була розрахована

Для чорнового точіння за табл. 29 [12, с. 190] коефіцієнт уточнення у $K_y = 0,06$.

$$\Delta = 0,06 \cdot 363 = 21,18 \text{ мкм}$$

Приймаємо $\Delta = 21 \text{ мкм}$

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

Точіння чистове (10 квалітет)

Якість поверхні при чистовому точінні за табл. 5 [12, с. 181] складає:

$$R_z = 32, \quad h = 30 \text{ мкм.}$$

Проводимо розрахунки аналогічно до чорнового точіння, але коефіцієнт уточнення вже складає за табл. 29 [12, с. 190]: $K_y = 0,04$

$$\Delta = 363 \cdot 0,04 = 14,52 \text{ мкм,}$$

Приймаємо $\Delta = 14 \text{ мкм}$

Проте наявність наступної термообробки (гартування) в процесі виготовлення призводить до додаткових просторових відхилень, які можуть бути розраховані за формулою:

$$\Delta_2 = \frac{0,001 \cdot n \cdot L}{(0,1d + 0,3)}$$

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.

В нашому випадку маємо наступні дані: $L=170$, $d=70$, $n=1$

Похибка установки при закріпленні в патроні за табл. 13 [12, с. 42] для діапазону зовнішніх діаметрів деталі 50-80 мм в радіальному напрямку складає $\varepsilon = 300$ мкм

Тоді маємо:

$$\Delta_2 = \frac{0,001 \cdot 1 \cdot 170}{(0,1 \cdot 70 + 0,3)} = 0,0233 \text{ мм} = 23,3 \text{ мкм},$$

Сумарне відхилення:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_2^2 + \Delta_1^2},$$

$$\Delta = \sqrt{23,3^2 + 14^2} = 27,18 \text{ мкм},$$

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

Чорнове шліфування (8 квалітет)

Якість поверхні при шліфуванні за табл. 5 [12, с. 181] складає: $Rz = 10$, $h = 20$ мкм

Чистове шліфування (6 квалітет) Якість поверхні при шліфуванні за табл. 5 [12, с. 181] складає: $Rz = 3,2$, $h = 6$ мкм

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

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

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

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

$$2Z_{\text{чорн min}} = 2 \left(125 + 150 + \sqrt{435^2 + 363^2} \right) = 1683 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\text{чист min}} = 2 \left(63 + 60 + \sqrt{21^2 + 0^2} \right) = 288 \text{ мкм},$$

$$2Z_{\text{чорн шліф min}} = 2 \left(3 + 30 + \sqrt{14^2 + 0^2} \right) = 94 \text{ мкм},$$

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

Таблиця 3.3 – обраховані припуски та міжперехідні розміри

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	21	0	-	66,081	250	66,330	66,1	-	-
Точіння:											
- чорнове	63	60	21	0	1638	64,443	250	64,690	64,5	1780	1600
- чистове	32	30	14	0	288	64,155	100	64,250	64,2	370	340
Шліфування											
- чорнове	10	20	-	0	94	64,061	39	64,100	64,061	160	130
- чистове	3,2	6	-	0	60	64,001	16	64,020	64,001	85	61
										2395	2161

Виконаємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$\sum 2z_{max i} - \sum 2z_{min i} = 2250 + 2016 = 234 \text{ мкм;}$$

$$IT_{заг} - IT_{дет} = 250 - 16 = 234 \text{ мкм}$$

Так як різниці значень співпадають, обрахунки зроблено вірно. Приймаємо номінальний діаметр на кінцевий прохід чорнової обробки 66 мм і будуємо схему припусків (рис. 3.1).

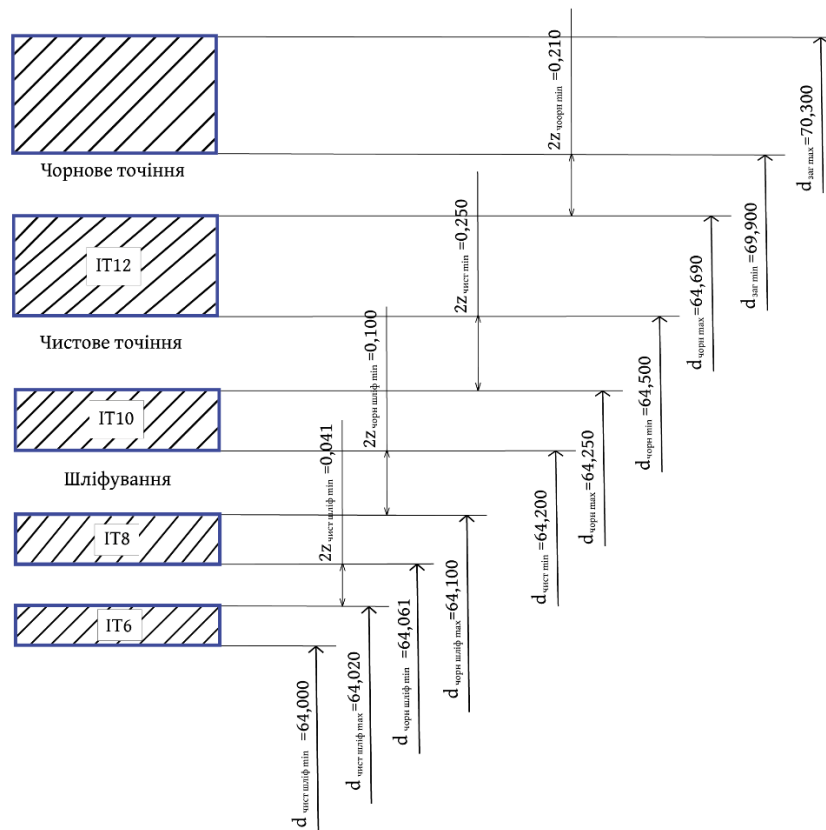


Рисунок 3.1 – Схема припусків

3.3 Розрахунок режимів різання

Наступним кроком проводиться розрахунок режимів різання для обробки коронки зі сталі 40Х. Основна мета полягає у визначенні оптимальних характеристик обробки, які забезпечать необхідну точність та високий рівень якості обробленої поверхні при збереженні мінімальних витрат часу та ресурсу інструменту.

Розрахунок режимів різання буде проводитись для чорнового та чистового точіння зовнішньої поверхні інструмент (рис. 3.2). Саме в цих місцях нам треба забезпечити найвищу точність для коректної роботи інструменту.

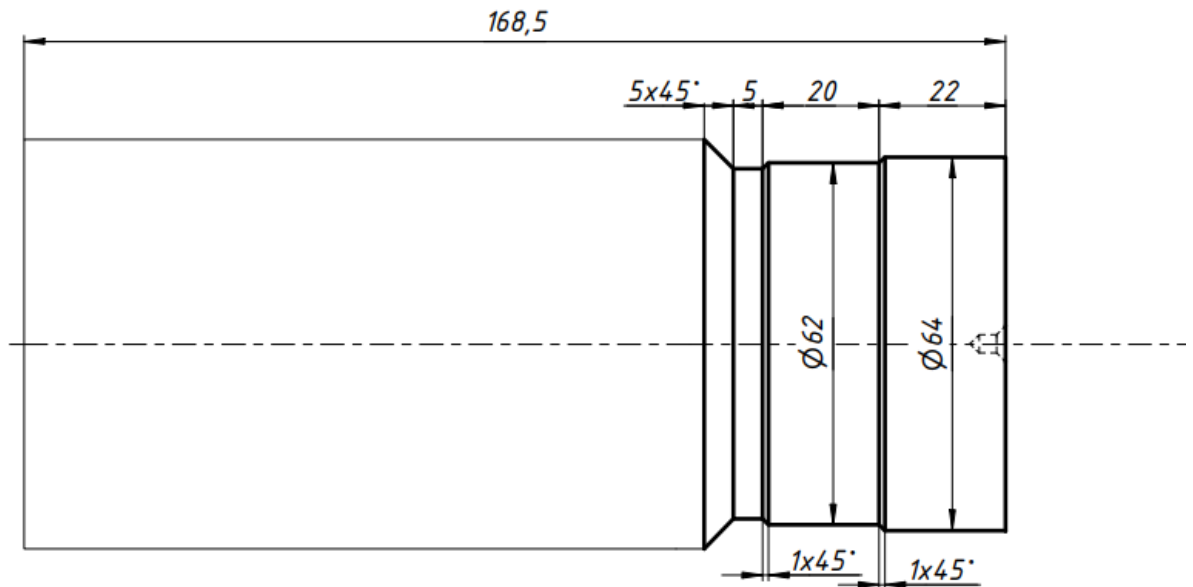


Рисунок 3.2 – схема обробки інструменту

Обираємо пластинку CCMT 09T304-PM Sandvik для чорнового проходу і пластинку з меншим радіусом CCMT 09T302 Sandvik для чистового проходу. Такий вибір дозволить обробити хвостовик до шорсткості Ra 1.6 і залишити припуск для шліфування.

Для чорнового точіння приймаємо t на прохід 1 мм, по меншому діаметру треба зточити майже 4 мм. Тобто при 1 мм деталь обробиться за 2 проходи. Стандартна подача при чорновому точінні $s = 0,3-0,5$ мм/об, приймаємо 0,5 мм/об. Швидкість обертання при таких умовах від 90 до 150 м/хв. Приймаємо середнє – 120 м/хв.

Для чистового проходу $t = 0,2$, залишаємо близько 0,3 мм на припуск для шліфування. Подача для чистового точіння 0,2 мм/об. Покращене покриття вже дозволяє підняти швидкість різання тому приймаємо 180 м/хв.

Таблиця 3.4 - обрані режими різання

Параметри	Для чорнового проходу	Для чистового проходу
t , мм	1	0,5
S , мм/об	0,5	0,2
V , м/хв	120	180

Наступним етапом порахуємо час на обробку:

$$t = \frac{L}{S \cdot n},$$

де L – довжина обробки, S – подача, n – частота обертання

Для цього спершу потрібно порахувати частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

Для чорнової обробки розрахунок обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 64} \approx 600 \text{ об/хв},$$

Для чистової обробки розрахунок обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 64} \approx 900 \text{ об/хв},$$

Повернемось до обрахунків часу на обробку. Для чорнової обробки:

$$t = \frac{47}{0,5 \cdot 600} = 0,15 \text{ хв} = 9 \text{ с},$$

Для чистової обробки:

$$t = \frac{47}{0,2 \cdot 900} = 0,26 \text{ хв} = 15,6 \text{ с},$$

Чорнова обробка відбувається в 2 проходи (18 сек.), чистова у 1 прохід (15,6 сек). Отже обробка всієї поверхні буде займати 33,6 секунд.

3.4 Створення керуючої програми для виготовлення кільцевого свердла

Для виготовлення проектного інструменту — коронки з напайними твердосплавними зубами, що використовується для холодної врізки в сталеву трубу під тиском, необхідно створити управляючу програму. Вона розробляється для виконання механічних операцій на верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК). На основі даних, наведених у таблиці 3.1, визначено послідовність обробних операцій, їхні параметри та необхідні операційні розміри.

Управляючу програму створено у програмному середовищі Autodesk Fusion 360. Розробка розпочинається із задання геометрії заготовки, а також вибору типу закріплення для коректного формування траєкторій обробки (рис. 3.3). Використовуємо циліндричну заготовку із швидкорізальної сталі розмірами 170 мм в довжину і діаметром 70 мм. При виробництві кріпи в трьохкулачковий патрон.

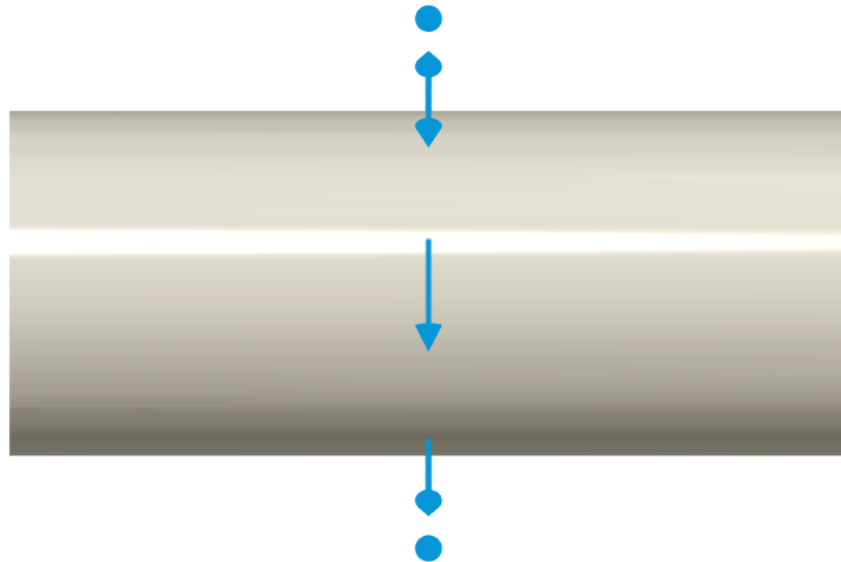


Рисунок 3.3 - Заготовка

Першим етапом після закріплення заготовки буде торцювання передньої поверхні та точіння зовнішньої сторони коронки, чорнове та чистове (рис. 3.4). Для цього використовувати 2 різці для чорнової та чистої обробки.

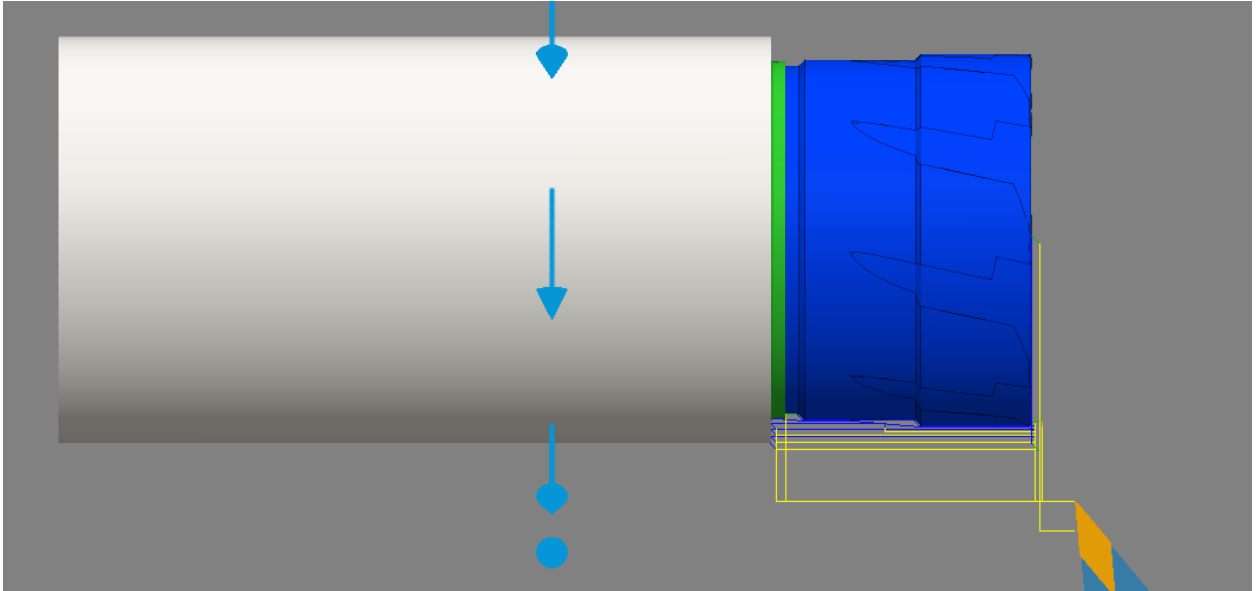


Рисунок 3.4 - Торцювання, чорнова та чистова обробки

Далі – свердління отвору під свердло та розсвердлювання коронки для подальшої обробки. Використовувати для посадкового місця: свердло $\text{Ø}5$ мм, $\text{Ø}10,2$ мм, для розсвердлювання коронки: $\text{Ø}14$ мм, $\text{Ø}17$ мм, $\text{Ø}20$ мм, $\text{Ø}35$ мм(рис.3.5).

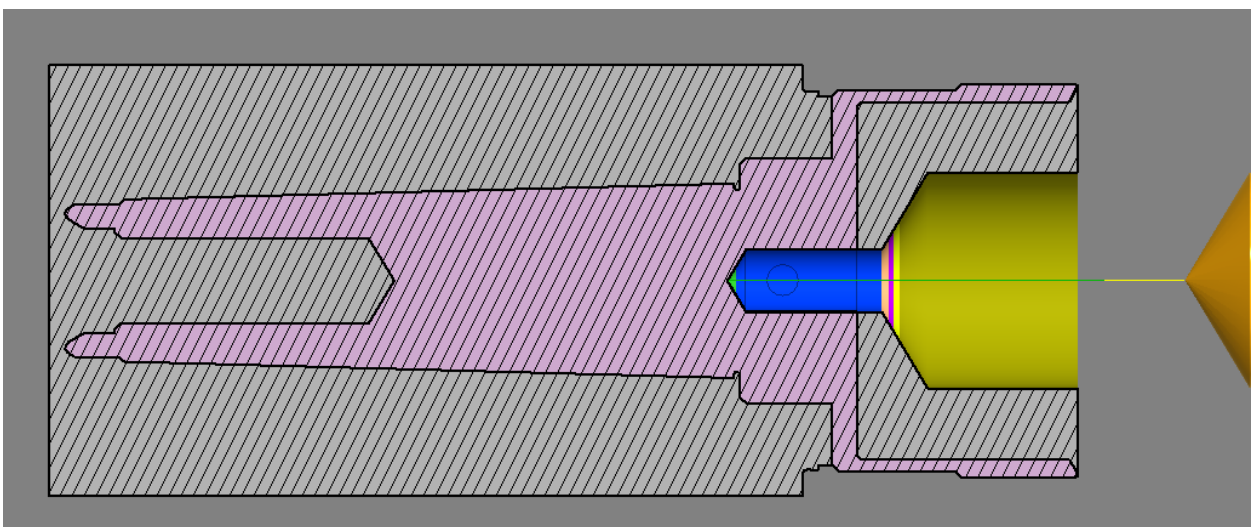


Рисунок 3.5 - Свердління та розсвердлювання

Наступним етапом внутрішнє точіння коронки(рис. 3.6). Для цього використовуємо 2 розточні різці для чорнкової та чистової обробки.

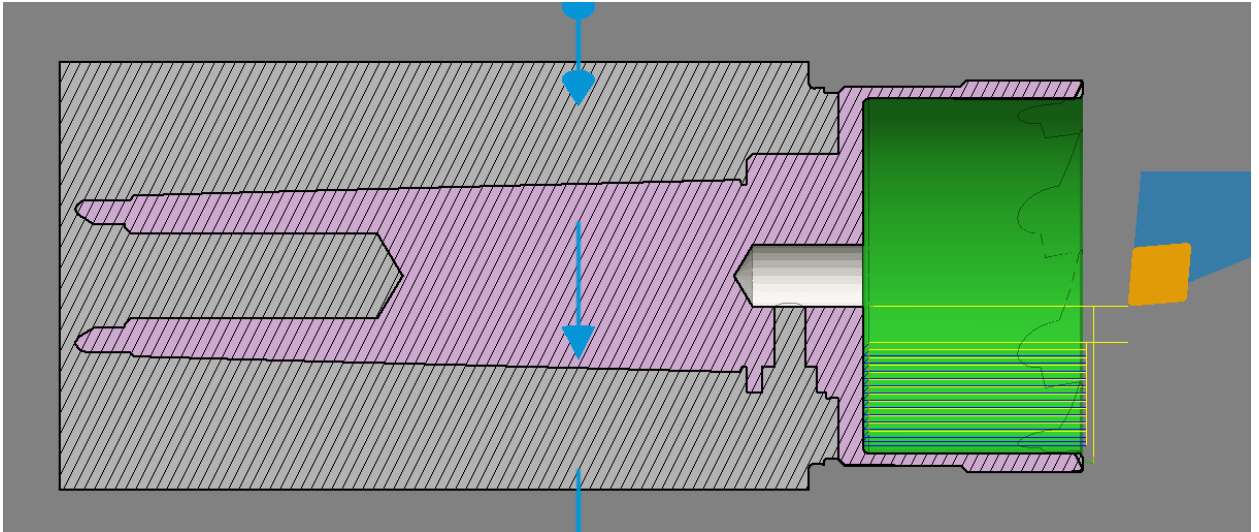


Рисунок 3.6 - Чорнове та чистове точіння внутрішньої сторони коронки

Наступною операцією буде обробка хвостовика, перезакріплюємо деталь іншою стороною, додаємо розрізну втулку (рис. 3.7) для запобігання деформації та надійнішої фіксації. Виконуємо центрування, торцювання, чорнове та чистове точіння(рис. 3.8). Різці такі самі як і в першій операції.



Рисунок 3.7 - Розрізна втулка

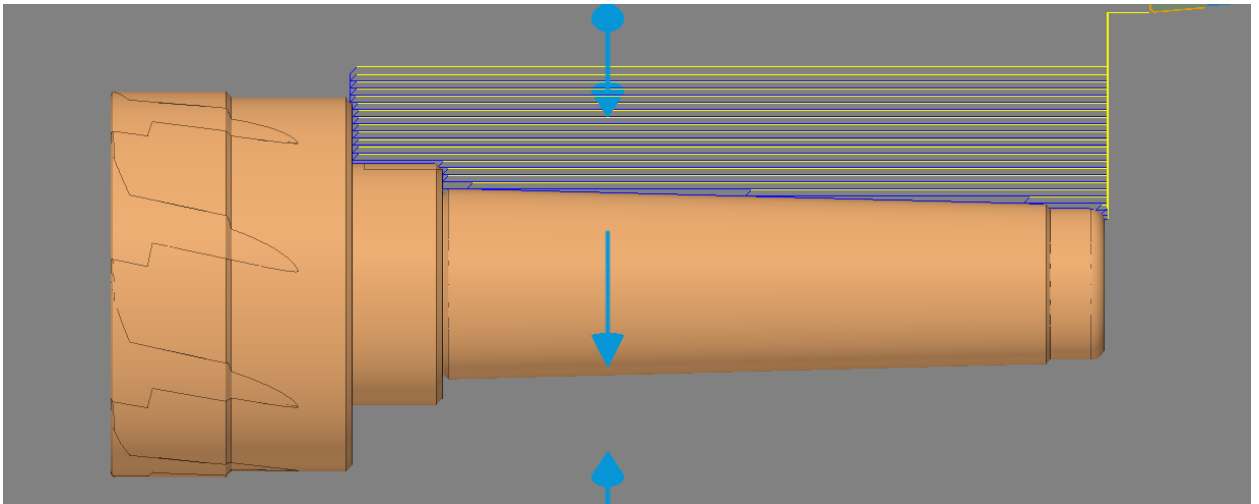


Рисунок 3.8 - Чорнове та чистове точіння зовнішньої сторони хвостовика

Далі – обробка отвору в хвостовику(рис. 3.9). Операція свердління, необхідні свердла: $\text{Ø}5$ мм, $\text{Ø}10,2$ мм, $\text{Ø}14$ мм. Далі розточування, чорнова та чистова обробки фасок. Завершуємо свердлом-мітчиком M16x2 нарізаємо різьбу на глибину 32 мм.

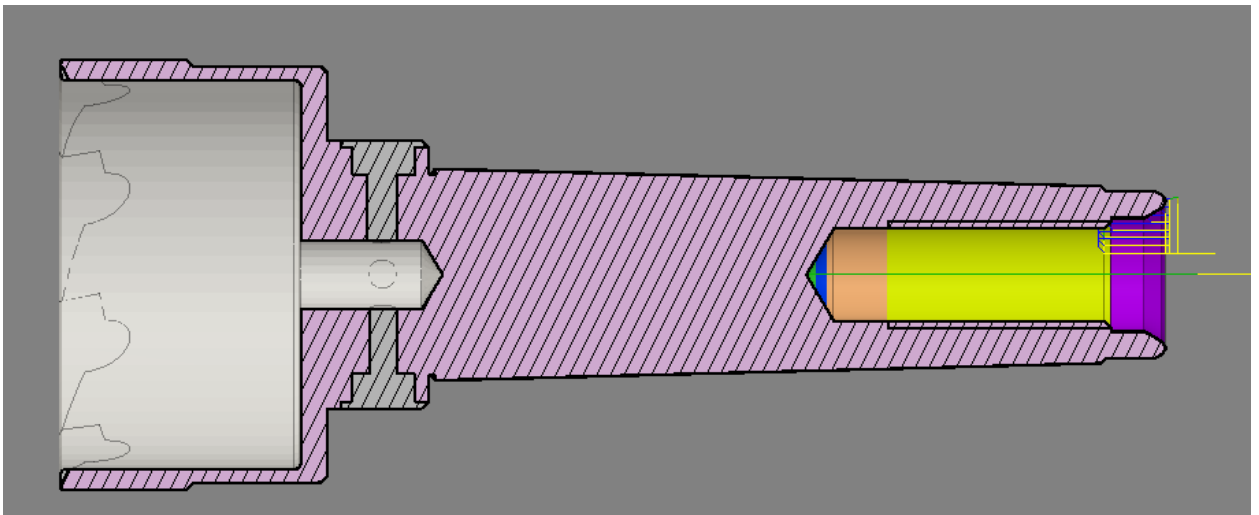


Рисунок 3.9 - Обробка внутрішнього отвору конуса

Наступний етап оброблення отвору під гвинт для кріплення свердла-мітчика(рис. 3.10). Для цього спочатку треба фрезерувати лиску на глибину 1 мм. Для цього використовувати фрезу кінцеву $\text{Ø}10$ мм. Далі центровочний отвір, свердління отвору $\text{Ø}4,2$ мм, зенкерування отвору під головку гвинта в $\text{Ø}9,5$ мм, і мітчик M5x0,8 мм

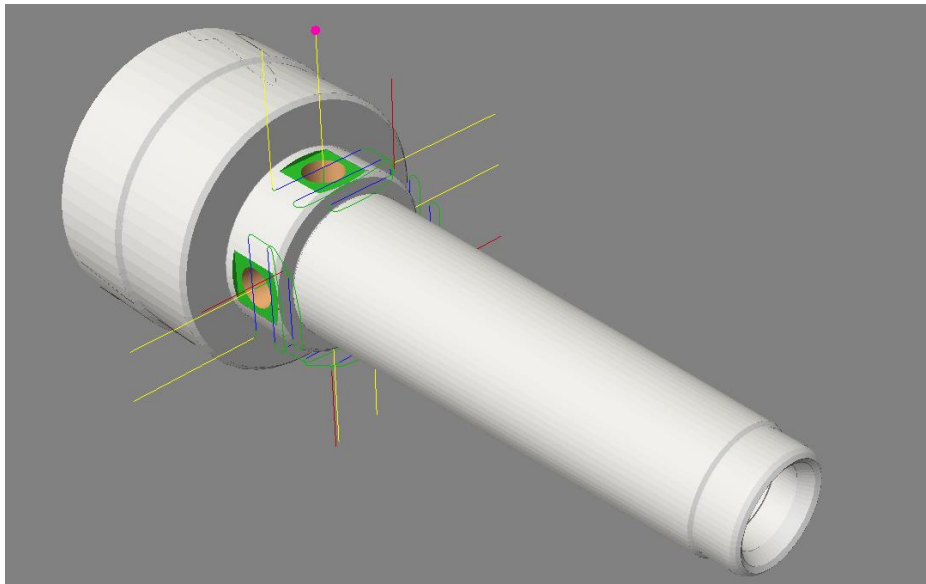
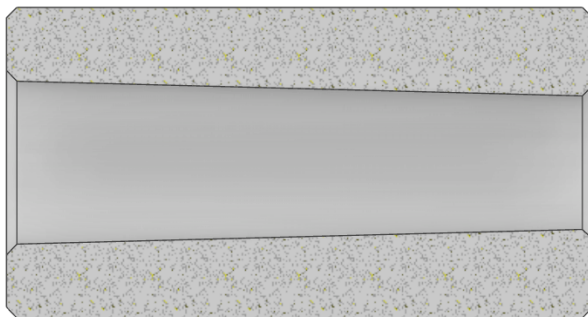
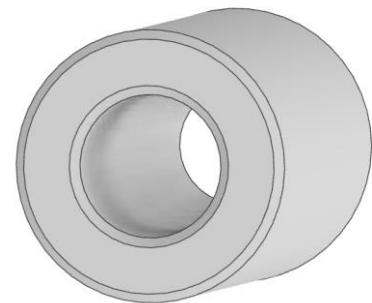


Рисунок 3.10 - Обробка отвору для гвинта

Наступним кроком буде фрезерування стружковідводних канавок, для цього використовуємо циліндричну заготовку під конус Морзе 4 (рис. 3.11 а, б), для кріплення інструменту в двох поворотній головці з механізмом ділення(рис. 3.12).



а



б

Рисунок - 3.11 – циліндрична заготовка під конус морзе



Рисунок - 3.12 Двох поворотна головка з механізмом ділення [11]

Закріпивши інструмент фрезуємо 8 канавок (рис. 3.13) торцевою фрезою діаметром 7 мм з глибиною занурення в 0,5 мм.

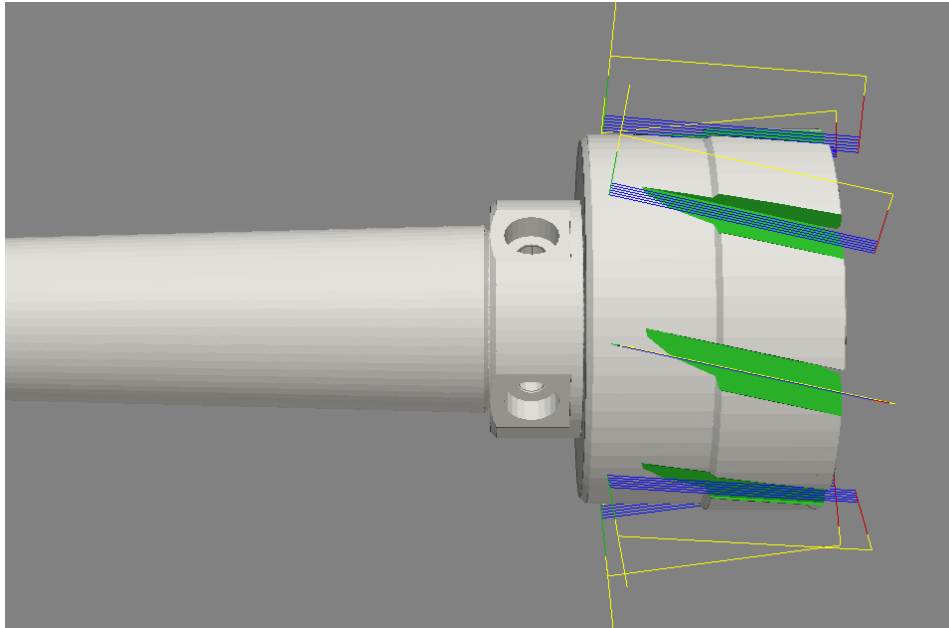


Рисунок - 3.13 Фрезерування стружковідводних канавок

Далі – фрезерування посадкових місць під пластинки(рис. 3.13), торцевою фрезою діаметром 4 міліметри з глибиною занурення в 0,5 мм.

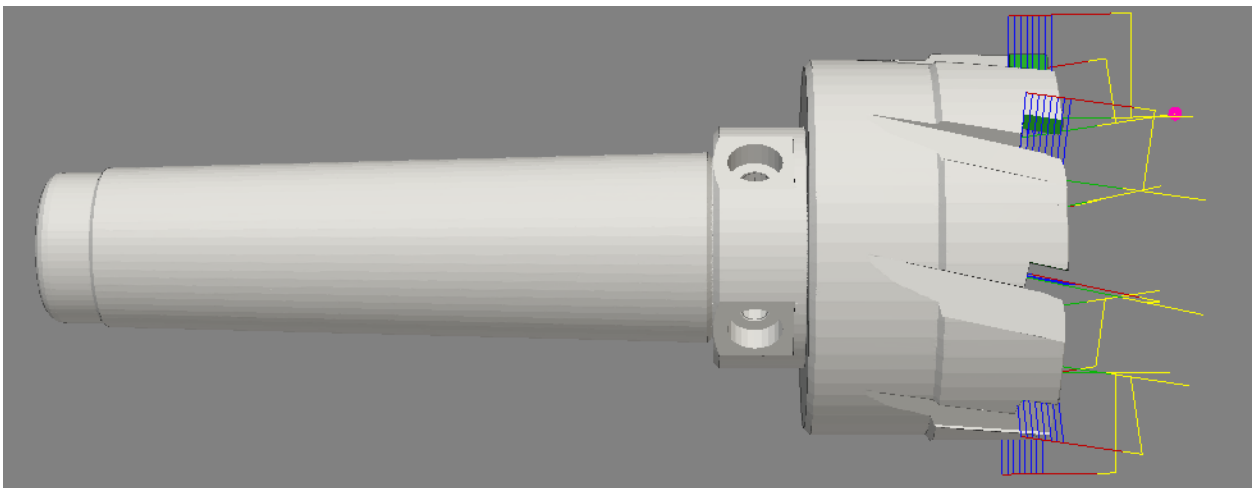


Рисунок 3.14 - Фрезерування посадкових місць під пластинки

Наступним кроком заточуємо стружковідводні канавки(рис. 3.15) для ще кращого відводу стружки. Кінцевою сферичною фрезою $\text{Ø}7$ мм оброблюємо канавки.

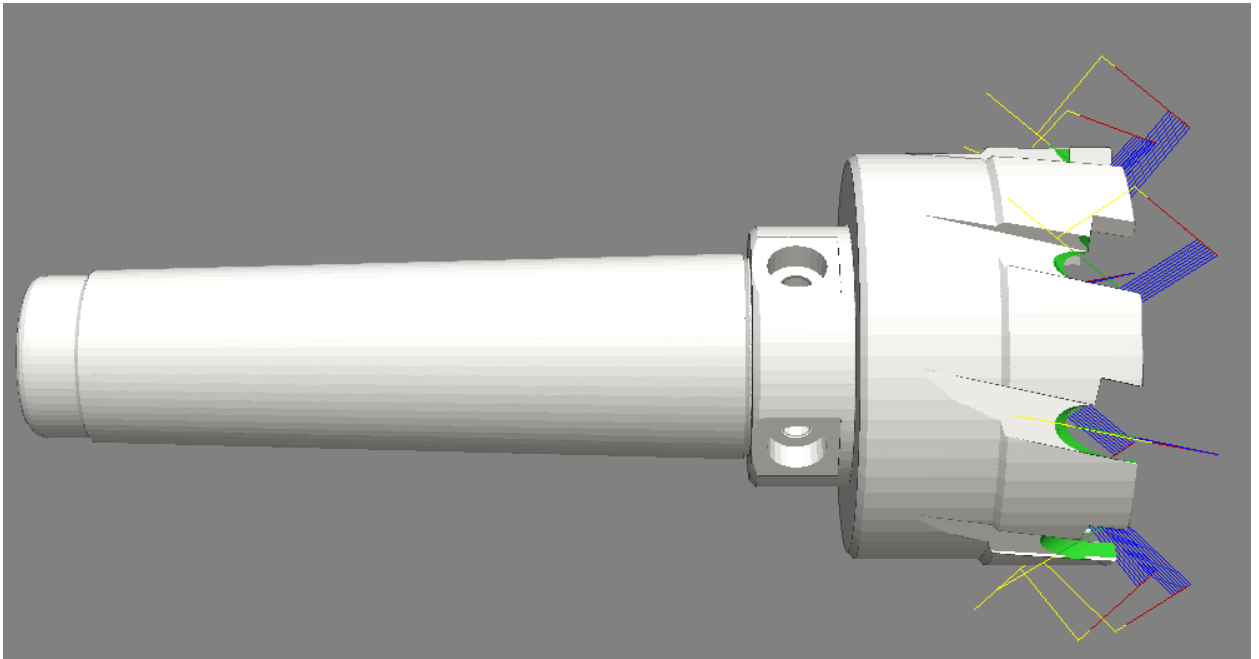
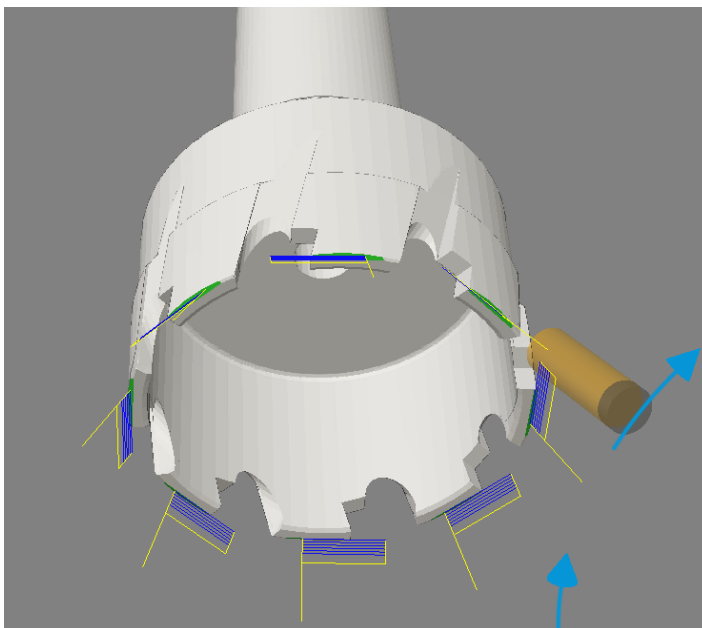
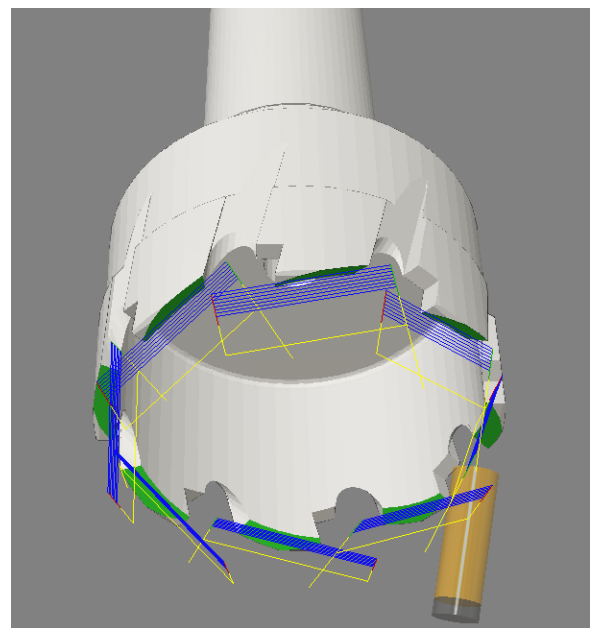


Рисунок 3.15 - Фрезерування пазів

Наступний етап – фрезерування передніх кутів для зменшення тертя та запобігань перегріву металу (рис. 3.16 а та б). Для цього використовуємо торцеву фрезу $\text{Ø}10$ мм.



а) Зовнішній



б) Внутрішній

Рисунок 3.16 - Фрезерування задніх кутів

Для полегшення орієнтування у процесі виготовлення інструменту наведено покроковий перелік операцій, що виконуються відповідно до технологічного процесу(рис. 3.17).

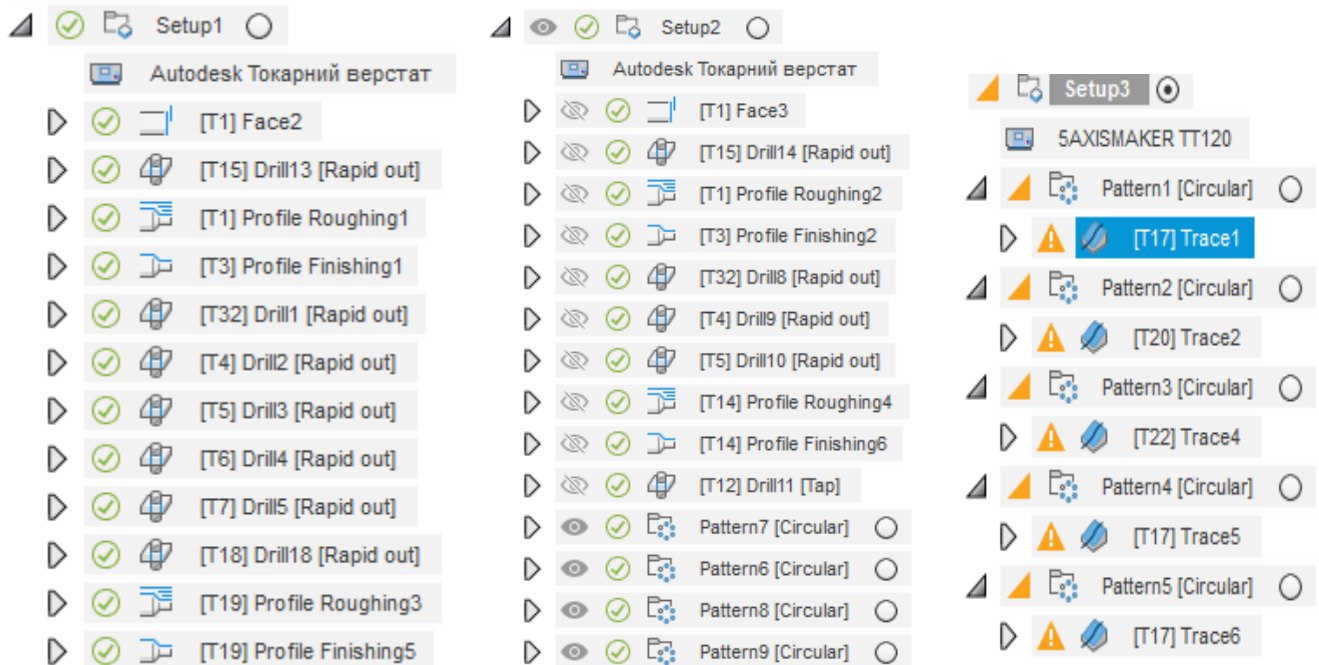


Рисунок 3.17 - Виконані операції

Висновки до розділу

Третій розділ присвячено технологічному забезпеченню виготовлення інструменту, з урахуванням вимог до точності, жорсткості та зносостійкості. Було складено послідовність операцій, починаючи з заготівельного етапу і завершуючи напаяванням твердосплавних пластин. Обрана структура процесу дозволяє ефективно організувати виробництво на верстатах з ЧПК з мінімальними витратами часу та ресурсів.

Розрахунки припусків і режимів різання підтвердили можливість досягнення заданих параметрів точності й шорсткості поверхонь. Це забезпечує коректну роботу інструменту в реальних умовах. Додатково створено керуючу програму в середовищі Fusion 360, що дозволяє автоматизувати процес виготовлення та підвищити його стабільність і повторюваність.

У підсумку, технологічна частина забезпечила повну готовність до запуску виробництва інструменту, підтвердивши реалістичність і ефективність розробленої конструкції.

ВИСНОВКИ

У межах цієї дипломної роботи було вирішено важливе інженерне завдання — створення інструменту, що дозволяє виконувати врізання в діючі трубопроводи без зупинки подачі робочого середовища. Актуальність такої розробки обумовлена потребою в безперервному функціонуванні сучасних інфраструктурних систем, де навіть короткочасна зупинка може призвести до значних втрат.

Реалізація проекту дозволила не лише поглибити розуміння технологій врізання під тиском, а й на практиці пройти повний шлях від постановки задачі до готового інженерного рішення. Це включало аналіз існуючих технічних підходів, розробку власної конструкції інструменту, обґрунтування вибору матеріалів і форми, а також моделювання технологічного процесу його виготовлення.

У результаті було досягнуто головної мети проекту — створено надійний, функціональний та адаптований до реальних умов експлуатації інструмент, який поєднує простоту застосування з технологічною ефективністю. Важливо, що така розробка здатна знизити витрати на ремонтно-монтажні роботи та забезпечити високу якість виконання врізки.

Ця робота також продемонструвала, як інженерний підхід, системний аналіз і обґрунтовані конструкторські рішення здатні перетворити складну задачу в цілком реалізовуваний практичний результат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Rugged Jobsite Tools / RIDGID Tools*.
URL: <https://cdn2.ridgid.com/resources/media?key=6b7c9459-2691-4ed9-b072-793c50791f75&languageCode=en&type=document> (дата звернення: 31.05.2025).
2. TapMate Too – ROMAC INDUSTRIES. *ROMAC INDUSTRIES*.
URL: <https://www.romac.com/tapmate-too> (date of access: 31.05.2025).
3. TONISCO B30 Hot Tap Machine - E - Tonisco. *Tonisco*.
URL: <https://tonisco.com/products/hot-tap-machines/tonisco-b30-hot-tap-machine/> (дата звернення: 31.05.2025).
4. MHT420-H. *Enerpac / North America / POWERFUL SOLUTIONS. GLOBAL FORCE*. URL: <https://www.enerpac.com/en-us/medium-pressure-hot-tapping-machine/medium-pressure/MHT420-H> (дата звернення: 31.05.2025).
5. HT200 Model Electric Hot Tapping Machine. <https://www.gwpipeline.com/>.
URL: https://www.gwpipeline.com/e_productshow/?134-HT200-Model-Electric-Hot-Tapping-Machine-134.html&gl=1*ey7qkb*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjw-JG5BhBZEiwAt7JR64kEmPI7QHI8S74rACf0jMaKOTR9JLoR8v2TtypNaPqfuVANI0clXR0CnWgQAvD_BwE (дата звернення: 01.05.2025).
6. ▷ Сверло по металлу 70 мм P6M5 кх 437/250 "Sivertool". *Metalorez*.
URL: https://metalorez.com.ua/p1553360542-sverlo-metallu-r6m5.html?gad_source=1&gad_campaignid=20254148309&gclid=Cj0KCQjw0erBBhDTARIsAKO8iqRxyzq-WJocnP9k3ZiU7iMr13bUZQ79f6sEwT5CLc7qvneRCPh-RwaAiLqEALw_wcB (дата звернення: 31.05.2025).
7. Ступінчасте крокове свердло по металу HSS 6-60мм: продаж, ціна у Рівному. Свердла, бури від "freedelivery" - 1371407708. *"freedelivery"* - контакти, товари, послуги, ціни.

- URL: https://fd24.com.ua/ua/p1371407708-stupenchatoe-shagovoe-sverlo.html?source=merchant_center&gad_source=1&gad_campaignid=16695681573&gclid=Cj0KCQjw0erBBhDTARIsAKO8iqQrPxzDyiUPGgF0Jt27AMMelqHSEB51XPaW3IEtr1uGiMGwB52wJRYaAiQUEALw_wcB (дата звернення: 31.05.2025).
8. ▷ Коронка по металу універсальна WD 70 мм (19150920). *epicentrk.ua*. URL: <https://epicentrk.ua/shop/mplc-koronka-po-metalu-universal-na-wd-70-mm-19150920-1ef48cbd-5dca-66b0-ab7b-fda7f5a6078b.html> (дата звернення: 31.05.2025).
9. "ОЛТЕХ" Т. Марка сталі 40Х: використання, хімічний склад та властивості. *olteh.com.ua*. URL: <https://olteh.com.ua/articles/2664264-marka-stali-40h-vikoristannya-himichniy-sklad-ta-vlastivosti/> (дата звернення: 31.05.2025).
10. В. І. Солодкий Д. О. Красновид О. А. Плівак. Основи формоутворення поверхонь різанням. *Репозитарій КПІ ім. Ігоря Сікорського*. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27531> (дата звернення: 09.06.2025).
11. Podzielnica uniwersalna 125mm BS-1 + konik + akcesoria - For Metal. *For Metal - Narzędzia do obróbki metalu*. URL: <https://for-metal.pl/produkt/podzielnica-universalna-125mm-bs-1-konik-akcesoria/> (дата звернення: 31.05.2025). Hot Tapping Equipment - The Basics, Advantages, & Benefits. Global Engineering Specialist and Pipeline Maintenance Expert. URL: <https://wellube.com/hot-tapping-101-the-basics/> (дата звернення: 01.05.2025).
12. Солодкий В.І Адаменко Ю.І Вовк В.В Мініцька Н.В. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СИСТЕМ ІНЖЕНЕРНОГО ДИЗАЙНУ Частина I. Репозитарій КПІ ім. Ігоря Сікорського.

URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/d926edf7-c950-4ba2-902d-6f99a495a96d/content> (дата звернення: 09.06.2025).

Додаток А
Технічне завдання

Затверджую:
Операційний менеджер

_____ Олег КАША
_____ " _____ 20__ р.



Технічне завдання

на науково-дослідну роботу
«Інструмент для врізання у трубу під тиском»

Замовник:

Операційний менеджер

Олег КАША

Виконавець:

Завідувач кафедрою КМ

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

Доцент кафедри КМ

Вячеслав ВОВК

Студент групи МІ-11

Олексій МОСКАЛЕНКО

Київ 2025

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повна назва розробки та її умовне позначення

Інструмент для вривання у трубу під тиском.

1.2 Назви підприємств розробника та замовника системи та їх реквізити

Замовник:

Качанівський ГПЗ ПАТ «Укрнафта»

Виконавець:

Кафедра конструювання машин НН
ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського

1.3 Порядок оформлення та пред'явлення замовникові результатів робіт

По закінченню роботи подається:

- 3D модель інструменту, ЧПК програма для виготовлення;
- конструкторська документація на інструмент.

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ

2.1 Мета створення розробки

Покращення процесу вривання в трубу за рахунок зменшення зусиль ривання та кількості утвореної стружки.

2.2 Вихідні дані

Геометричні параметри для побудови інструменту:

- Діаметр коронки – 65 мм
- Кількість обертів – 5 об/хв
- Тип подачі – ручна
- Матеріал труби – сталь 40
- Діаметр труби – 150 мм

3 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 3.1 Проектування здійснюється в будь-якій CAD-системі, яка є найбільш зручною для виконавця проекту.
- 3.2 Розробку інструмента проводити для пристрою який наявний на підприємстві.
- 3.3 Конструкторська документація повинна повністю відповідати вимогам підприємства.

4 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Етап та його зміст	Термін виконання	Результат
Ознайомлення з технічним завданням та матеріальною базою підприємства	05.03.2025	Вхідні данні, список обладнання
Аналіз існуючих конструкцій інструменту	28.03.2025	Приклади виконання
Розрахунок інструменту	5.05.2025	Розраховані елементи інструменту
Аналіз технології виготовлення інструменту	9.05.2025	Вибір технологій виготовлення
Розробка 3D моделі інструменту	20.05.2025	3D модель
Розробка конструкторської документації	2.06.2025	Пакет конструкторської документації

5 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

- 5.1 Розробка повного комплекту конструкторської документації на інструмент для врізання в труби.
- 5.2 Створення 3D-моделі інструменту та керуючої програми для ЧПК-обробки.
- 5.3 Підготовка проектного рішення, яке відповідає вимогам технічного завдання та може бути передане до виробництва для виготовлення дослідного зразка.

6 МАТЕРІАЛИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

- 6.1 Пакет конструкторської документації на інструмент.
- 6.2 3D модель інструменту та керуюча програма для верстата з ЧПК, розроблена у середовищі САМ.

7 ПОРЯДОК РОЗГЛЯДУ ТА ПРИЙМАННЯ РОБОТИ

- 7.1 Результати роботи передаються по акту приймання робіт.

Додаток Б
Акт приймання робіт

Затверджую:

Операційний менеджер

(_____ Олег КАША

«__» _____ 20__ р.



Акт

приймання робіт

науково-дослідної роботи

«Інструмент для врізання у трубу під тиском»

В результаті виконання робіт з проектування інструменту для врізання у трубу під тиском, виконавець надав:

- пакет конструкторської документації на виготовлення інструменту;
- 3D модель інструменту та керуючу програму для верстату з ЧПК.

Результати роботи були реалізовані в процесі виготовлення дослідного зразка, та будуть застосовані для одиничного виробництва.

Від Замовника

Від Виконавця

Операційний менеджер

Завідувач кафедрою КМ

(_____ Олег КАША

(_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

Доцент кафедри КМ

Вячеслав ВОВК

Студент групи МІ-11

Олексій МОСКАЛЕНКО

Додаток В
Керуюча програма

(O1001)	N2(DRILL13)	M205	X65.2	T0303
G18 G40 G80 G99	G0 G53 X0.	M202	X67.2 Z-46.37	G50 S3300 R1
G0 G53 X0.	G53 Z0.	G53.5	G0 Z-1.9	G97 S707 M3
G53 Z0.	M5	G99 G18	X62.777	R1
	M200	T0101	G1 Z-2.608	M8
N1(FACE2)	G53.5	G50 S3300 R1	X63.989 Z-	G0 Z5.
G53 X0.	G0 G53 H0.	G97 S707 M3	2.958	X90.
G53 Z0.	G98 G17	R1	X65.989 Z-	G96 S200 M3
M202	T1515	M8	1.958	R1
G53.5	G97 S5000	G0 Z5.	G0 Z-27.712	Z-0.594
G99 G18	M203	X90.		X64.052
T0101	M212	G96 S200 M3	X64.46	G1 X61.946
G50 S3300 R1	G0 C0.	R1	G1 X63.26	F1.
G97 S637 M3 R1	M210	Z-1.9	X62.2 Z-	X62.977 Z-
M8	M8	X67.6	33.769	2.527
G0 Z5.	G0 Z15.	G1 Z-47.37 F1.	Z-42.339	X64. Z-2.823
X100.	X0.	X70.	X61.32 Z-	Z-21.783
G96 S200 M3 R1	G0 Z5.	X72. Z-46.37	47.37	X62. Z-22.783
Z-1.086	G83 Z-7.5 R-	G0 Z-1.9	X63.26	Z-41.783
X80.	2.963 F333.33	X65.2	X65.26 Z-	X59.883 Z-
G1 X72.828 F1.	M210	G1 Z-47.37	46.37	42.841
X70. Z-2.5	G80	X67.6	G0 X90.	Z-44.841
X-1.6	G0 Z15.	X69.6 Z-46.37	Z5.	X61.341
X1.228 Z-1.086	M205	G0 Z-1.9	M9	G0 X90.
G0 X100.	M212	X63.989	G53 X0.	Z5.
Z5.	M202	G1 Z-2.958	G53 Z0.	M9
M9	M9	X64.2 Z-3.019	M1	G53 X0.
G53 X0.	G53 X0.	Z-22.339	N4(PROFILE	G53 Z0.
G53 Z0.	G53 Z0.	X63.26 Z-	FINISHING1)	M1
M1	M1	27.712	G0 G53 X0.	
		Z-47.37 M205	G53 Z0.	N5(DRILL)
M5	N3(PROFILE	M212	M202	G0 G53 X0.
M200	ROUGHING1)	M9	G53.5	G53 Z0.
G53.5	G0 G53 X0.	G53 X0.	G99 G18	X0.
G0 G53 H0.	G53 Z0.	G53 Z0.	M200	G0 Z5.
G98 G17	M210	M1	G53.5	M210

T3232	M8		G0 G53 X0.	M8
G97 S5000 M203	G0 Z15.	N8(DRILL4)	G53 Z0.	G83 Z-37.5 R-
M212	X0.	G0 G53 X0.	G0 G53 H0.	2.963 F1000.
G0 C0.	G0 Z5.	G53 Z0.	G98 G17	X28.8
M210	G83 Z-59.605	M200	T0707	M210
M8	R-2.963 F1000.	G53.5	G97 S5000	G80
G0 Z15.	M210	G0 G53 H0.	M203	G0 Z15.
X0.	G80	G98 G17	M212	M205
G0 Z5.	G0 Z15.	T0606	G0 C0.	M212
G83 Z-59.605 R-	M205	G97 S5000	M210	M202
2.963 F500. M210	M212	M203	M8	M9
G80	M9	M212	G0 Z15.	G53 X0.
G0 Z15.	G53 X0.	G0 C0.	X0.	G53 Z0.
M205	G53 Z0.	M210	G0 Z5.	M1
M212	M1	M8	G83 Z-37.5 R-	
M9		G0 Z15.	2.963 F1000.	N11(PROFILE
G53 X0.	N7(DRILL3)	X0.	M210	ROUGHING3)
G53 Z0.	G0 G53 X0.	G0 Z5.	G80	G0 G53 X0.
M1	G53 Z0.	G83 Z-37.5 R-	G0 Z15.	G53 Z0.
	M200	2.963 F1000.	M205	M205
N6(DRILL2)	G53.5	M210	M212	M202
G0 G53 X0.	G0 G53 H0.	G80	M9	G53.5
G53 Z0.	G98 G17	G0 Z15.	G53 X0.	G99 G18
M200	T0505	M205	G53 Z0.	T1919
G53.5	G97 S5000	M212	M1	G50 S3300 R1
G0 G53 H0.	M203	M9		G97 S2894 M3
G98 G17	M212	G53 X0.	N10(DRILL18)	R1
T0404	G0 C0.	G53 Z0.	G0 G53 X0.	M8
G97 S5000 M203	M210	M1	G53 Z0.	G0 Z5.
M212	M8	N9(DRILL)	M200	X22.
G0 C0.	G0 Z15.	Z-38.3	G53.5	G96 S200 M3
G0 Z-1.9	X0.	G3 X57.6 Z-	G0 G53 H0.	R1
G0 Z15.	G0 Z5.	38.5 R0.2	G98 G17	Z-1.9
G1 Z-38.4	G83 Z-37.5 R-	G1 X12.	T1818	X26.4
X26.4	2.963 F1000.	X10. Z-37.5	G97 S5000	G1 Z-38.4 F1.
X24.4 Z-37.4	M210	Z-36.649	M203	X24.
G0 Z-1.9	G80	G0 Z5.	M212	X22. Z-37.4
X31.2	G0 Z15.	M9	G0 C0.	G0 G53 X0.
G1 Z-38.4	X41.2 Z-37.4	G53 X0.	G53 Z0.	G53 Z0.

X28.8	G0 Z-1.9	G53 Z0.	M1	M205
X26.8 Z-37.4	X48.	M1		M202
G0 Z-1.9	G1 Z-38.4	N12(FACE)	N13(DRILL14)	G53.5
X33.6	X45.6	G0 G53 X0.	G0 G53 X0.	G99 G18
G1 Z-38.4	X43.6 Z-37.4	G53 Z0.	G53 Z0.	T0101
X31.2	G0 Z-1.9	M202	M5	G50 S3300 R1
X29.2 Z-37.4	X50.4	G53.5	M200	G97 S707 M3
G0 Z-1.9	G1 Z-38.4	G99 G18	G53.5	R1
X36.	X48.	T0101	G0 G53 H0.	M8
G1 Z-38.4	X46. Z-37.4	G50 S3300 R1	G98 G17	G0 Z5.
X33.6	G0 Z-1.9	G97 S637 M3	T1515	X90.
X31.6 Z-37.4	X52.8	R1	G97 S5000	G96 S200 M3
G0 Z-1.9	G1 Z-38.4	M8	M203	R1
X38.4	X50.4	G0 Z5.	M212	Z-1.9
G1 Z-38.4	X48.4 Z-37.4	X100.	G0 C0.	X67.6
X36.	G0 Z-1.9	G96 S200 M3	M210	G1 Z-127.734
X34. Z-37.4	X54.2	R1	M8	F1.
G0 Z-1.9	G1 Z-38.4	Z-1.086	G0 Z15.	X70.
X40.8	X52.8	X80.	X0.	X72. Z-
G1 Z-38.4	X50.8 Z-37.4	G1 X72.828	G0 Z5.	126.734
X38.4	G0 Z-1.9	F1.	G83 Z-8.251	G0 Z-1.9
X36.4 Z-37.4	X55.6	X70. Z-2.5	R-2.5 F333.33	X65.2
G0 Z-1.9	G1 Z-38.4	X-1.6	M210	G1 Z-127.734
X43.2	X54.2	X1.228 Z-	G80	X67.6
G1 Z-38.4	X52.2 Z-37.4	1.086	G0 Z15.	X69.6 Z-
X40.8	G0 X22.	G0 X100.	M205	126.734
X38.8 Z-37.4	Z5.	Z5.	M212	G0 Z-1.9
G0 Z-1.9	(PROFILE	M9	M202	X62.8
X45.6	FINISHING5)	G53 X0.	M9	G1 Z-127.734
G1 Z-38.4	G0 Z5.	X40. Z-	G53 X0.	X65.2
X43.2	X10.	113.617	G53 Z0.	X67.2 Z-
X64.8 Z-126.734	Z-0.677	Z-127.5	M1	126.734
G0 Z-1.9	X59.29	X59.766		G0 G53 H0.
X58.	G1 X61.55 F1.	X62.594 Z-	N14(PROFILE	G98 G17
G1 Z-127.4	X60.467 Z-	126.086	ROUGHING2)	T0505
X59.146	2.602	G0 X90.	N17(DRILL9)	G97 S5000
X59.814 Z-	X58. Z-3.294	Z5.	G0 G53 X0.	M203
127.734	X46.	M9	G53 Z0.	M212
X60.4	X48. Z-126.4	G53 X0.	M200	G0 C0.

X62.4 Z-126.734	G0 Z-1.9	G53 Z0.	G53.5	M210
G0 Z-1.9	X41.2	M1	G0 G53 H0.	M8
X55.6	G1 Z-127.4	N16(DRILL8)	G98 G17	G0 Z15.
G1 Z-127.4	X43.6	G0 G53 X0.	T0404	X0.
X58.	X45.6 Z-126.4	G53 Z0.	G97 S5000	G0 Z5.
X60. Z-126.4	G0 Z-1.9	M5	M203	G83 Z-56.156
G0 Z-1.9	X38.8	M200	M212	R-2.5 F1000.
X53.2	G1 Z-113.227	G53.5	G0 C0.	M210
G1 Z-127.4	X40.2 Z-	G0 G53 H0.	M210	G80
X55.6	113.927	G98 G17	M8	G0 Z15.
X57.6 Z-126.4	Z-127.4	T3232	G0 Z15.	M205
G0 Z-1.9	X41.2	G97 S5000	X0.	M212
X50.8	X43.2 Z-126.4	M203	G0 Z5.	M202
G1 Z-127.4	G0 Z-1.9	M212	G83 Z-56.156	M9
X53.2	X36.4	G0 C0.	R-2.5 F1000.	G53 X0.
X55.2 Z-126.4	G1 Z-112.4	M210	M210	G53 Z0.
G0 Z-1.9	X37.146	M8	G80	M1
X48.4	X38.8 Z-	G0 Z15.	G0 Z5.	
G1 Z-127.4	113.227	X0.	G83 Z-4.791	N19(PROFILE
X50.8	X40.8 Z-	G0 Z5.	R-2.5 M210	ROUGHING4)
X52.8 Z-126.4	112.227	G83 Z-56.156	G80	G0 G53 X0.
G0 Z-1.9	G0 Z-1.9	R-2.5 F500.	G0 Z15.	G53 Z0.
X46.	X34.	M210	M205	M205
G1 Z-127.4	G1 Z-112.4	G80	M212	M202
X48.4	X36.4	G0 Z15.	M9	G53.5
X50.4 Z-126.4	X38.4 Z-111.4	M205	G53 X0.	G99 G18
G0 Z-1.9	G0 Z-1.9	M212	G53 Z0.	T1414
X43.6	X31.6	M9	M1	G50 S3300 R1
G1 Z-127.	G1 Z-108.349	G53 X0.		G1 X100. Z-
M8	X31.807 Z-	G53 Z0.	N18(DRILL10)	119.25 F12000.
G0 Z5.	112.328	M1	G0 G53 X0.	G0 X80.
X6.	X31.794 Z-		G53 Z0.	G87 X3.28 R-
G96 S200 M3 R1	112.4	G53.5	G0 Z-1.9	20.2 F1000.
Z-1.9	X34.	G0 G53 H0.	X20.	M210
X10.4	X22.4	G99 G17	M210	M205
G1 Z-12.5 F1.	G1 Z-2.607	T1212	G80	M212
X8.	X20.282 Z-	G97 S500	G0 X100.	M9
X6. Z-11.5	3.219	M203		G53 X0.
G0 Z-1.9	X20. Z-3.463	G0 Z15.	(DRILL15)	G53 Z0.

X12.8	X18. Z-2.463	X0.	M200	M1
G1 Z-12.5	G0 X6.	G0 Z5.	M212	
X10.4	Z5.	G84.2 Z-44. R-	G0 C-90.	N22(DRILL16)
X8.4 Z-11.5	(PROFILE	11.7 F2. M210	M210	G0 G53 X0.
G0 Z-1.9	FINISHING6)	G80	G1 X100. Z-	G53 Z0.
X15.2	G0 Z5.	G0 Z15.	119.25 F12000.	G53.5
G1 Z-11.345	X6.	M205	G0 X80.	G0 G53 H0.
X13.635 Z-12.127	Z-0.574	M212	G87 X3.28 R-	G98 G19
Z-12.5	X20.995	M9	20.2 F1000.	T1616
X12.8	G1 X23.075	G53 X0.	M210	X10.8 Z-11.5
G0 C0.	F1.	G53 Z0.	G80	G0 Z-1.9
M210	X22.04 Z-	M1	G0 X100.	X17.6
M8	2.505			G1 Z-5.541
G0 Z-119.25	X20.021 Z-	N21(DRILL15)	(DRILL15)	X16.8 Z-6.234
X100.	3.088	G0 G53 X0.	M212	Z-10.649
G0 X80.	X17. Z-5.705	G53 Z0.	G0 C180.	X16.591
G87 X29.6 R-16.	Z-10.7	M200	M210	X15.2 Z-
F333.33 M210	X15.882	G53.5	G80	11.345
G80	X13.858 Z-	G0 G53 H0.	G0 X100.	X13.2 Z-
G0 X100.	11.712	G98 G19		10.345
	X9.858	T2525	(DRILL15)	(0)
(DRILL16)	X9.835	G97 S5000	M212	G97 S5000
M200	G0 X6.	M203	G0 C90.	M203
M212	Z5.	M212	M210	M212
G0 C-90.	M9	G0 C0.	G1 X100. Z-	G0 C0.
M210	G53 X0.	M210	119.25 F12000.	M210
G1 X100. Z-	G53 Z0.	G1 Z-3.463	G0 X80.	M8
119.25 F12000.	M1	X17.6 Z-5.541	G87 X3.28 R-	G0 Z-119.25
G0 X80.	N20(DRILL11)	X15.6 Z-4.541	20.2 F1000.	X100.
G87 X29.6 R-16.	G0 G53 X0.	G0 Z-1.9	M210	(0)
F333.33 M210	G53 Z0.	M8	G80	G97 S5000
G80	M5	G0 Z-119.25	G0 X100.	M203
G0 X100.	M200	X100.	G1 X100. Z-	M212
	M212	G0 X80.	119.25 F24.	
(DRILL16)	G0 C0.	G87 X3.28 R	G0 X80.	
M212	M210	-20.2 F1000.	G88.2 X-0.72	
G0 C180.	M8	G0 Z-119.25	R-20.2 F0.8	
M210	G1 X100. Z-	X100.	M210	
G97 S500 M203	119.25 F12000.	G0 X80.	G80	

M212	G88.2 X-0.72	G0 X100.
G0 C0.	R-20.2 F0.8	M205
M210	M210	M9
G0 X80.	G80	
G87 X29.6 R-16.	G0 X100.	G0 G53 X0.
F333.33 M210		G53 Z0.
G80	(DRILL17)	G53 H0.
G0 X100.	M200	M202
	M212	
(DRILL16)	G0 C-90.	M30
M212	M210	
G0 C90.	G1 X100. Z-	
M210	119.25 F24.	
G1 X100. Z-	G0 X80.	
119.25 F12000.	G88.2 X-0.72	
G0 X80.	R-20.2 F0.8	
G87 X29.6 R-16.	M210	
F333.33 M210	G80	
G80	G0 X100.	
G0 X100.		
M205	(DRILL17)	
M212	M212	
M9	G0 C180.	
G53 X0.	M210	
G53 Z0.	G1 X100. Z-	
M1	119.25 F24.	
	G0 X80.	
N23(DRILL17)	G88.2 X-0.72	
G0 G53 X0.	R-20.2 F0.8	
G53 Z0.	M210	
G53.5	G80	
G0 G53 H0.	G0 X100.	
G99 G19	(DRILL17)	
T2424	M212	
M8	G0 C90.	
	M210	

Нааявний на виробництві пристрій для врізання у трубу



Пристрій для врізання в трубу



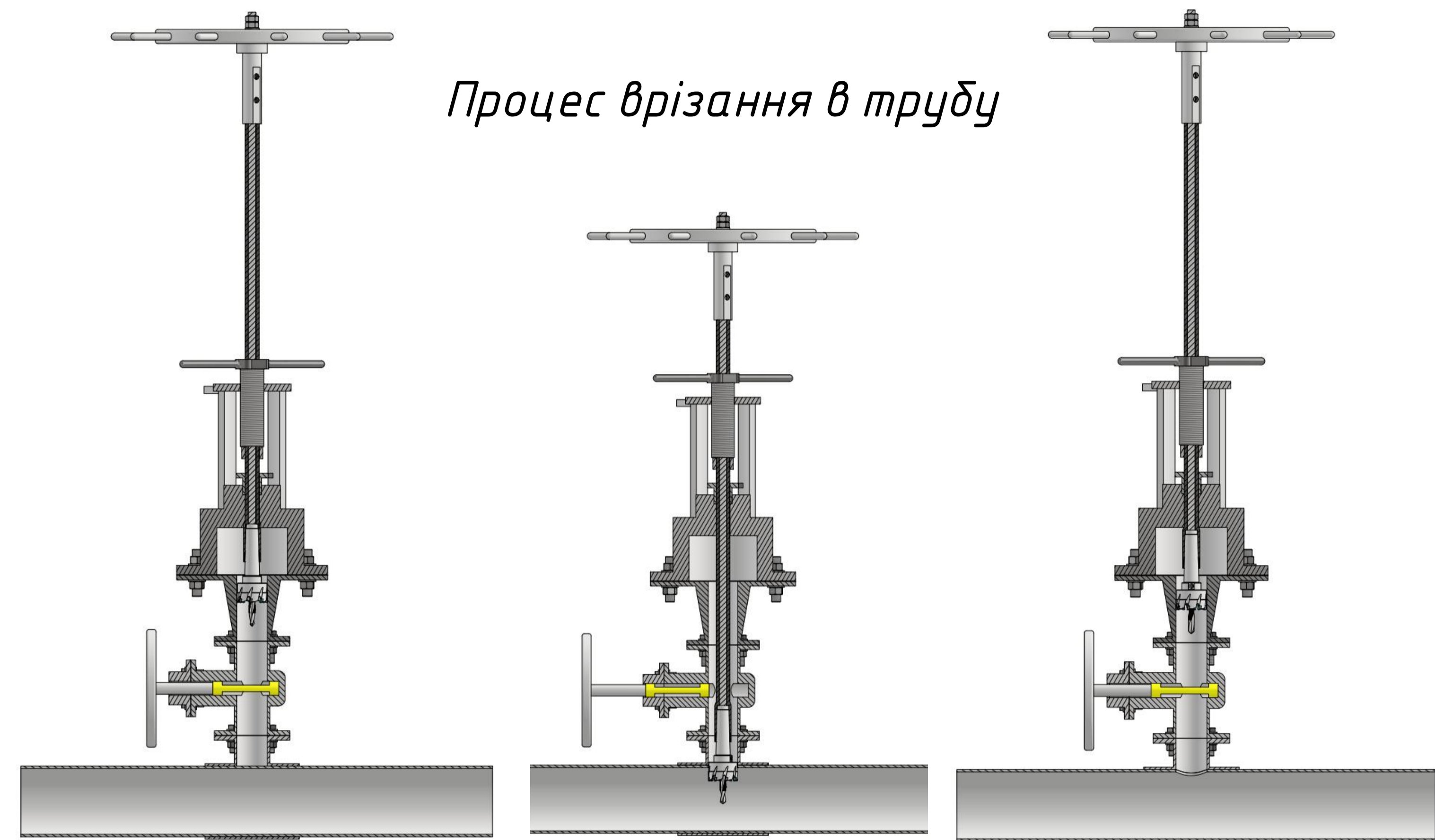
Механізм ручної подачі



Корпус

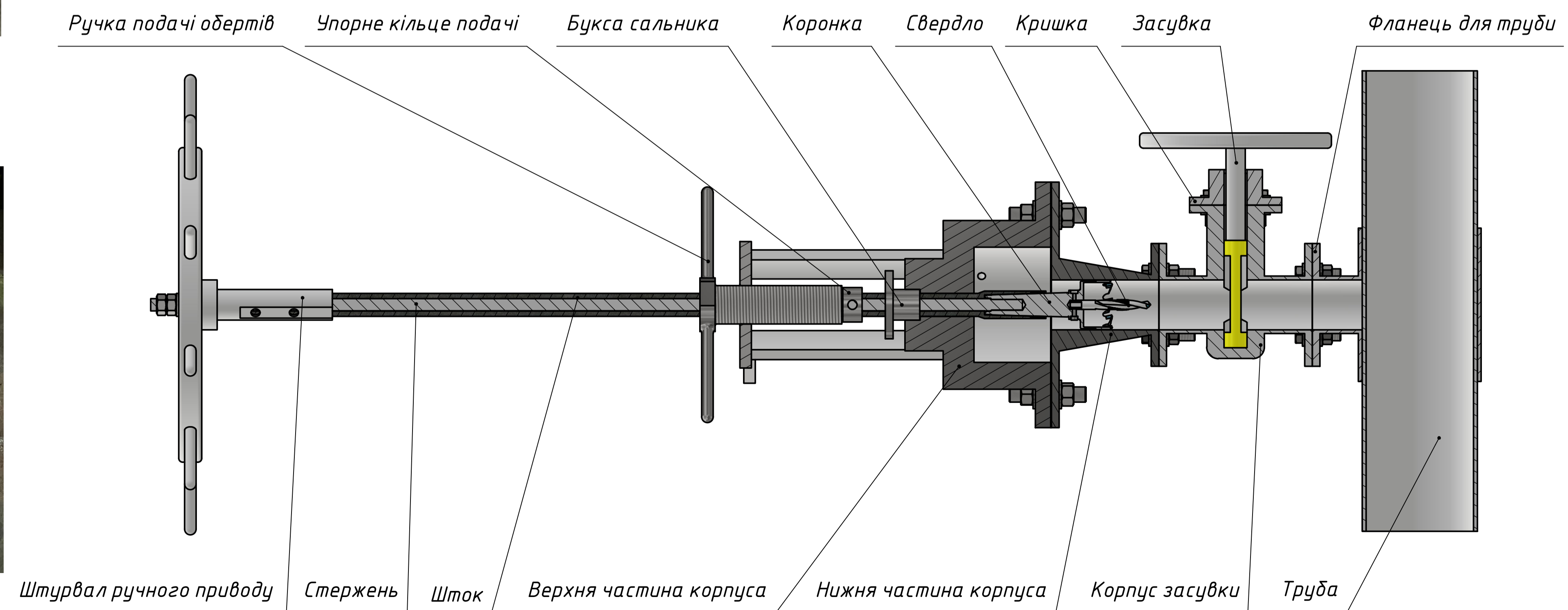


Свердло



Процес врізання в трубу

Створена 3D модель пристрою



Огляд існуючих пристроїв та інструментів

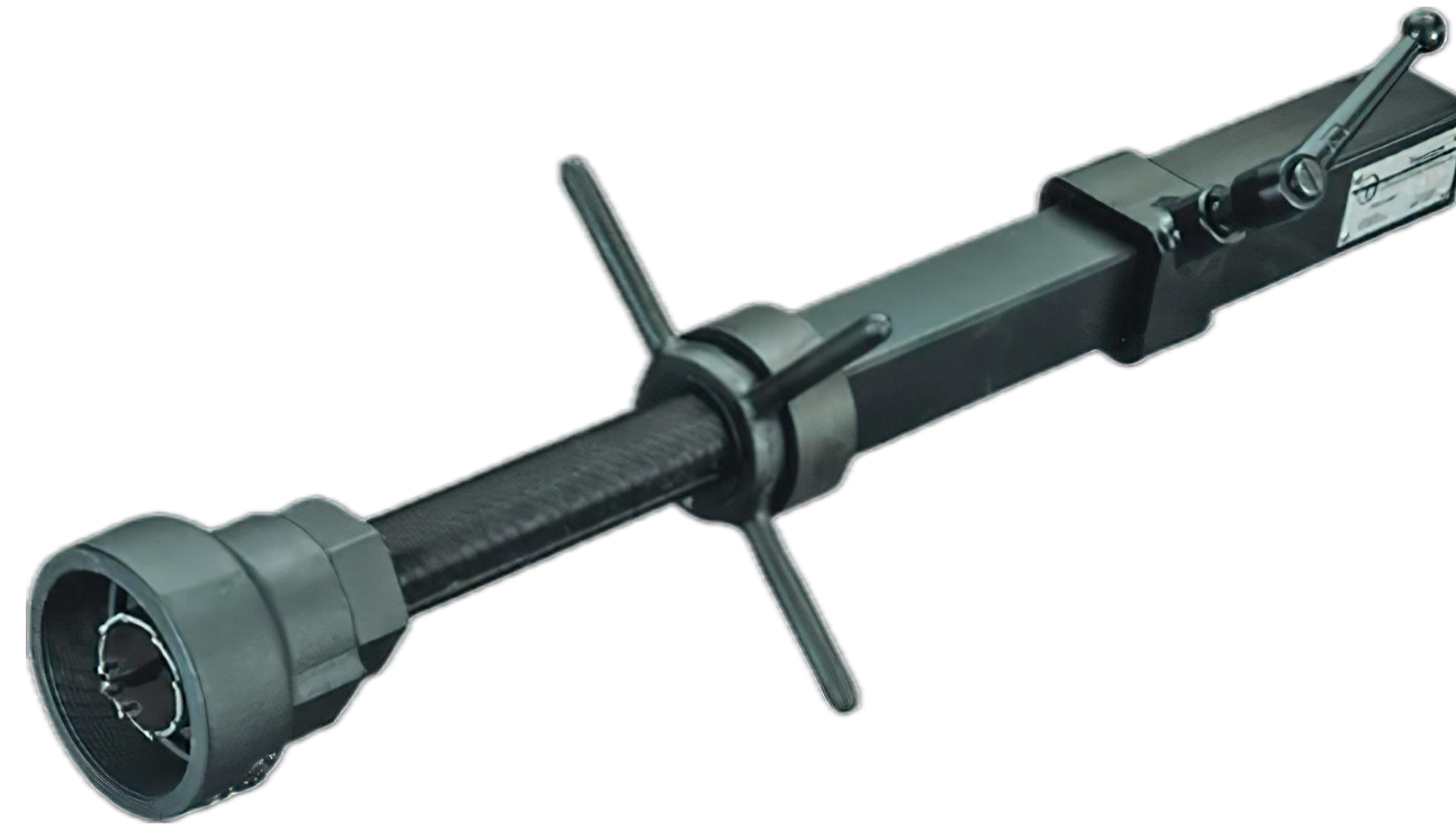
Типи врізання:

З адаптером



Використовується для врізання під тиском, коли не можна зупинити систему

Пуансонна



Забезпечує швидке пробивання отворів у тонкостінних трубах або резервуарах

Холодна врізка



Дозволяє свердлити отвори без іскроутворення, важливо для вибухонебезпечних середовищ



Типи інструментів:

Свердло кінцеве



Стандартне свердло для глухих або наскрізних отворів, залишає забагато стружки

Свердло ступінчасте



Дозволяє свердлити отвори різного діаметра без зміни інструменту, не підходить для холодної врізки

Свердло корончасте

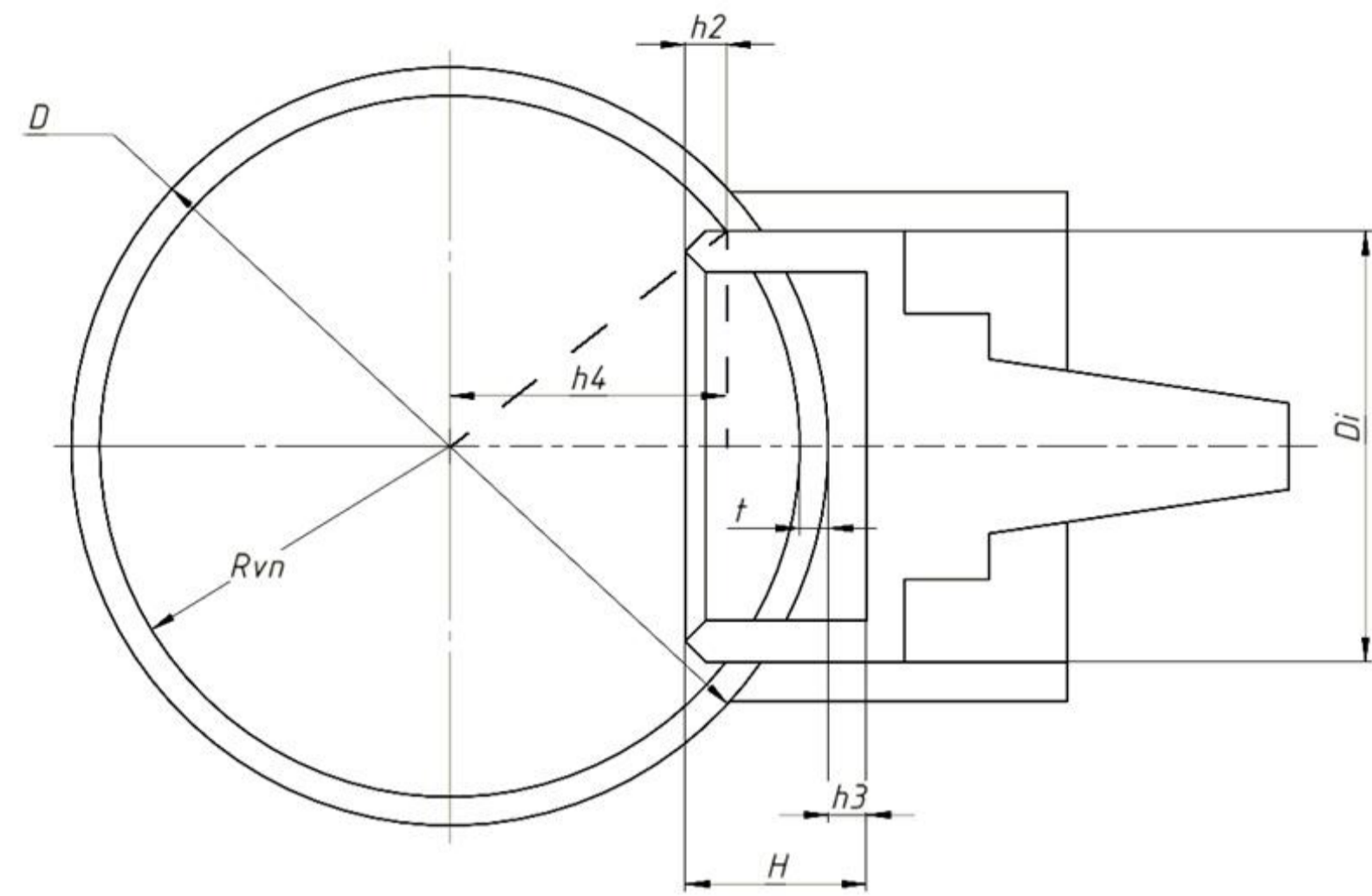


Забезпечує швидке пробивання отворів у тонкостінних трубах або резервуарах

Проектний розрахунок та розробка технічної документації

Розрахунок глибини різання інструменту

Розрахунок розташування інструменту в різні моменти часу роботи



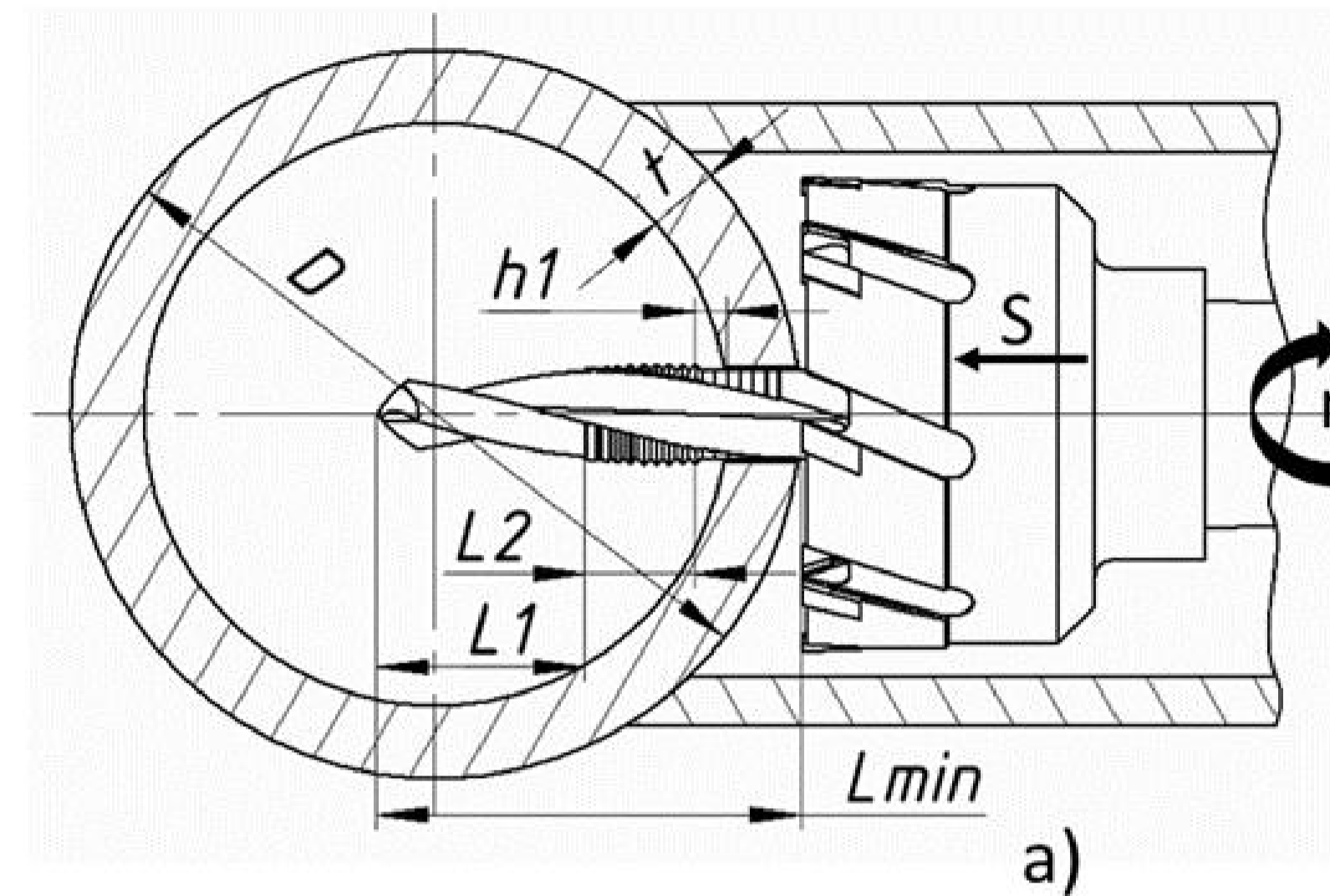
Розрахунок мінімальної глибини врізання коронки

$$H_{min} = h_2 + \left(R_{vn} - \sqrt{R_{vn}^2 - R_i^2} \right) + t + h_3$$

$$R_{vn} = \frac{D}{2} - t = \frac{150}{2} - 5 = 70 \text{ мм}$$

$$H_{min} = 10 + \left(70 - \sqrt{70^2 - 32,5^2} \right) + 5 + 5 = 28 \text{ мм}$$

$$R_i = \frac{D_i}{2} = \frac{65}{2} = 32,5 \text{ мм}$$

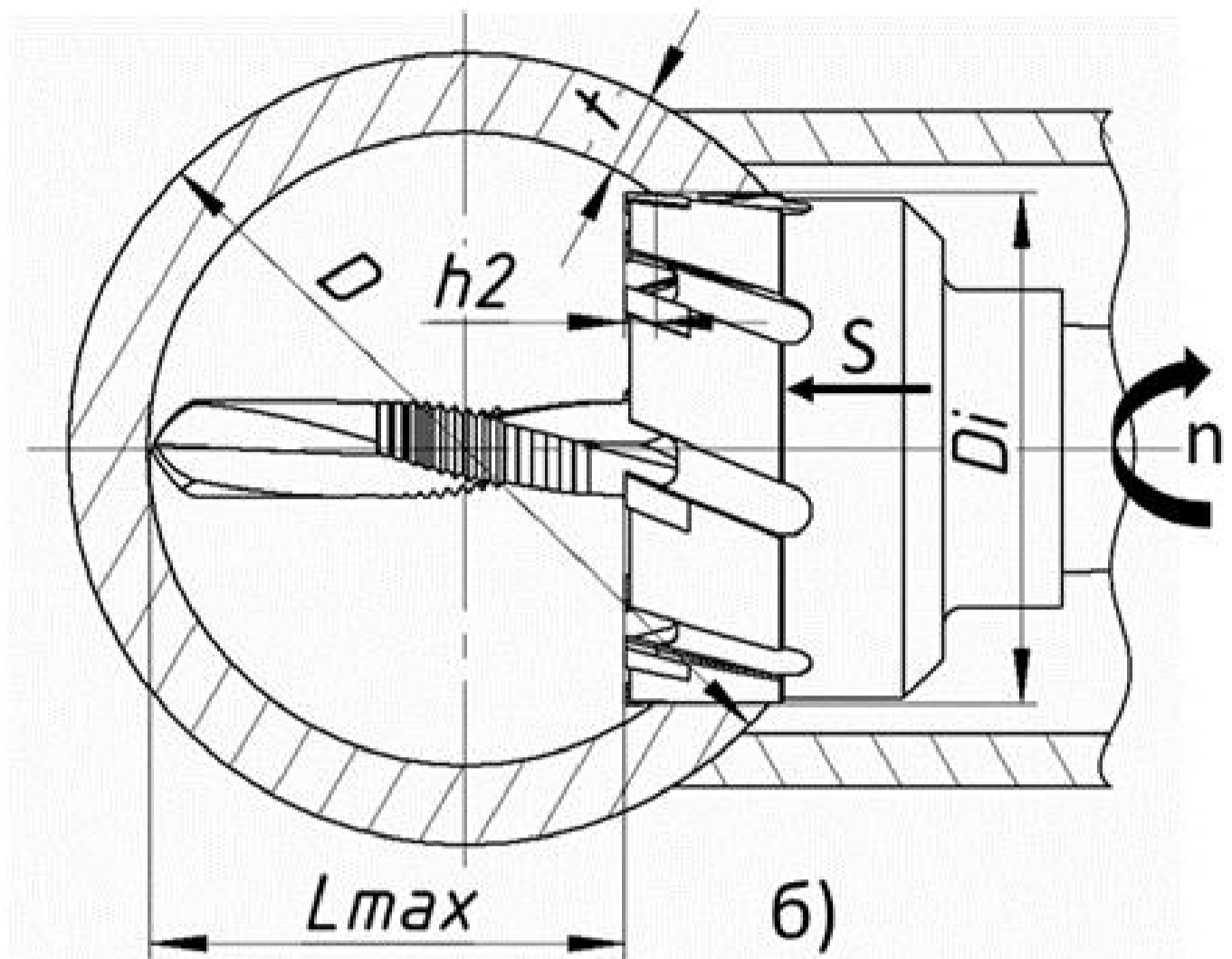


Мінімальний виліт свердла-мітчика відносно торця кільцевого свердла

$$L_{min} = L_1 + L_2 + h_1 + t = 30 + 15 + 2 + 5 = 52 \text{ мм}$$

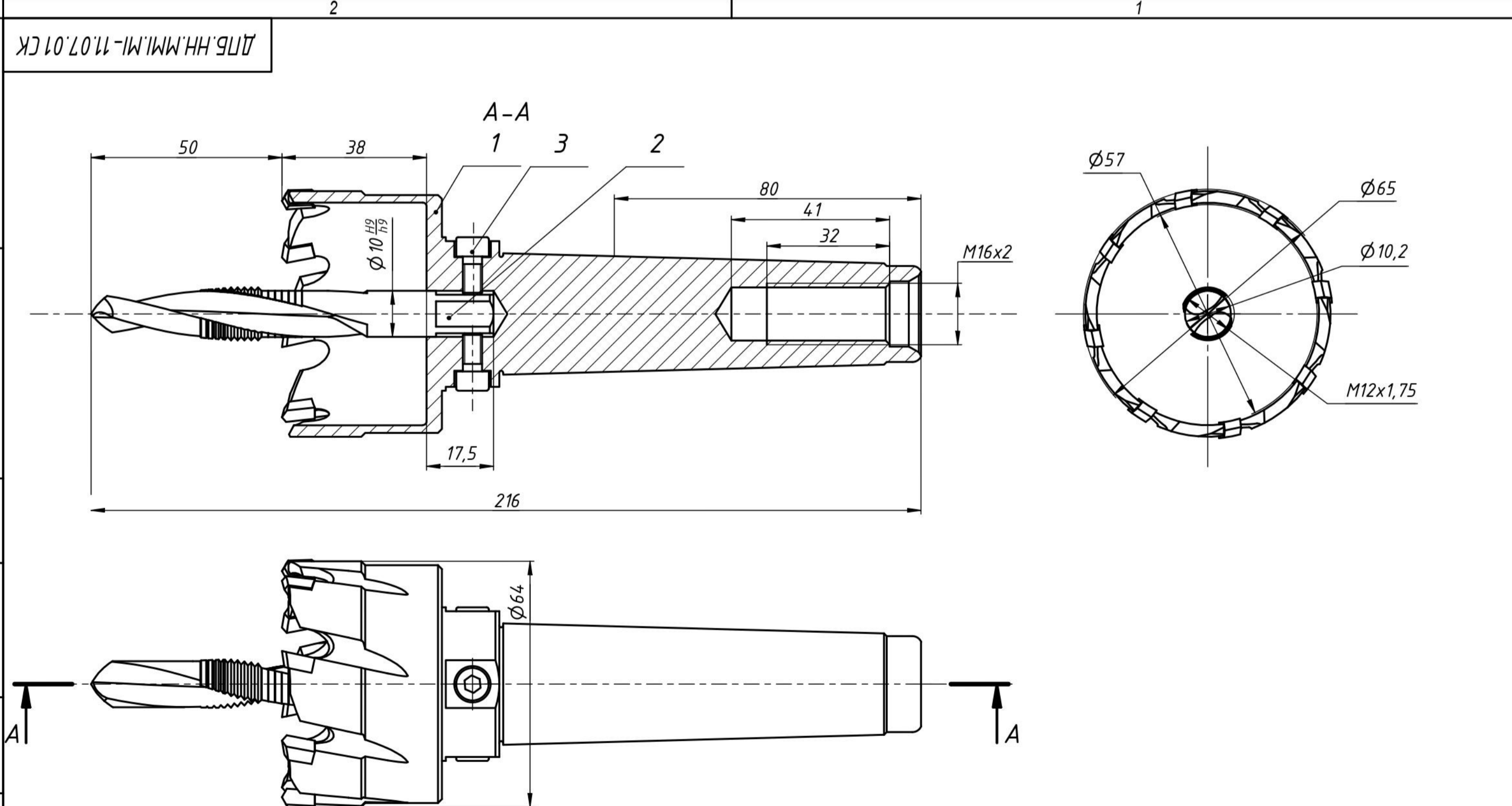
Мінімальна величина необхідного осьового переміщення

$$A_{oc} = (p - s_o) \cdot (t/p + n) = (1,75 - 1,5) \cdot (5/1,75 + 5) = 1,964 \text{ мм}$$



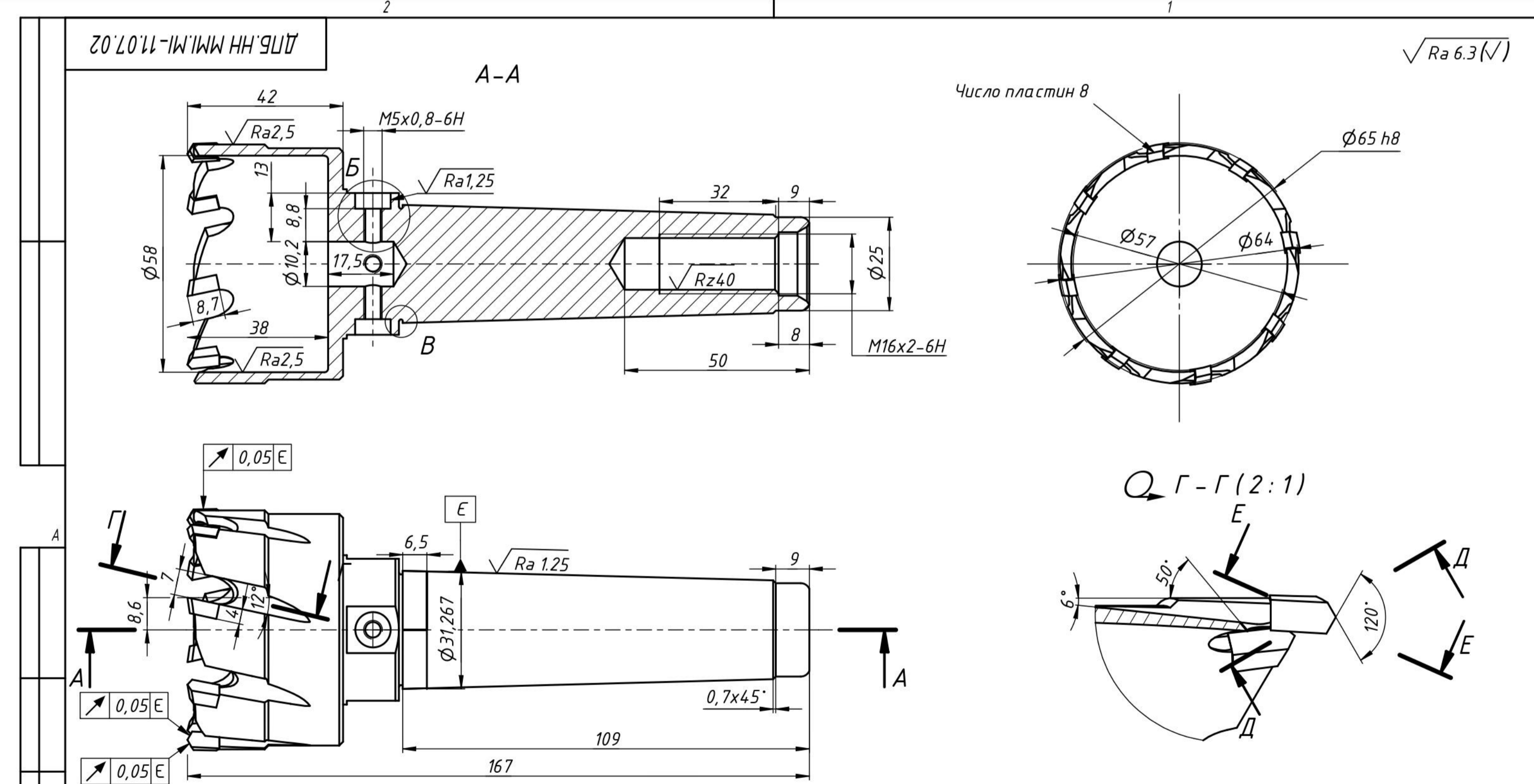
Максимальний виліт свердла-мітчика відносно торця кільцевого свердла

$$L_{max} = \frac{D}{2} + \frac{\sqrt{D^2 - D_i^2}}{2} - h_2 = \frac{150}{2} + \frac{\sqrt{150^2 - 10,2^2}}{2} - 5 \approx 145 \text{ мм}$$



- Збірку виконувати відповідно до креслення.
- Різьбові з'єднання промащувати Літол-24 перед збиранням.
- Биття центрального свердла відносно осі конусу морзе – не більше 0,1 мм.
- Не допускати перекосу свердла при монтажі.

ДПБ.НН.ММІ.МІ-11.07.01 СК				Лист	Маса	Масштаб
Свердло кільцеве збірне				Н	0,2	1:1
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Маскаленко Д.			20.05.2023		
Пров.	Вовк В.В.					
Т. контр.						
Нач. отд.						
Н. контр.						
Утв.						



ДПБ.НН.ММІ.МІ-11.07.02				Лист	Маса	Масштаб
Кільцеве свердло				Н	0,1	1:1
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Маскаленко Д.			20.05.2023		
Пров.	Вовк В.В.					
Т. контр.						
Нач. отд.						
Н. контр.						
Утв.						

ДПБ.МІ 11.07.02

Операція: 010 Токарна з ЧПК
Точіння торцю, центрування, точіння чорнове та чистове зовнішньої поверхні інструменту
Верстат: HAAS TL-2P

Центрувальне свердло

Циклограма руху інструментів

№ пер.	Найменування переходу	t, мм	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/об
1	Торцювання	1,5	160	720	0,25
2	Центрування	3	25	1150	0,08
3	Чорнове точіння	1	120	600	0,5
4	Чистове точіння	0,5	180	900	0,2

Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Масса	Масштаб
Розроб.	Маскаленко О				Н		1:1
Перев.	Водк В.						
Т. контр.							
Пос. кер.							
Н. контр.							
Затверд.							

ДПБ.МІ 11.07.02

Графічне зображення Технології виготовлення

Лист 1 Листів 4

КПІ ім. Ігоря Сікорського
НН ММІ група МІ-11

Формат А3

ДПБ.МІ 11.07.02

Операція: 020 Токарно-свердлильна з ЧПК
Свердління та розсвердлювання отвору, розточування внутрішньої поверхні, нарізання різьби
Верстат: HAAS TL-2P

Розрізна втулка

Свердло Ø10,2

Свердло Ø14

Розточний різець

Мітчик М16х2

№ пер.	Найменування переходу	t, мм	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/об
1	Свердління	50	25	780	0,2
2	Розсвердлювання	50	28	630	0,25
3	Розточування	1	100	1000	0,15
4	Нарізання різьби	32	10	200	2

Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Масса	Масштаб
Розроб.	Маскаленко О				Н		1:1
Перев.	Водк В.						
Т. контр.							
Пос. кер.							
Н. контр.							
Затверд.							

ДПБ.МІ 11.07.02

Графічне зображення Технології виготовлення

Лист 2 Листів 4

КПІ ім. Ігоря Сікорського
НН ММІ група МІ-11

Формат А3

ДПБ.МІ 11.07.02

Операція: 025 Фрезерно-свердлильна з ЧПК
Фрезерування, свердління та отвору, фрезерування отвору, нарізання різьби
Верстат: HAAS VR-8

Двохповоротна головка з механізмом ділення

Фреза Ø10

Центрувальне свердло

Свердло Ø4,2

Фреза Ø4

Мітчик М5х0,8

Тримач для конуса

№ пер.	Найменування переходу	t, мм	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/об
1	Фрезерування лиски	1	100	3000	0,08
2	Центрування	3	25	1150	0,08
3	Свердління	13	20	1200	0,15
4	Фрезерування отвору	0,5	20	800	0,05
5	Нарізання різьби	8,8	6	400	0,8

Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Масса	Масштаб
Розроб.	Маскаленко О				Н		1:1
Перев.	Водк В.						
Т. контр.							
Пос. кер.							
Н. контр.							
Затверд.							

ДПБ.МІ 11.07.02

Графічне зображення Технології виготовлення

Лист 3 Листів 4

КПІ ім. Ігоря Сікорського
НН ММІ група МІ-11

Формат А3

ДПБ.МІ 11.07.02

Операція: 035 Фрезерна з ЧПК
Фрезерування
Верстат: HAAS VR-8

Фреза Ø6

Тримач для конуса

Двохповоротна головка з механізмом ділення

№ операції	Інструмент	t, мм	V, м/хв	n, об/хв	S, мм/об
035	Фреза кінцева Ø6 мм	1	120	1500	0,05

Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Літ.	Масса	Масштаб
Розроб.	Маскаленко О				Н		1:1
Перев.	Водк В.						
Т. контр.							
Пос. кер.							
Н. контр.							
Затверд.							

ДПБ.МІ 11.07.02

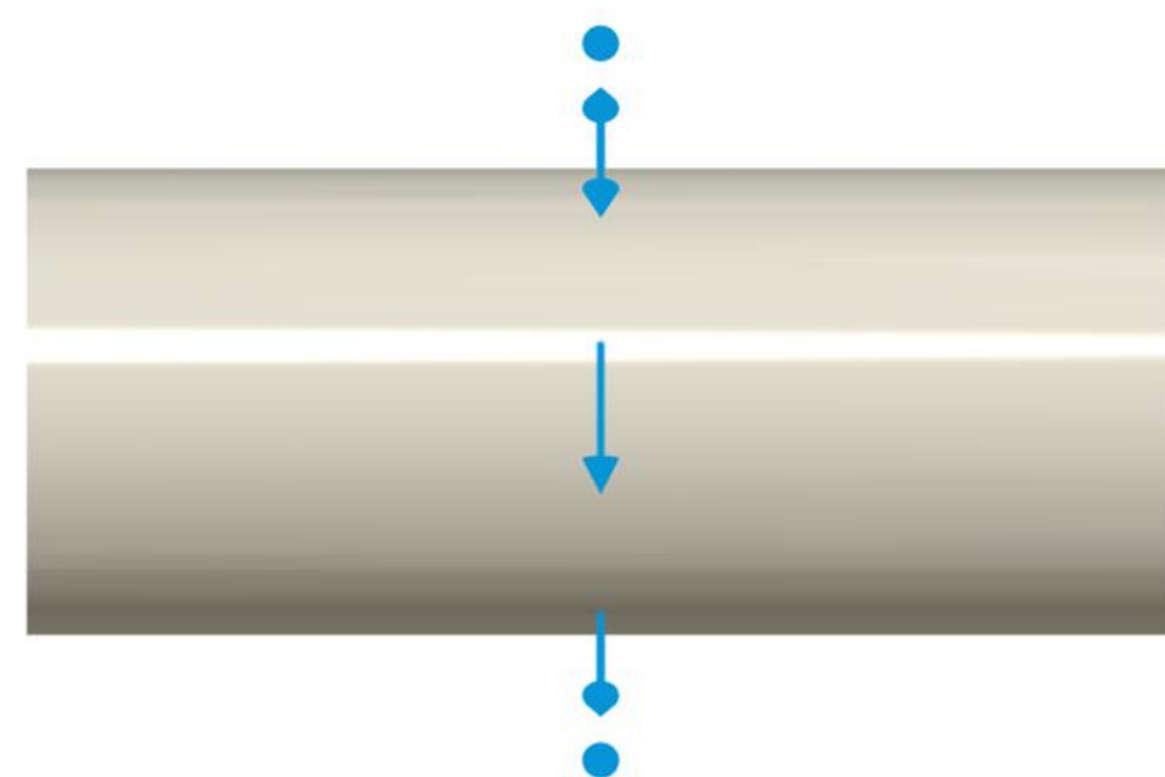
Графічне зображення Технології виготовлення

Лист 4 Листів 4

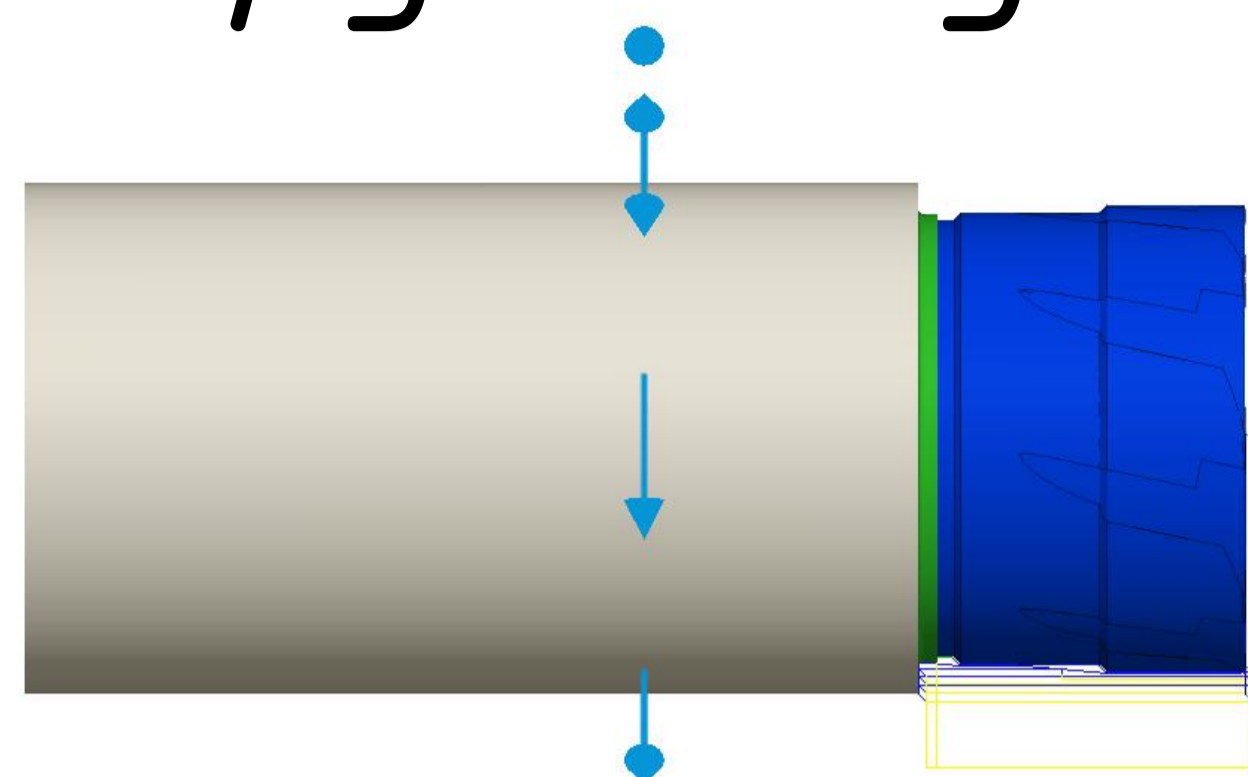
КПІ ім. Ігоря Сікорського
НН ММІ група МІ-11

Формат А3

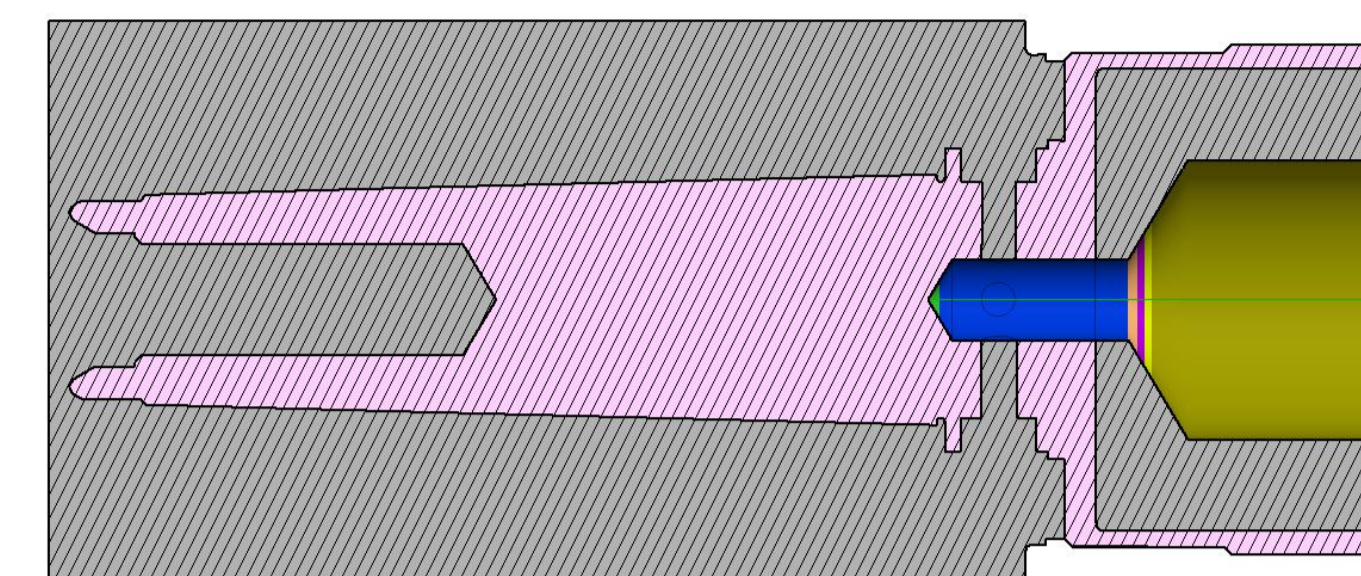
Створення керуючої програми для виготовлення інструменту на ЧПК верстаті



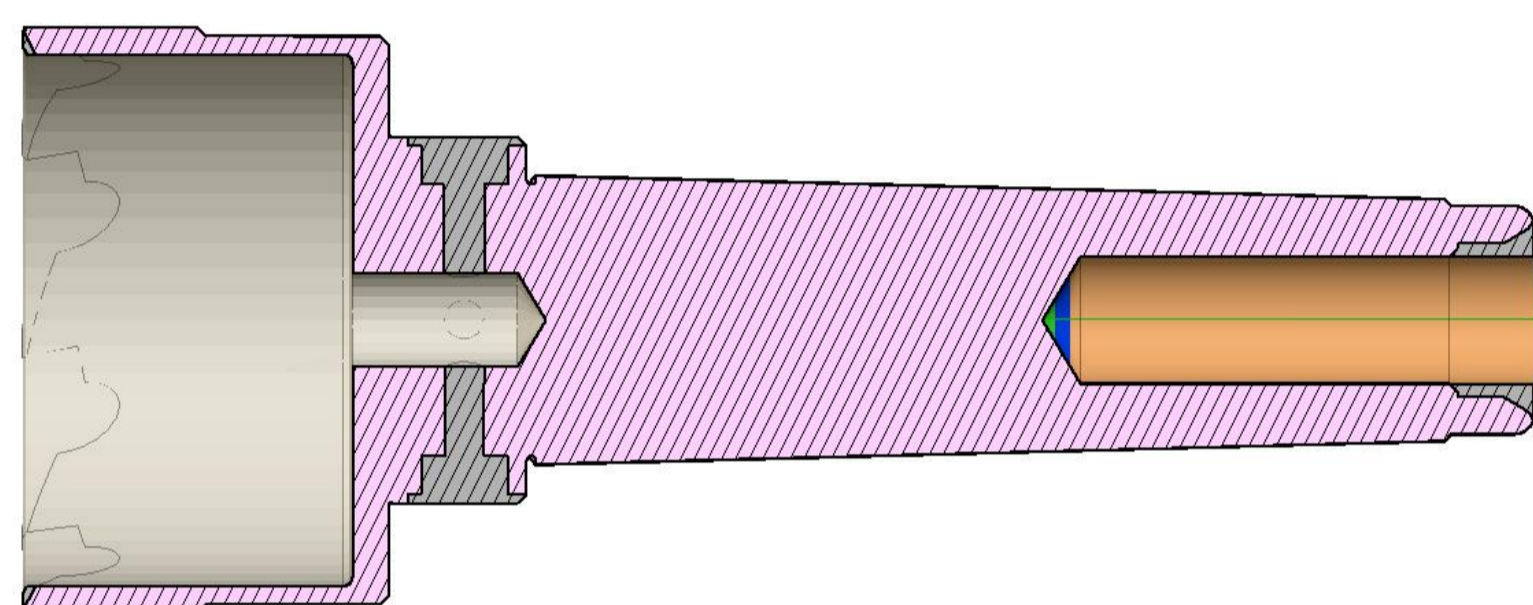
Відрізана заготовка



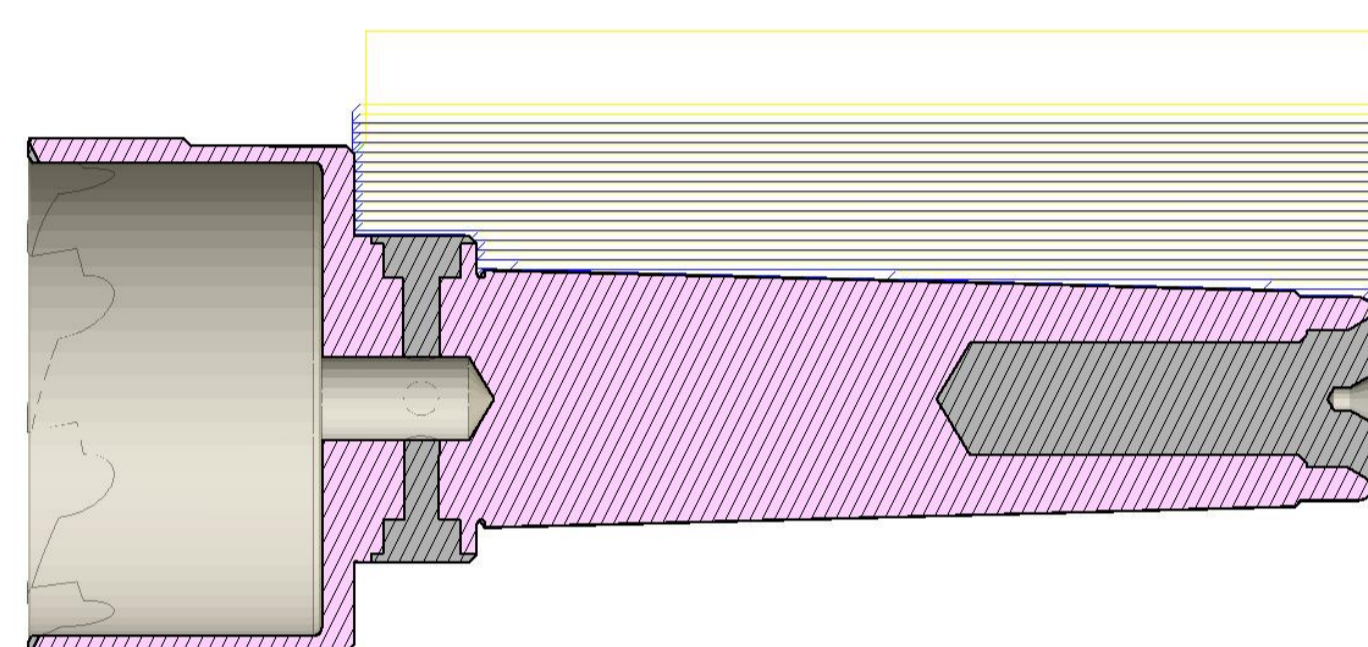
Точіння торцю, центрування, чорнове та чистове точіння зовнішньої поверхні інструменту



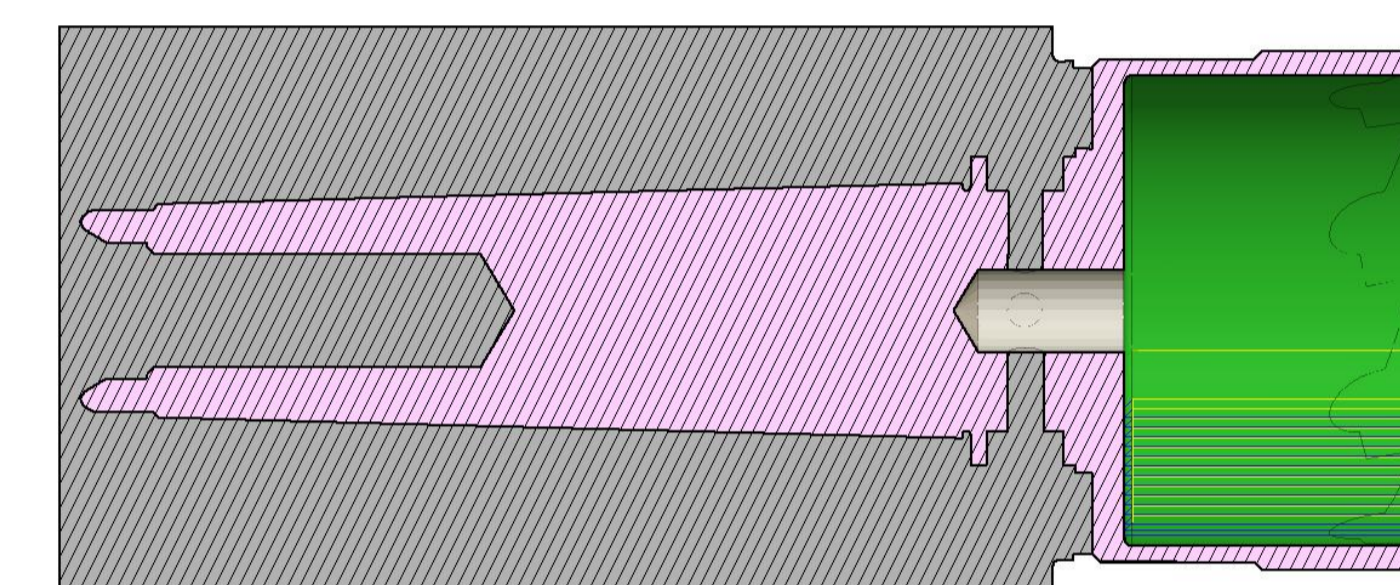
Свердління та розсвердлювання отвору під посадку свердла-мітчика та розсвердлювання внутрішньої поверхні інструменту



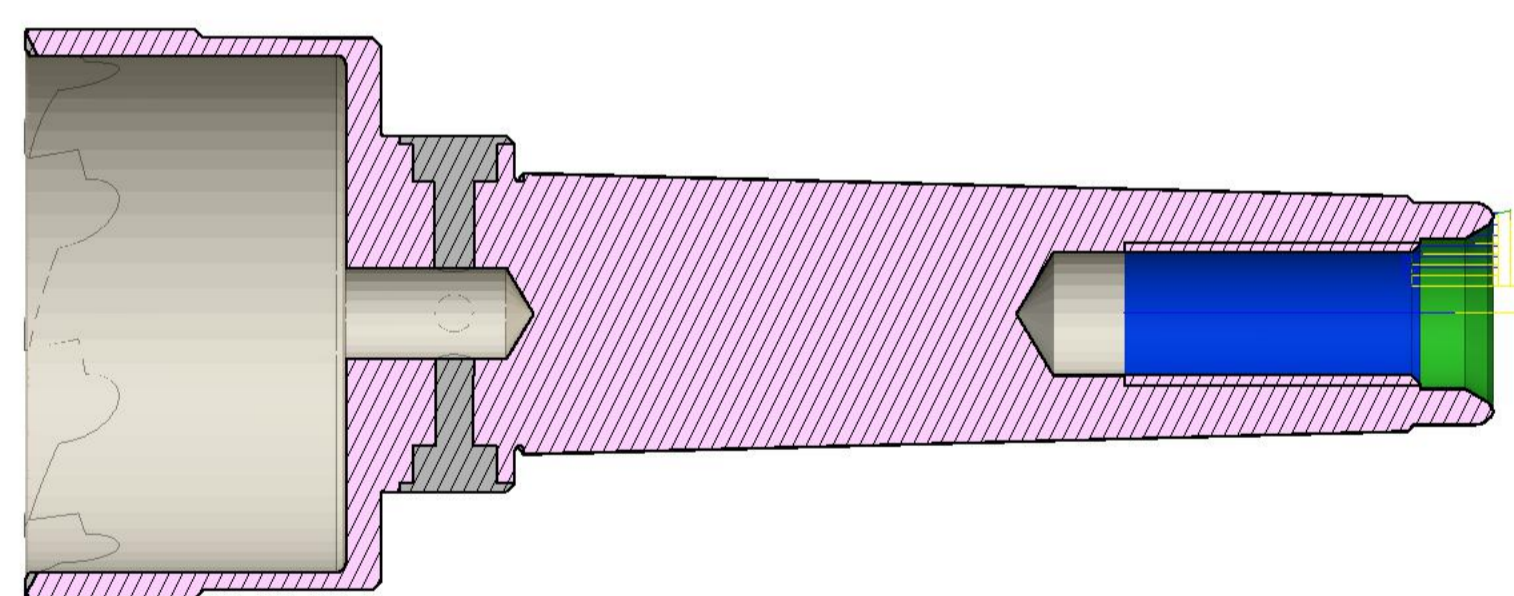
Свердління та розсвердлювання отвору в тильній стороні інструменту



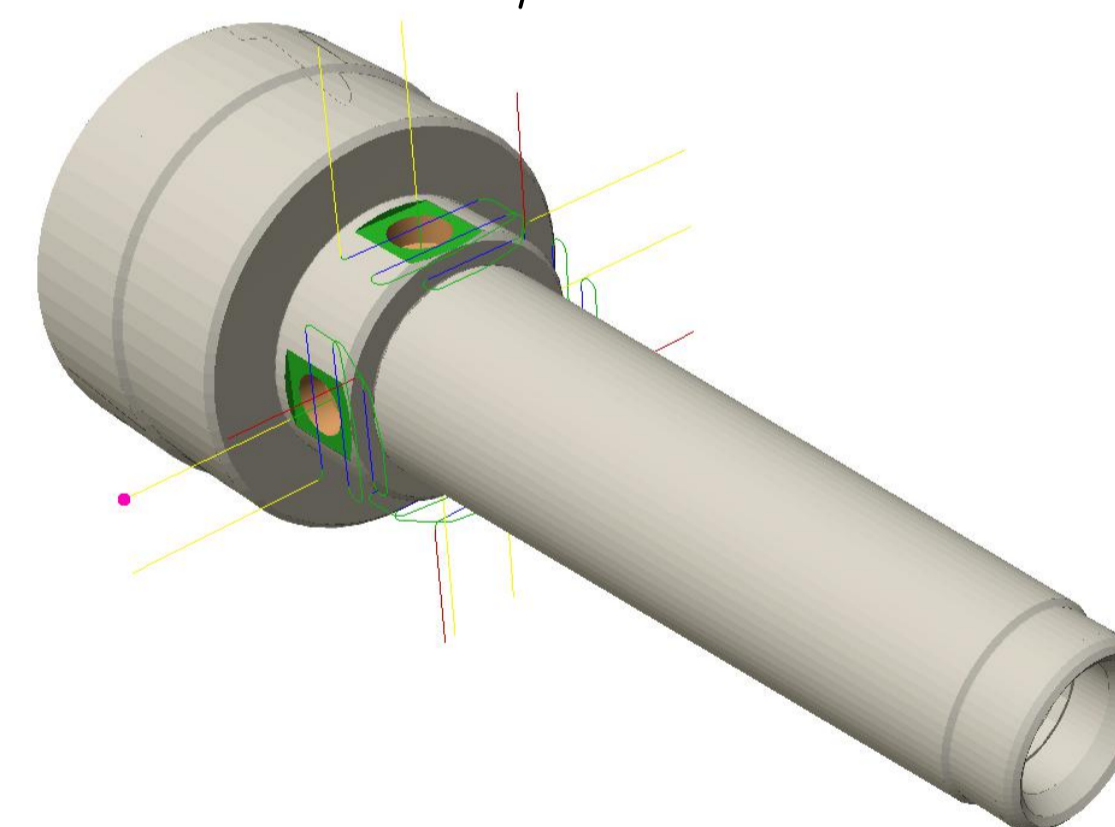
Чистове та чорнове точіння зовнішньої поверхні хвостовика



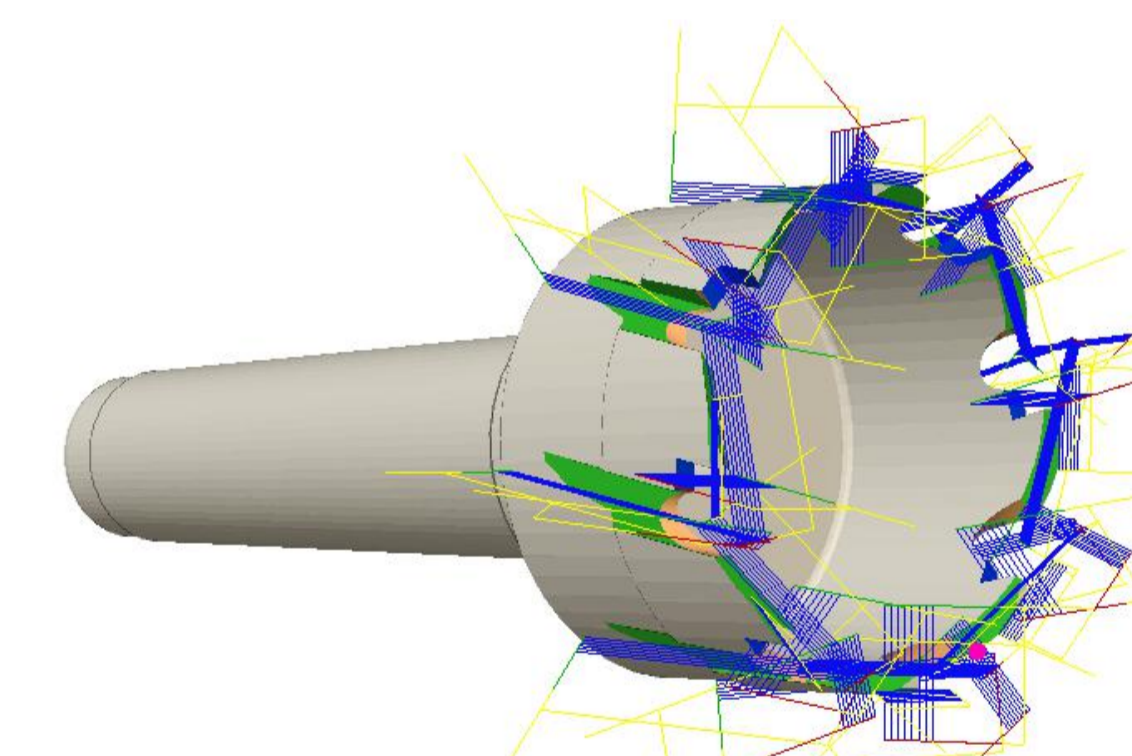
Чистове та чорнове розточування внутрішньої поверхні інструменту



Чистове та чорнове розточування внутрішньої поверхні отвору та нарізання різьди

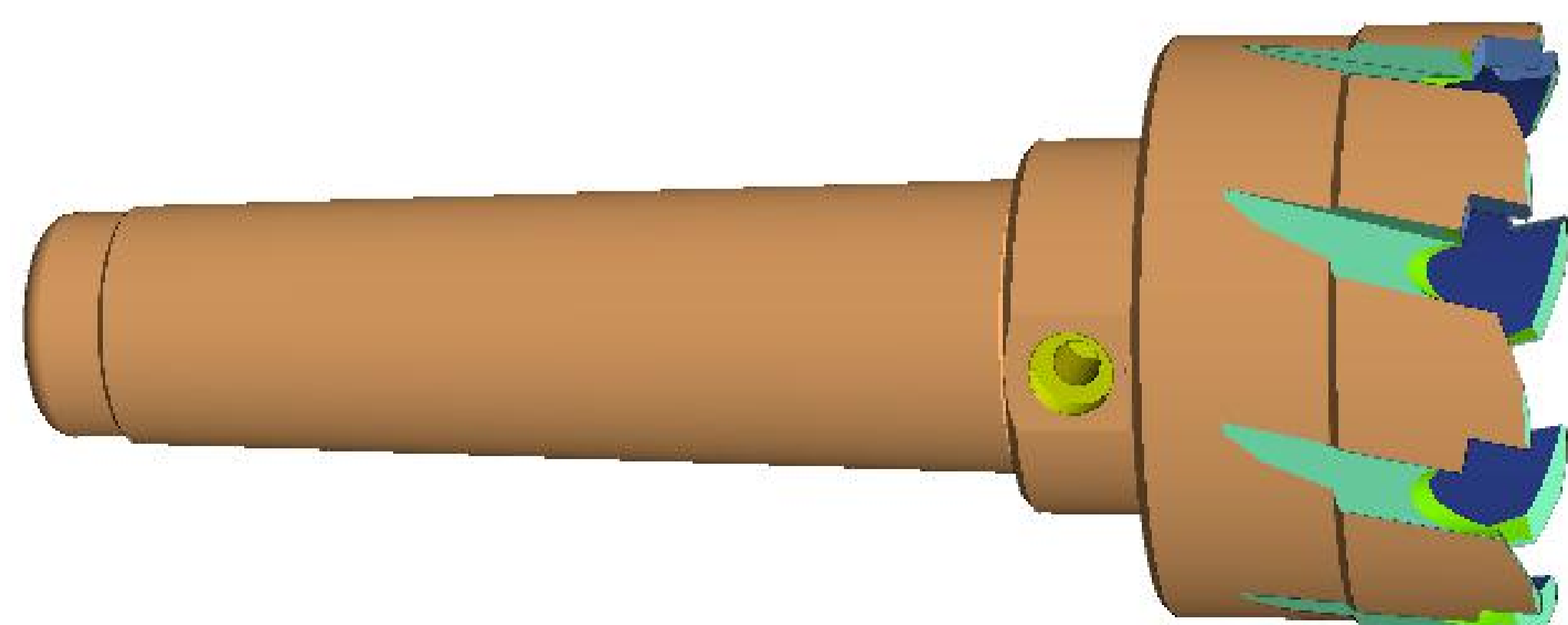


Фрезерування лиски, свердління отвору, зенкерування отвору, нарізання різьди



Фрезерування стружкових канавок, канавок під пластинки та передніх кутів інструменту

Вигляд закінченого інструменту



Режими різання для точіння зовнішньої поверхні інструменту

При чорновому точінні:

- Максимальна кількість обертів 600 об/хв
- Робоча подача 0,5 мм/об
- Глибина різання за прохід 1 мм

При чистовому точінні:

- Максимальна кількість обертів 900 об/хв
- Робоча подача 0,2 мм/об
- Глибина різання за прохід 0,5 мм

