НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

Завідувач кафедрою

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«___»_____20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи інженерного дизайну»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Фреза кінцева для оброблення алюмінієвого сплаву»

Виконав (-ла):
студент (-ка) IV курсу, групи МІ-91
Повар Ярослав Ігорович _____

Керівник:

_____

Рецензент:
к.т.н., доцент
Івановський Олексій Анатолійович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2023

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
Освітньо-професійна програма	«Інструментальні системи інженерного дизайну»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО
“____” _____ 202_ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ
Повару Ярославу Ігоровичу

1. Тема проекту: Фреза кінцева для оброблення алюмінієвого сплаву затверджена наказом по університету №1951-с від “ 25 ” 05.23р.
Керівник проекту Івановський Олексій Анатолійович, доцент, кандидат технічних наук

2. Термін подання студентом проекту: 14.06.2023
3. Вихідні дані до проекту: Матеріал заготовки – Алюмінієвий сплав Д16, Діаметр попереднього отвору заготовки – «10» мм, інструмент – Кінцева фреза

4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз конструкцій кінцевих фрез, проєктний розрахунок фрези, створення 3D моделі фрези, складальне креслення, розробка маршрутної технології, розробка моделі пристосування.

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Аналіз конструкції фре для обробки алюмінієвого сплаву
2. Робочий кресленик фрези
3. Технологічні операції
4. Пристосування
5. Програма розрахунку режимів різання

6. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз конструкції фрез	24.04.2023	
2	Розрахунок конструкції фрези	30.04.2023	
3	Побудова 3D моделі інструменту та робочий кресленик фрези	06.05.2023	
4	Технологія виготовлення фрези та графічне зображення технологічних операцій	20.05.2023	
5	Розробка конструкції пристосування	29.05.2023	
6	Креслення пристосування	01.06.2023	
7	Написання робочої програми для розрахунку режимів різання	07.06.2023	
8	Записка дипломного проєкту та креслення	10.06.2023	

Студент **Ярослав ПОВАР**

Керівник проекту **Олексій ІВАНОВСЬКИЙ**

Затверджую
_____ Юірй ДАНИЛЬЧЕНКО
«___»_____ 2023 р

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Фреза для обробки алюмінієвого сплаву
Зміст проекту	Розробити фрезу для обробки алюмінієвого сплаву, навести методику розрахунку фрези.
Технічні вимоги	1. Оброблюваний матеріал – алюмінієвий сплав, Д16 2. Вид оброблення – фрезерування 3. Попередній діаметр заготовки – «10» мм 4. Різальна частина свердла – сталь інструментальна марки Р6М5 5. Конструкція фрези – цільна 6. Стружкові канавки фрези – гвинтові 7. Тип хвостовика – циліндричний 8. Верстат для оброблення - універсальний фрезерний верстат 9. Глибина обробки інструментом – 1мм
Особливі вимоги	Інструмент для оброблення і пазів

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	1. Огляд та аналіз різних конструкції фрез. 2. Обґрунтувати обраної конструкції. 3. Переваги та недоліки різних типів.
ОП	1. Робочий кресленик фрези. 2. 3D модель фрези
ТС	1. Ескіз технологічних операцій: - Технологічний маршрут виготовлення фрези - Фрезерування стружкових канавок - Операція шліфувальна - Операція Заточування - Операція Круглошліфувальна 2. Розрахунок режимів різання
КС	1. 3Д-модель ріжучої частини фрези. 2. Складальний кресленик та 3D-модель Цангового приспособлення для фрезерування базової площини деталі
НС	Автоматизувати процес моделювання інструмента . Написати програму для розрахування оптимальних режимів різання, зробити для неї інтерфейсу інтегрувати її в САПР систему.

Студент _____	«_____»_____ 2023р.
Керівник _____	«_____»_____ 2023 р

СП – стан питання

ОП – об’єкт проектування

ТС – технологічна складова

КС – конструкторська складова

СС – спеціальна складова

НС – наукова складова

АНОТАЦІЯ

Ця дипломна робота присвячена розробці та оптимізації кінцевої фрези для обробки алюмінієвих сплавів. Алюмінієві сплави широко використовуються в промисловості, особливо в авіаційному та автомобільному секторах, завдяки таким властивостям, як легкість, висока міцність і хороша теплопровідність. Однак їх обробка може бути ускладнена через особливості матеріалу, такі як висока схильність до відколів, зношування і перегріву. Метою даного дослідження є розробка кінцевої фрези, яка забезпечує оптимальну ефективність і якість обробки алюмінієвих сплавів. У роботі проаналізували різні типи фрез з урахуванням їх геометрії, матеріалу та режимів різання. Для прогнозування поведінки фрези при різанні алюмінієвого сплаву використовувалися методи чисельного моделювання та оптимізації, включаючи метод скінченних елементів.

На основі отриманих результатів визначено оптимальні параметри різання, такі як кут заточування, радіус заточування, глибина різання.

Мова – ua

Ключові слова: фреза, інструмент, алюмінієвий сплав, кострукція,пристосування

ANNOTATION

This diploma project is devoted to the development and optimization of an end mill for processing aluminum alloys. Aluminum alloys are widely used in industry, especially in the aviation and automotive sectors, due to properties such as lightness, high strength and good thermal conductivity. However, their processing can be complicated due to the characteristics of the material, such as a high tendency to chipping, wear and overheating.

The purpose of this study is the development of an end mill that provides optimal efficiency and quality of processing aluminum alloys. The work analyzed different types of milling cutters, taking into account their geometry, material and cutting modes. Numerical modeling and optimization methods, including the finite element method, were used to predict the behavior of the milling cutter when cutting aluminum alloy.

Based on the obtained results, the optimal cutting parameters, such as the sharpening angle, sharpening radius, and cutting depth, were determined.

The language is ua

Key words: cutter, tool, aluminum alloy, construction, device

Зміст

Вступ 9

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРОБКИ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ 10

1.1 Класифікація фрез 10

1.2 Матеріал різальної частини 13

1.3 Кінцева фреза 14

1.4 Фреза з 2 ріжучими кромками 16

1.5 Фреза однозуба спіральна 18

1.6 Кінцева фрез з сферичний кінцем 19

2. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗИ 21

2.1 Матеріал для виготовлення кінцевої фрези 21

2.2 Геометричні параметри фрези 26

2.3 Конструкторскі елементи фрези 26

2.4 Побудова 3D моделі Кінцевої фрези 27

2.5 Аналіз складових кінцевої фрези 33

3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КІНЦЕВОЇ ФРЕЗИ 36

3.1 Технологічний процес виготовлення корпусу фрези 36

3.2 Розрахунок режимів різання 45

4. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРИСТОСУВАННЯ 47

4.1 Опис роботи цангового пристосування 47

4.2 Розрахунки цангового пристосування 48

4.3 Розрахунок сили затиску цангового патрону 49

4.4 Створення 3D моделі цангового патрону 51

5. СКРИПТ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ 56

5.1 Актуальність і переваги програмування 56

5.2 Написання коду та створення інтерфейсу 58

Посилання: 65

Вступ

Одним з ефективних типів фрез для обробки алюмінія є кінцева фреза.

Алюмінієві сплави відомі своєю легкістю, високою корозійною стійкістю та відмінними механічними властивостями, що робить їх привабливими для виробництва різноманітних деталей та виробів. Однак обробка алюмінієвих сплавів може бути складною через їх низьку твердість і схильність до відколів під час фрезерування.

Це робить розробку спеціалізованої кінцевої фрези для обробки алюмінієвих сплавів актуальним завданням. Ефективна кінцева фреза повинна враховувати характеристики матеріалу, забезпечувати високу якість обробки, мінімізувати утворення стружки і гарантувати тривалий термін служби.

Тому метою даного дипломного проєкту є оозробка кінцевої фрези для обробки алюмінієвого сплаву, та навести методику розрахунку фрези

1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРОБКИ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ

1.1 Класифікація фрез

Розрізняють фрези циліндричні, торцеві, кінцеві, дискові, кутові, фасонні. Ці фрези можна віднести до групи фрез загального призначення.

За способом кріплення на верстаті виділяють насадні фрези і кінцеві, що закріплюються за допомогою хвостовиків.

Фрези можуть бути цілісні та збірні. Збірні фрези мають корпус та ріжучі елементи з різних матеріалів. Аналогічно розрізняють фрези швидкорізальні та твердосплавні, залежно від інструментального матеріалу різальної частини.

Найбільш поширені конструкції фрез стандартизовані.

Крім вищеперелічених можна зустріти й інші види фрез: прорізні, відрізні, шпонкові, пазові, сегментні та інші суті є модифікаціями основних фрез загального призначення.

Спіральні циліндричні фрези застосовують для обробки плоских поверхонь.

Фасонні фрези призначають для обробки різних фасонних профілів.

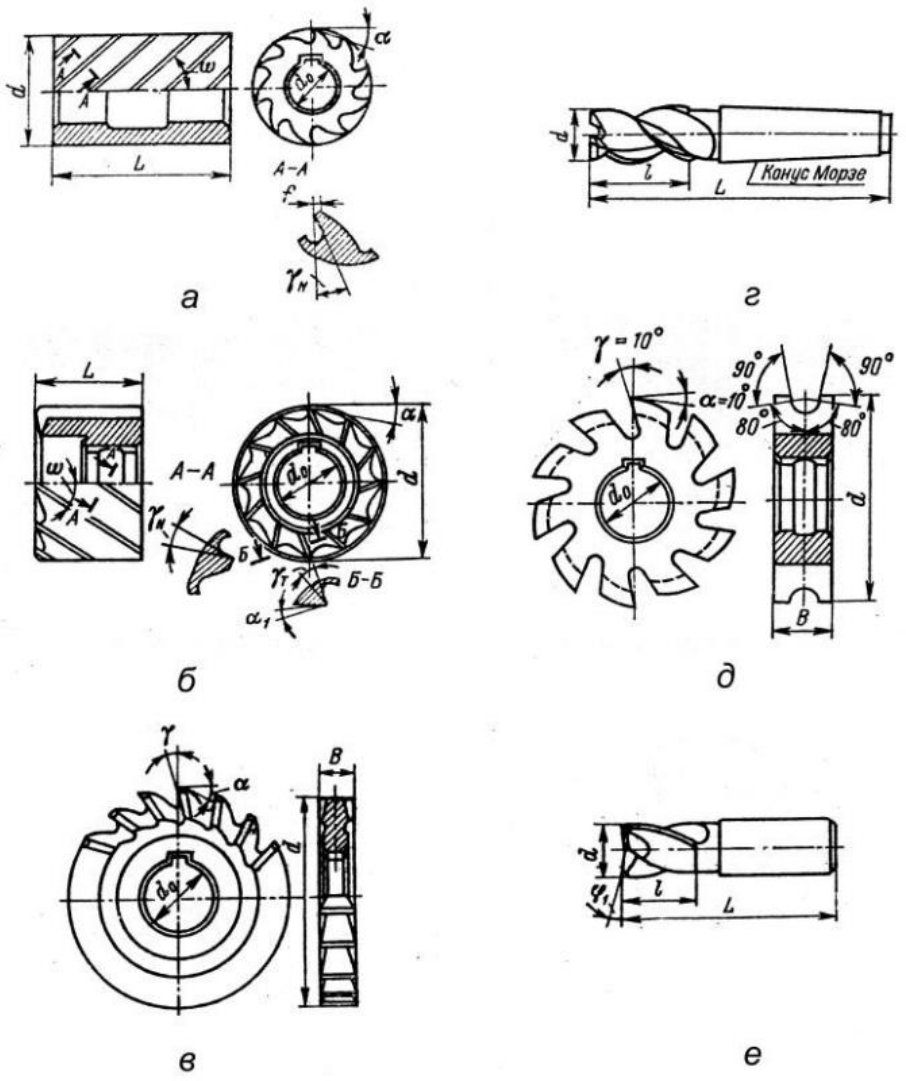
Кінцеві фрези є основним інструментом для фрезерування складних контурів деталей на верстатах з числовим програмним керуванням. Вони також служать для обробки уступів та пазів.

Кінцеві фрези, на відміну від циліндричних, мають зубці на торці фрези.

Дискові тристоронні фрези призначені для обробки пазів, двосторонні – уступи.

Торцеві фрези служать для обробки пазів, уступів та площин. Кутовими фрезами обробляють сполучені поверхні, що утворюють у перетині кут.

За формою профілів зубів фрези поділяють на гострозаточені та затиловані (рисунок 1). Гострозаточені фрези переточують по задній



поверхні

Рисунок 1. Деякі види конструкцій фрез: а – циліндрична; б - торцева; в – дискова; г – кінцева; д - фасонна; е – шпонкова.

1.2 Матеріал різальної частини

Для обробки алюмінію рекомендованим матеріалом різальної частини для кінцевої фрези є матеріал Р6М5, він є одним з популярних матеріалів використовуваних для виготовлення фрез для обробки алюмінію. Він є високошвидкісною сталлю(HSS), що означає, що вона здатна витримувати високі швидкості різання, що потрібні для ефективної фрезерної обробки

Основні характеристики матеріалу Р6М5:

1. Вміст кобальту: матеріал Р6М5 містить високий вміст кобальту, що робить його особливо міцним і зносостійким.

2. Має дуже високу твердість. Це дозволяє фрезі довго зберігати гостроту, що зменшує необхідність частої заміни або заточування

3. Має властивості високої температурної стійкості, що дозволяє фрезі витримувати високі температури. Це допомагає уникнути перегріву та покращує тривалість роботи фрези

4. Висока жорсткість фрези забезпечує кращу стабільність ріжучої кромки і знижує можливість вібрації під час фрезерування. Це дозволяє досягти більш точного контролю над обробкою та отримати кращі результати

5. Важливо зазначити, що на жорсткість фрези впливають не тільки матеріал, але й ЇЇ конструкція та геометрія. Враховуючи це, вибір правильної конструкції фрези з матеріалу Р6М5 для різання алюмінію може забезпечити оптимальну жорсткість і ефективність процесу фрезерування.

1.3 Кінцева фреза

Існує багато конструкцій фрези для обробки алюмінієвого сплаву. Серед поширених конструкцій можна вибрати:

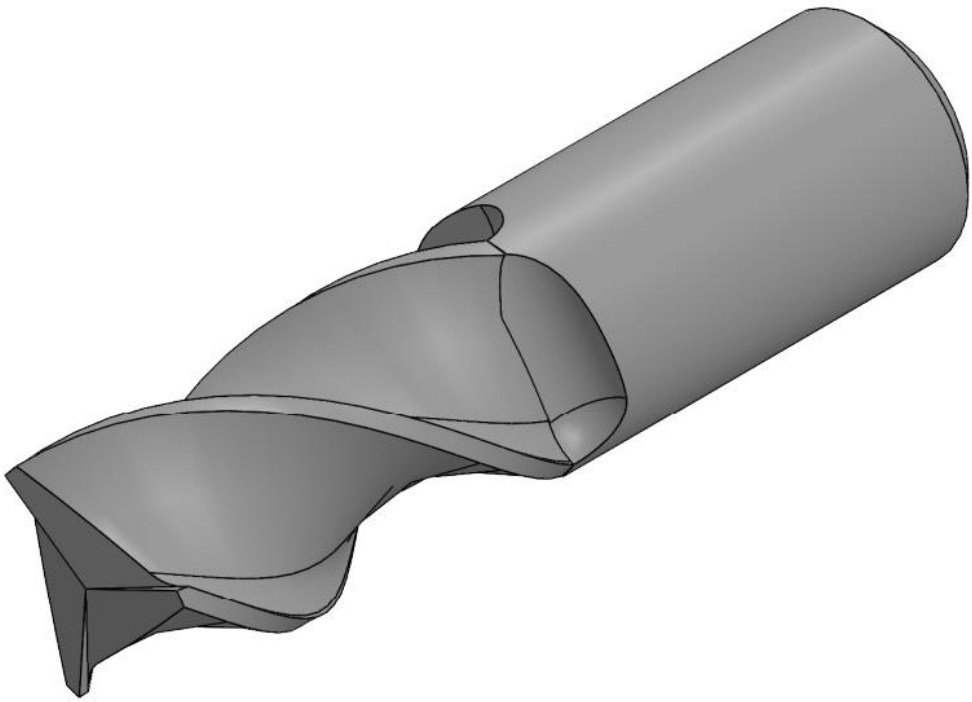


Рисунок 1.1 - Фреза кінцева

Кінцева фреза є ріжучим інструментом, призначеним для обробки різних елементів, таких як канавки, виступи та перпендикулярні площини. Вона широко використовується на промислових фрезерних верстатах для обробки деталей по контуру. Однак, вона відрізняється від свердла як застосуванням, так і геометрією та методом виготовлення.

У порівнянні зі свердлом, яке може різати лише вздовж своєї осі, кінцева фреза здатна виконувати радіальні різи. Це дозволяє їй обробляти матеріал не тільки у напрямку осі, але й по боковій поверхні, що розширює її функціональні можливості.

Крім того, кінцева фреза має спеціальну геометрію та виготовляється з врахуванням потреб у високій точності та якості обробки. Вона може мати різні форми і ребра ріжучих кромок, що дозволяє виконувати різноманітні операції обробки з великою точністю.

Таким чином, кінцева фреза є важливим інструментом у промисловому виробництві, який забезпечує широкий спектр можливостей для обробки деталей з високою точністю та якістю.

Можна навести декілька переваг та недолік фрези:

Переваги:

- Зручність в роботі

- Висока ефективність

- Висока якість обробки

- Невисока ціна

Недоліки

- Обмежений діапазон розмірів

- Ризик пошкоджити край заготовки

- Потреба в спеціальному обладненні

У загальному, кінцева фреза є важливим інструментом у виробництві та має широкий спектр застосувань для обробки різних матеріалів з точністю та ефективністю.

1.4 Фреза з 2 ріжучими кромками

Рисунок 1.1 - Фреза з 2 ріжучими кромками [2]

Фреза з 2 ріжучими кромками широко використовуються для різноманітних фрезерних операцій, таких як обробка плоских поверхонь, надання форми, вирівнювання кромок, прорізання канавок або рифлення. Вони можуть бути виготовлені з різних матеріалів, включаючи вуглецеву сталь, швидкорізальну сталь (HSS), карбід вольфраму (TC) та інші, в залежності від вимог і властивостей оброблюваного матеріалу.

Однією з головних переваг фрези з подвійною ріжучою кромкою є її здатність різати матеріал двічі. Завдяки наявності двох кромок, цей тип фрези

може виконувати вдвічі більше операцій різання за один оберт. Це призводить до підвищення продуктивності та скорочення часу обробки.

Однак слід зазначити, що дволезвийний різець може створювати більшу вібрацію під час роботи, ніж однолезвийний різець. Це може вплинути на точність обробки та якість поверхні заготовки.

Загалом, двостороннє фрезерне свердло є корисним інструментом для швидкого та ефективного фрезерування різних матеріалів. Воно підвищує продуктивність і забезпечує високу якість заготовок. Однак для досягнення найкращих результатів важливо правильно вибрати матеріал фрези, врахувати умови різання та забезпечити належний контроль вібрації.

1.5 Фреза однозуба спіральна

Рисунок 1.2 - Фреза однозуба спіральна [2]

Однозуба спіральна фреза - це тип ріжучого інструменту, який має одну ріжучу кромку і форму спіралі.

Однією з головних переваг цього типу фрези є висока ефективність видалення стружки. Завдяки своїй спіральній формі фреза може ефективно видаляти стружку із зони різання. Це допомагає запобігти налипанню стружки і зменшує тертя, що підвищує ефективність різання і продуктивність процесу.

Однак основним недоліком однозубих спіральних фрез є їх обмежена швидкість різання. Через наявність лише однієї ріжучої кромки швидкість різання обмежена в порівнянні з фрезами, які мають багато зубів. Це може призвести до збільшення часу обробки та зниження продуктивності процесу.

Загалом, однозуба спіральна фреза є важливим інструментом для різноманітних операцій різання. Вона забезпечує ефективне видалення стружки і може бути корисною там, де потрібно покращити

1.6 Кінцева фрез з сферичний кінцем

Рисунок 1.3 - Фреза з сферичним кінцем [3]

Сферична кінцева фреза є одним з найважливіших інструментів, що використовуються при обробці алюмінієвих сплавів. Цей тип кінцевих фрез має сферичну форму торця, що дозволяє отримувати закруглені контури і виконувати чистову обробку з високою точністю.

До основних переваг сферичної кінцевої фрези відносяться наступні:

1. Радіусна фреза: Завдяки своєму сферичному кінцю ця фреза може створювати криволінійні форми і криволінійні контури з різним радіусом. Це дозволяє виконувати фінішні роботи з високою точністю і отримувати гладкі поверхні на оброблюваному матеріалі.

2. Універсальність застосування: Сферична кінцева фреза використовується для обробки різноманітних матеріалів, в тому числі алюмінієвих сплавів. Це універсальний інструмент, який можна використовувати в різних галузях промисловості, таких як авіація, автомобілебудування, машинобудування та інших.

Висновок

Для виконання поставленої задачі, найкраще підійде фрезерування Кінцевою фрезою

2. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗИ

2.1 Матеріал для виготовлення кінцевої фрези

Вибір матеріалу: різальна частина. При обробці сталевих виробів приймаємо матеріал різальної частини Р6М5

Хімічніний склад швидкорізальноЇ сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73

Таблиця 2.1 – Хімічний склад Р6М5 ГОСТ 19265-73

Хімічний склад	Відсоткова частка %
C	0,82 – 0,9
Si	0,2 – 0,5
Mn	0,2 – 0,5
Ni	До 0,6
S	До 0,025
P	До 0,03
Cr	3,8 – 4,4
Mo	4,8 – 5,3
W	5,5 – 6,5
V	1,7 – 2,1
Co	До 0,5
Cu	До 0,25

Класифікація: Сталь інструментальна швидкорізальна

Доповнення: Сталь має підвищену схильність до зневуглецювання, підвищену в'язкість, гарний опір зносу, хорошу шліфуваність

Застосування: для всіх видів різального інструменту під час оброблення вуглецевих легованих конструкційних сталей; переважно для виготовлення різьбонарізного інструменту, а також інструменту, що працює з ударними навантаженнями

Характеристика та дані про Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73

Таблиця 2.2 – Властивості шидкоріжучої сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73

Питома вага	7750 кг/м^3
Температура критичнихточок	$Ac_1 = 815,$ Ar_1= 730
Твердість матеріалу	НВ $10^{-1} = 255$ МПа
Флокеночутливість	Не чутлива
Зварювання	Не применяется для сварных конструкций
Шліфуваність	Хороша

Схильність до відпускної крихкості	Схильна
Кування	Температура кування, °С: початку 1160, кінця 850. Охолодження уповільнене в колодязі.

Наведемо призначення для шидкоріжучої сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 Призначення показані на тиблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Призначення швидкоріжучої сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73

Марка сталі	Особливості та умови роботи інструмента	Призначення
Р6М5	Працює при нагріванні до 580-600°С, з великими подачами в умовах підвищених механічних і ударних навантажень. Можливе застосування методів гарячої пластичної деформації.	Різці, черв'ячні фрези, свердла, протяжки, машинні мітчики.

Хвостовик нашої фрези приймаємо Сталь 45 ГОСТ 1050-88. Матеріал нашого корпусу – Сталь 45 ГОСТ 1050-88. Покажимо хімічний склад на табл. 2.3

Хімічніний склад елементів Сталі 45 ГОСТ 1050-88

Таблиця 2.3 – Хімічний склад Сталі 45 ГОСТ 1050-88

C	0,42 – 0,5
Si	0,17 -0,37
Mn	0,5 - 0,8

Ni	до 0,25
S	до 0,04
P	до 0,035
Cr	до 0,25
Cu	до 0,25
As	до 0,08
Fe	~97

Характеристика та дані про Сталь 45 ГОСТ 1050-88 покажемо на табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Властивості Сталі 45 ГОСТ 1050-88

Питома вага	7826 кг/м3
Термічна обробка	Стан поставки
Твердість матеріалу	НВ 10_{-1}= 170 МПа
Температура критичних точок	$Ac_1 = 730, Ac_3(Ac_m) = 755,$ $Ar_3(A_{rcm}) = 690, Ar_1 = 780$ Mn = 350
Зварюваність матеріалу	Важко зварюється
Температура кування, °С	Початок 1250, кінець 700. Відрізки до 400 мм охолоджують на повітрі.
Оброблюваність різанням	В гарячекатаному стані за НВ 170-179 і σв = 640 МПа, K υ t.spl = 1 і K υ b.st = 1.
Чутливість до утворення пластівців	Низька
Схильність до відпускної крихкості	Не схильний

2.2 Геометричні параметри фрези

При обробці сталевих виробів кінцевою фрезою приймаємо задній кут $\alpha = 7°$. еоловний кут в плані для кінцевої фрези $\varphi = 90°$.

2.3 Конструкторскі елементи фрези

Приймаємо діамиеер фрези $D = 10$мм. Кількість різальних кромок

$n = 4$. Хвостовик вибираємо звичайний циліндричний він дуже простий у роботі та дає змогу використоувати цей інструмент при ручній обробці. Діаметер хвотовика також обираємо $D = 10$мм.

2.4 Побудова 3D моделі Кінцевої фрези

Починаю моделювати фрезу у програмі SolidWorks

1. Створюю ескіз та роблю витягування хвостовика

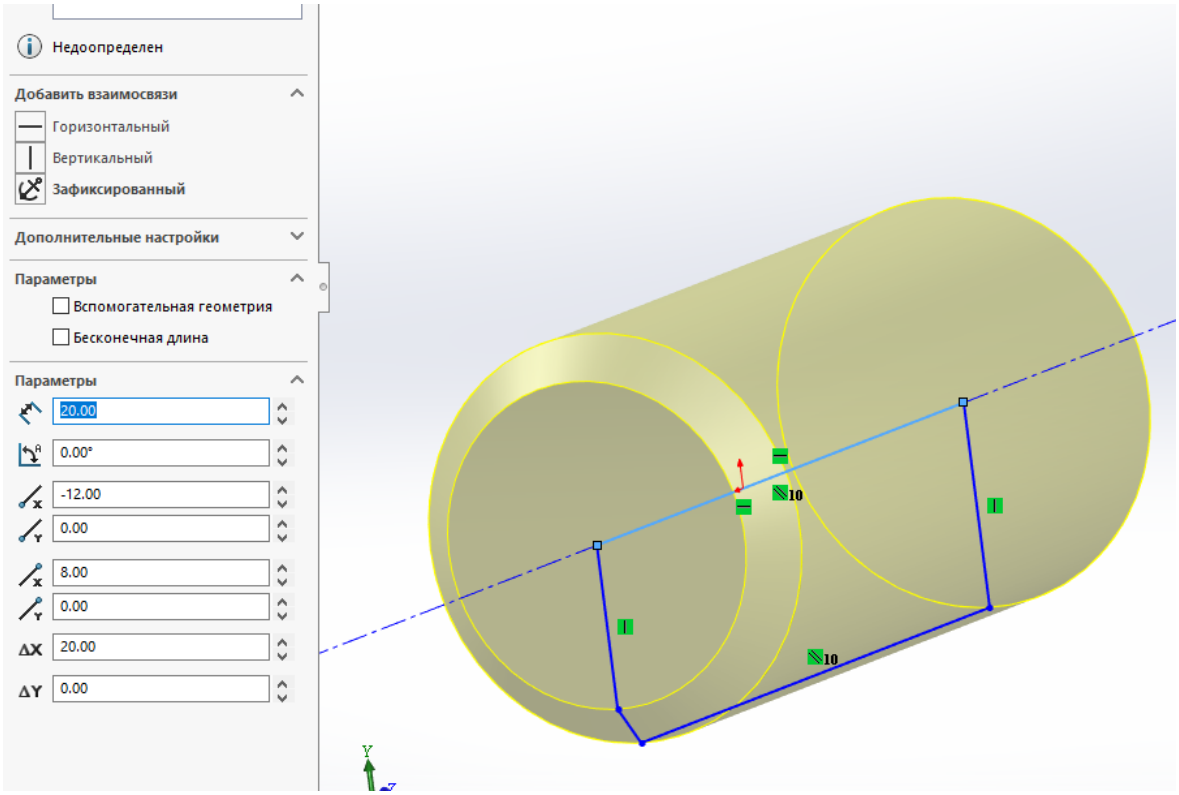


Рисунок 2 – Створення хвостовика

2. Створюю ескіз стружкових канавок

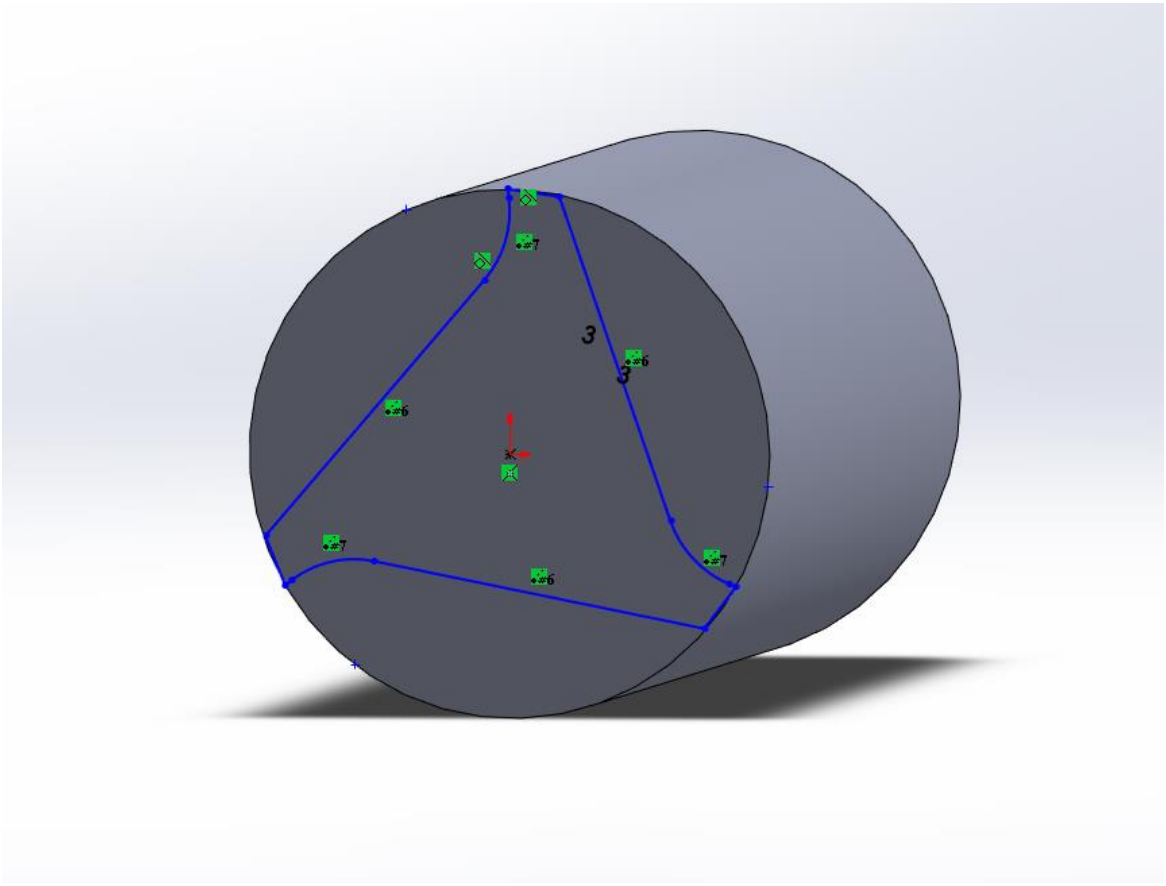


Рисунок 2.1 – Ескіз стружкових канавок

Застосовую функцію Sweep (19,26мм)

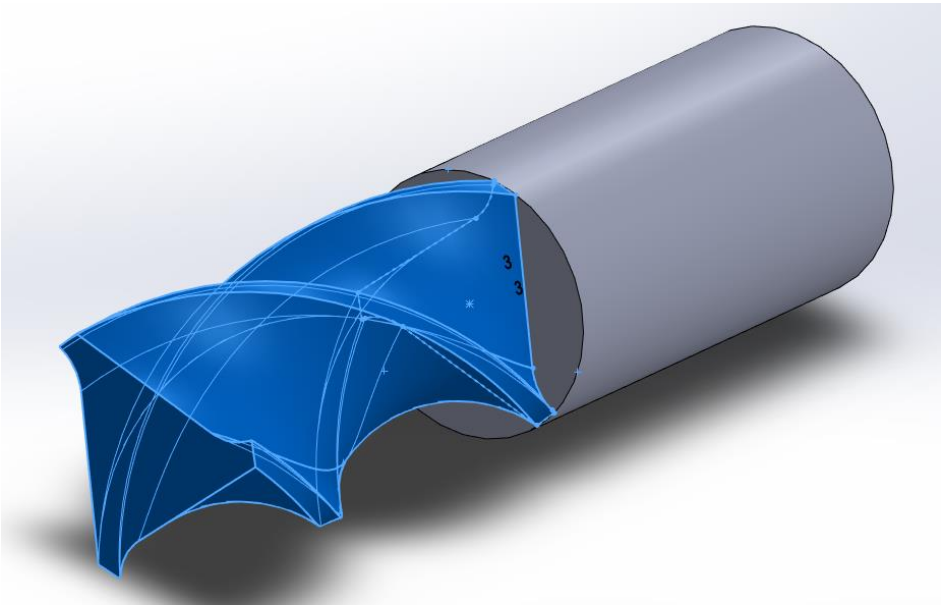


Рисунок 2.2 – Функція Sweep

3. Формую різальну кромку(Роблю ескіз)

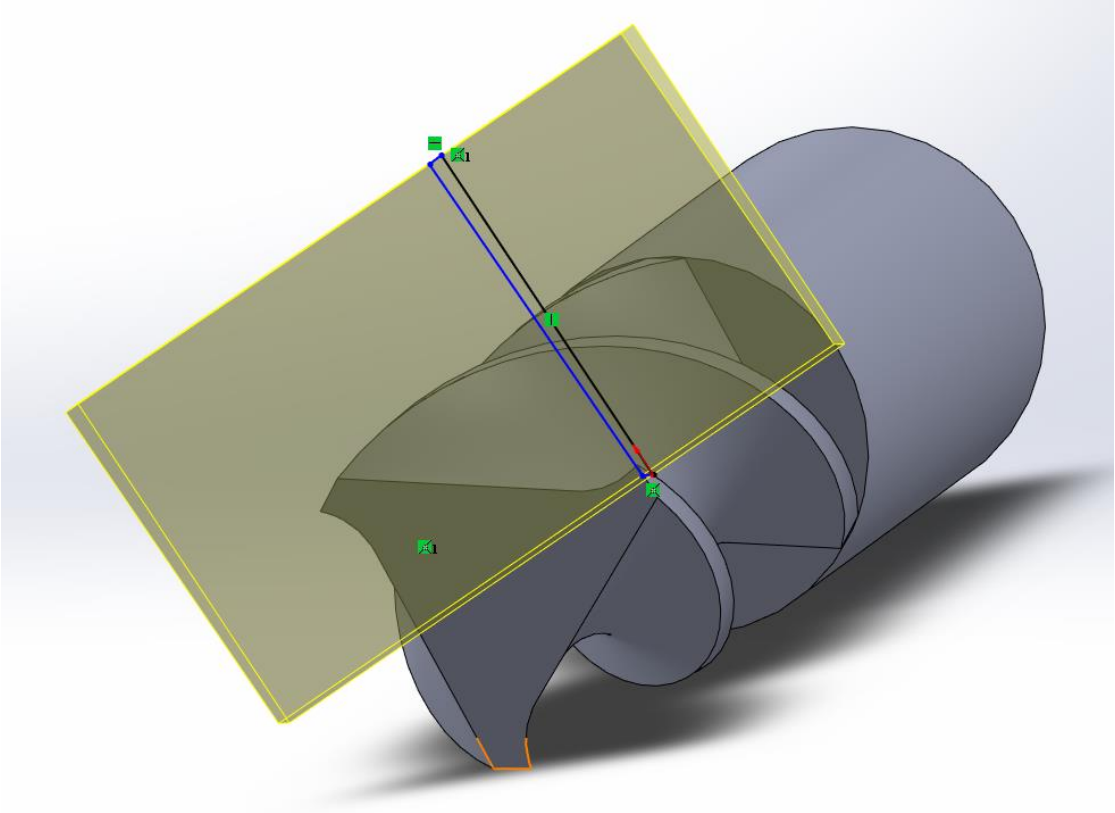
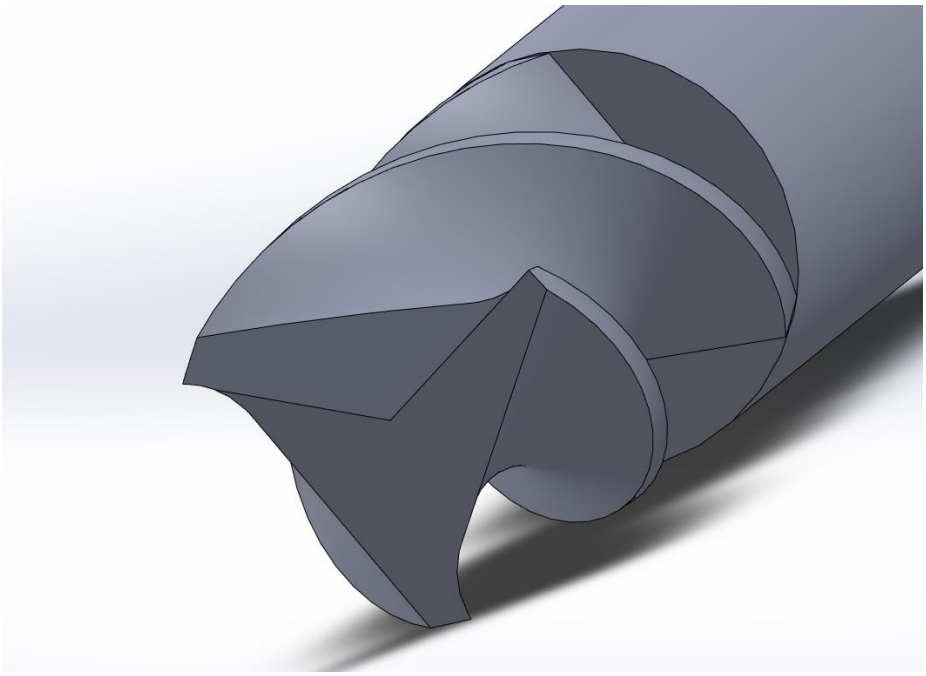


Рисунок 2.3 – Ескіз різальної кромки



Результат

Рисунок 2.4 – Результат видавлювання різальної кромки

Застосовую розмноження для різальної кромки

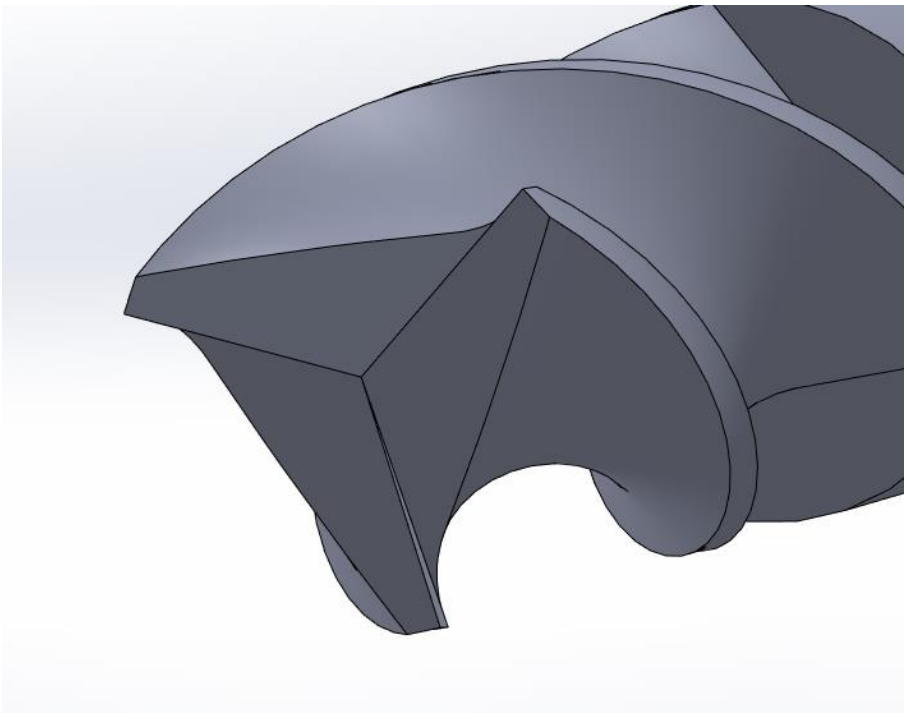
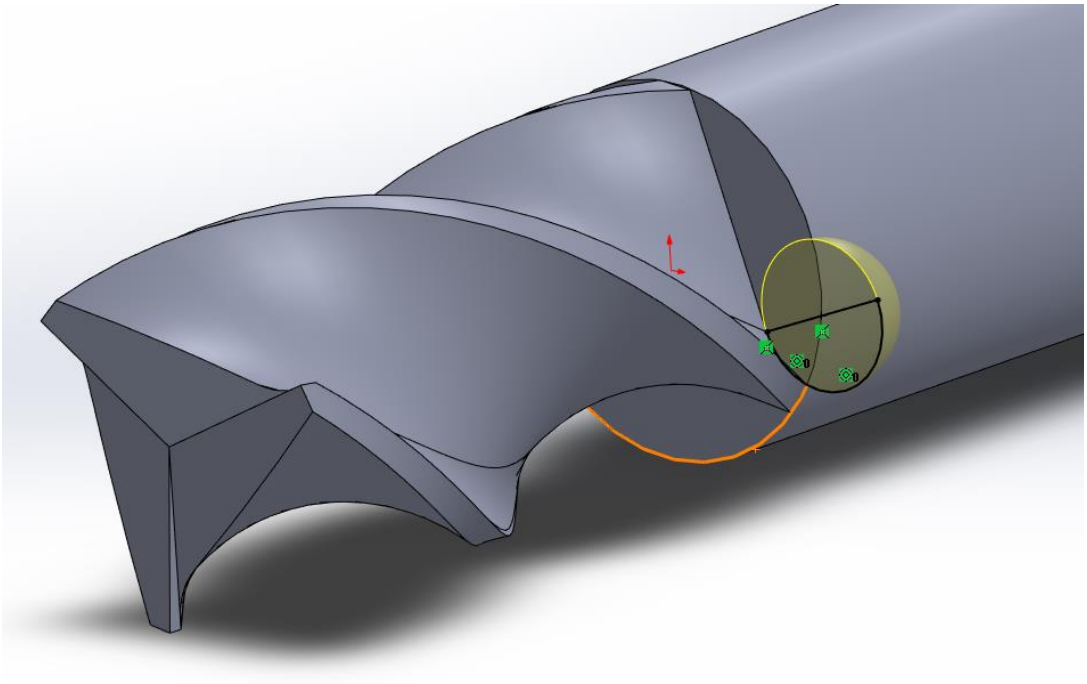
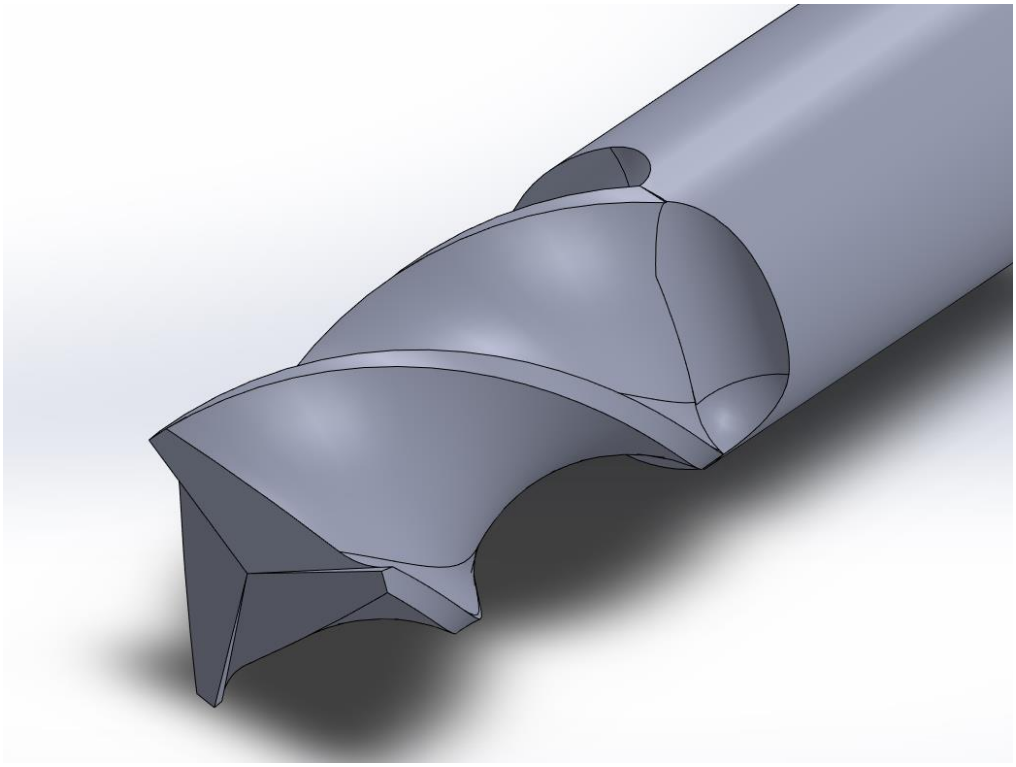


Рисунок 2.5 – Розмноження різальної кромки



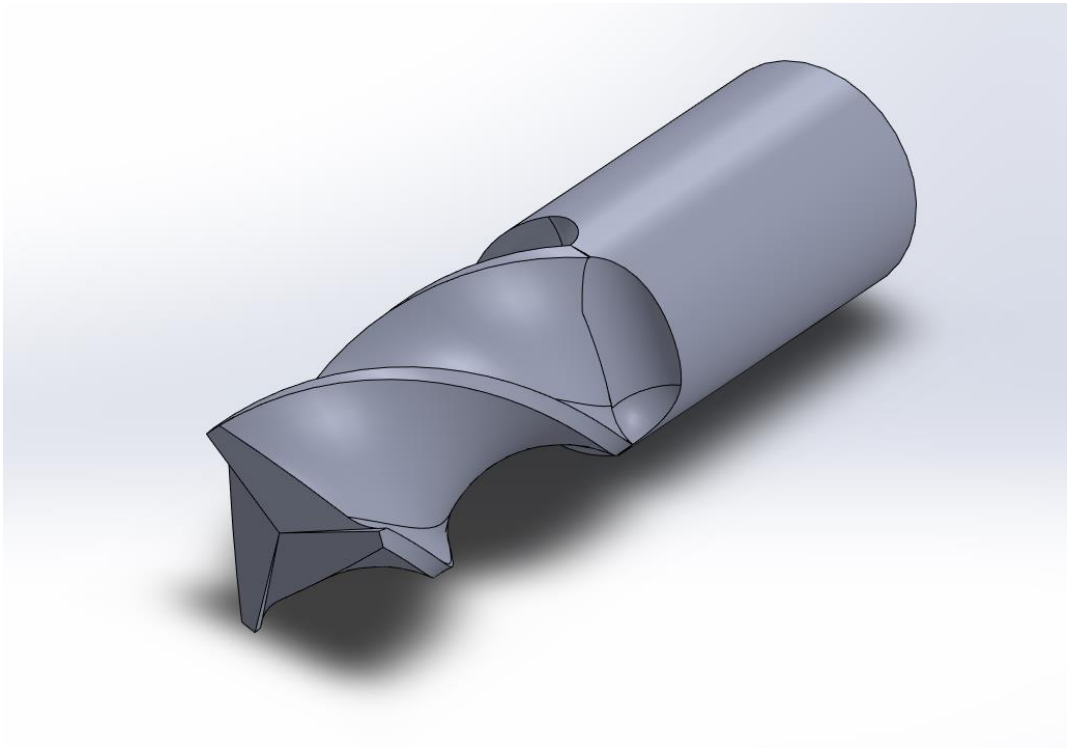
4. Видавлюю канавку

Рисунок 2.6 – Видавлення канавок



5. Застосовую розмноження для виходів канавок

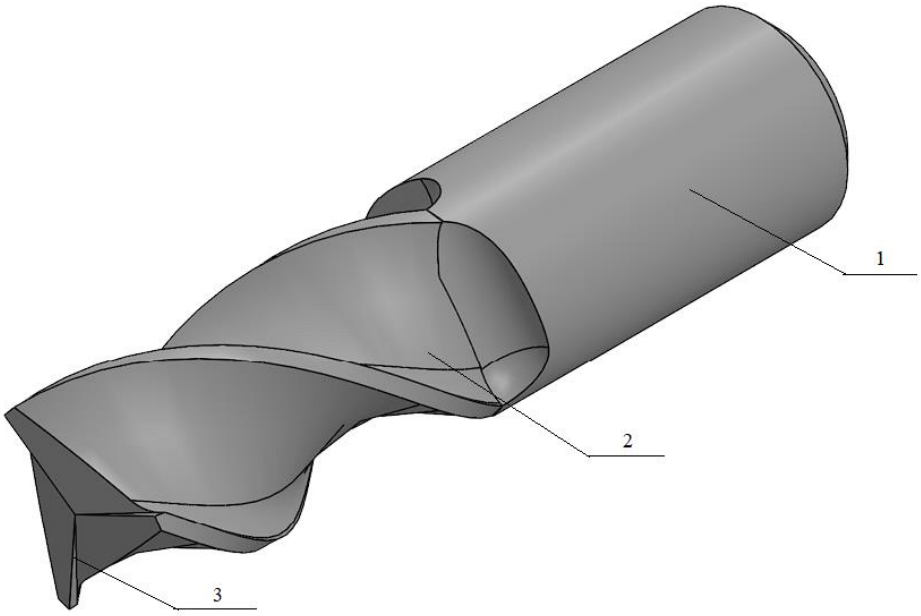
Рисунок 2.7 – Розмоноження виходів канавок



Результат 3D моделювання – Кінцева фреза (рис. 2.8)

Рисунок 2.8 – 3D модель кінцевої фрези

2.5 Аналіз складових кінцевої фрези



Циліндрична частина в корпусі фрези розміром Ø10 є хвостовиком інструменту 1. Циліндричний хвостовик дозволяє використовувати інструмент як на верстатах, так і в ручних інструментах.

Завдяки своєму циліндричному формату і стандартному розміру Ø10, цей хвостовик може бути легко встановлений в шпинделі верстатів або використовуватися з ручними інструментами. Це дозволяє гнучко використовувати фрезу в різних верстатах і ручних інструментах.

Стружкові канавки 2 є важливим компонентом кінцевої фрези, який впливає на її функціональність та ефективність обробки матеріалу. Основна роль стружкових канавок полягає у відведенні стружки, зменшенні тертя та покращенні процесу фрезерування.

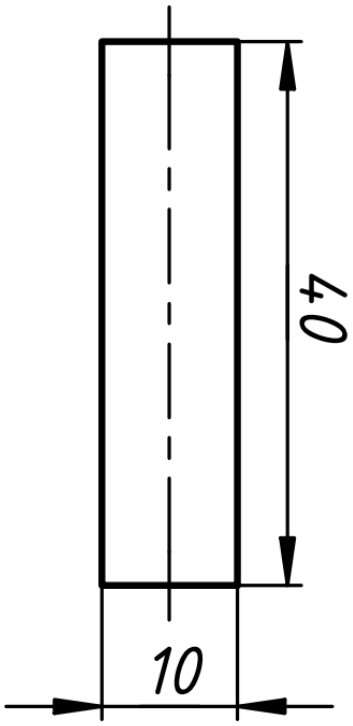
Кінцева фреза має ріжучі кромки 3, які відповідають за зняття матеріалу під час фрезерування. Ці кромки можуть бути виготовлені з

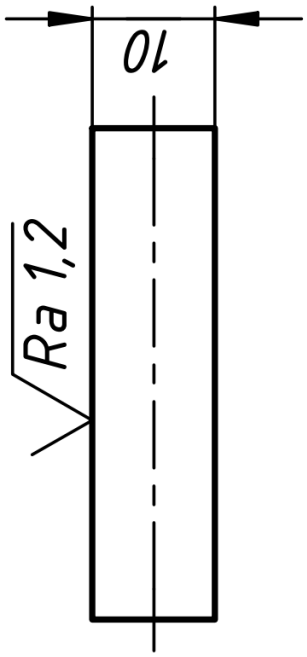
карбіду вуглецю, карбіду вольфраму або з алмазним покриттям для підвищення міцності та зносостійкості.

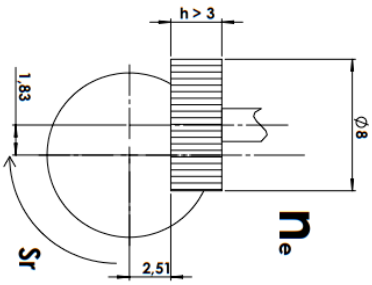
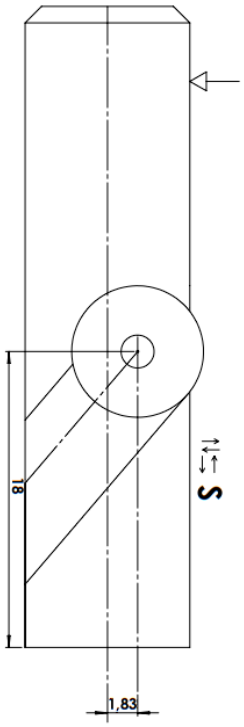
3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КІНЦЕВОЇ ФРЕЗИ

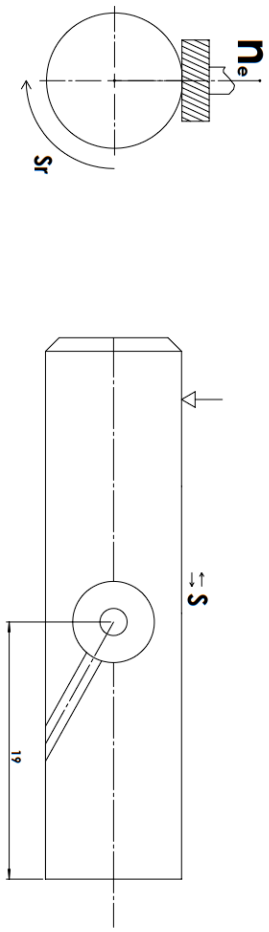
3.1 Технологічний процес виготовлення корпусу фрези

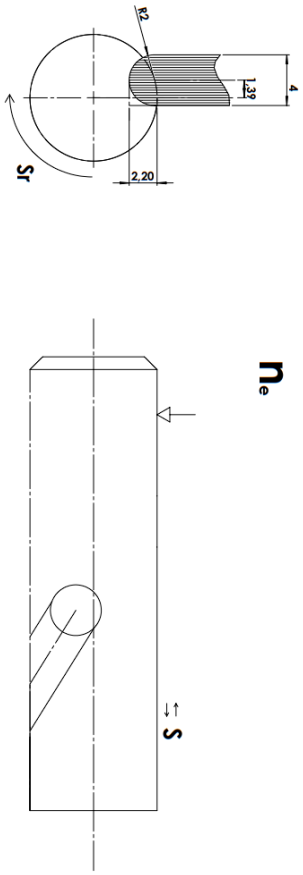
№	Назва операціЇ	Ескіз	Верстат	Пристосування
1	2	3	4	5
05	Заготовча. Правимо заготовку прутка		Правильний верстат	

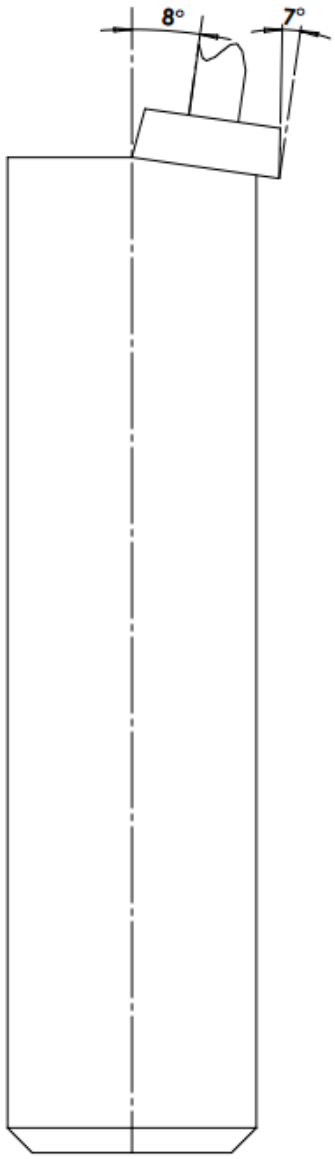
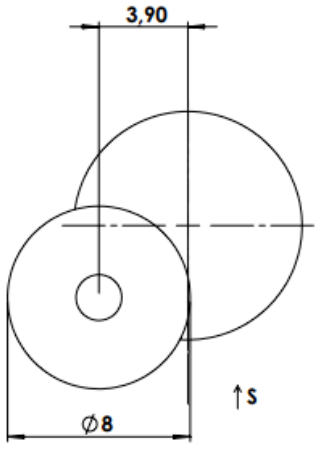
010	Токарна. Точіння корпусу Відрізаємо заготовку швидкорізальної сталі Р6М5 діаметром 10мм Довжиною 40мм		AGP CS 200	Лещата ГОСТ 4045-75
015	Термічна.		Термічний агрегат	
020	Заготовча. Очищення			

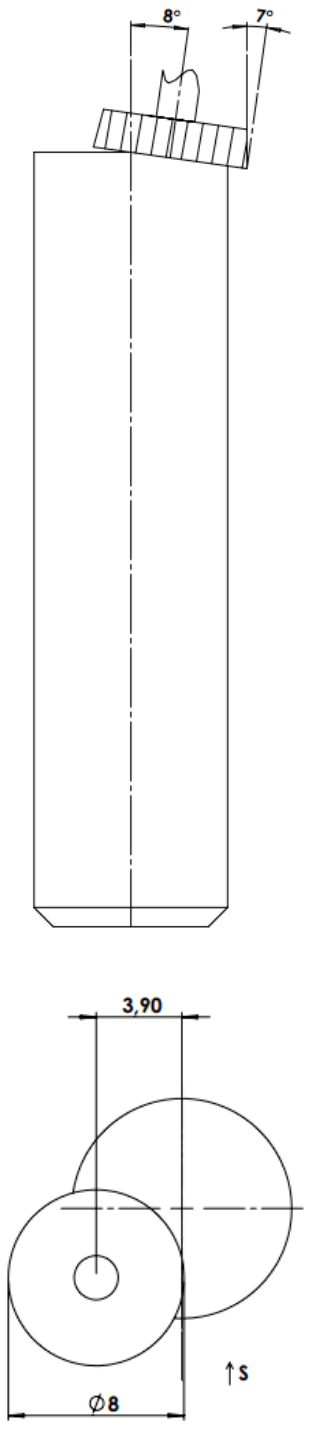
025	Шліфування. Безцентрове шліфування		Безценрововальний шліфувальний верстат	Цангове пристосування

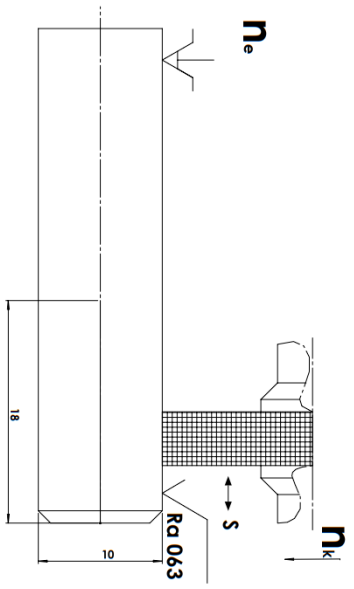
030	Фрезерування стружкових канавок	 	Верстат типу Mazak VCN 530C	Цангове пристосування

	Фрезерування стружкових канавок		Верстат типу Mazak VCN 530C	Цангове пристосування

	Фрезерування стружкових канавок		Верстат типу Mazak VCN 530C	Цангове пристосування

035	Заточування	 	Верстат типу Mazak VCN 530C	Цангове пристосування

040	Теормообробка			Піч для гартування
045	Шліфувальна		Плоскошліфувальний верстат (Surface Grinding Machine)	Цангове пристосування

050	Круглошліфувальна		Плоскошліфувальний верстат (Surface Grinding Machine)	Цангове пристосування

3.2 Розрахунок режимів різання

При визначенні параметрів різання враховується спосіб обробки, тип та розміри інструменту, матеріал, з якого зроблена ріжуча частина інструменту, матеріал та стан заготівки, а також тип та стан устаткування.

Операція 010 Токарна.

Точіння конусу, відрізаємо заготовку швидкорізальної сталі Р6М5 діаметром 10мм, довжиною 40мм

Для точіння вибираємо глибину точіння t=0,4 мм. Призначаємо Sпрод=0,4 мм/об. при швидкості різання V=35 м/хв.

Вибираємо інструмент контурний різець Т15К6, bxh = 16 x 25,

Товщина пластини c = 4мм.

Здійснимо обчислення сили різання під час точіння конусу:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n$$

Де V – швидкість точіння, V = 35 м/хв;

S – подача, S = 0,4 мм/об;

C_p – коєфіцієнт,· $C_p = 300$

x,y,n, – коєфіцієнти, x = 1, y = 0,75, n = -0,15

$$P_z = 300 \cdot 1{,}22 \cdot 0{,}4^{0{,}75} \cdot 35^{-0{,}15} = 107{,}99\ H$$

Визначимо ефективну потужність, при точіні:

$$N = \frac{P_z V}{1000 \cdot 60} = \frac{107{,}99 \cdot 35}{1000 \cdot 60} = 0.062 \text{ кВт}$$

Операція 045 Шліфування.

Під час шліфування з використанням швидкості заготовки Vз=30м/с та глибини шліфування t=0,7 мм, встановлюємо продуктивність Sпрод=200 мм/хв та швидкість шліфувального круга Vк=30 м/с.

Проведемо розрахунок ефективної потужності під час шліфування:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y d^q$$

Де t – глубина шліфування, t=0,7 мм; S – подача, Sпрод=200 мм/хв.,
d – діаметр шліфування, d = 8 мм. CN – ефективна потужність, CN=0,10 кВт
r, x, y, q – показники степеню, r = 0,8, x = 0,8, y = 0, q = 0,2

$$N = 0{,}10 \cdot 30^{0{,}8} \cdot 0{,}7^{0{,}8} \cdot 1 \cdot 8^{0{,}2} = 1{,}73 \text{ кВт}$$

4. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРИСТОСУВАННЯ

4.1 Опис роботи цангового пристосування

Цанга - невід'ємна частина кінцевої фрези для обробки алюмінієвого сплаву. Використовується для надійного і точного позиціонування фрези на шпинделі верстата або ручного інструменту.

Принцип роботи цангового верстата полягає в тому, що фреза готується за допомогою спеціального верстата. Основним компонентом цангового механізму є цанга - кругла металева втулка з внутрішньою еластичною сіткою.

Спосіб кріплення фрези полягає в наступному: Спочатку фреза вставляється в цангу, потім прикладається зусилля затиску. Цанга затягується спеціальним ключем або гайкою і притискається до положення вирізу. Пружинний механізм на цанзі допомагає забезпечити рівне і надійне кріплення фрези.

Перевагою цанги є те, що вона має автоматичне центрування фрези. Це означає, що ріжуча кромка центрується на шпинделі, забезпечуючи точність і стабільність процесу. Крім того, цангове кріплення підвищує стабільність фрези під час різання, забезпечуючи кращу якість процесу і підвищуючи ефективність. Використання цангового верстата дозволяє легко змінювати різання без необхідності використання додаткових інструментів або складних компонентів. Він також може працювати з різними типами фрез фрезами різних типів і регулювати їх положення на шпинделі для досягнення необхідних траєкторій різання.

Цангова обробка алюмінієвого сплаву зазвичай є важливою частиною циклу обробки, оскільки вона забезпечує надійне, точне та ефективне кріплення фрези до обробного обладнання Цей принцип, пов'язаний з процесом, сприяє більш високому рівню ефективності в процесі деталізації та

4.2 Розрахунки цангового пристосування

Основним затискним елементом цанги є цанга, яка являє собою прецизійно оброблену загартовану втулку з поздовжніми пазами. Цанга має пружні властивості, які забезпечують точне вирівнювання інструменту. Цанговий патрон використовуються для надійної фіксації інструментів, таких як свердла або фрези, у верстатах або ручних інструментах.

Після того, як інструмент вставлений в цангу, цанга затискається патроном або важелем, щоб інструмент залишався стабільним і надійно закріпленим під час роботи. Таке центрування та затискання забезпечує високу точність і стабільність обробки.

Схема затиску цангового патрону, розрізаного показана на рис. 4.1. В самому корпусі 1 патрону розташована цанга 2, в якій за допомогою гайки 3 натягується інструмент 4.

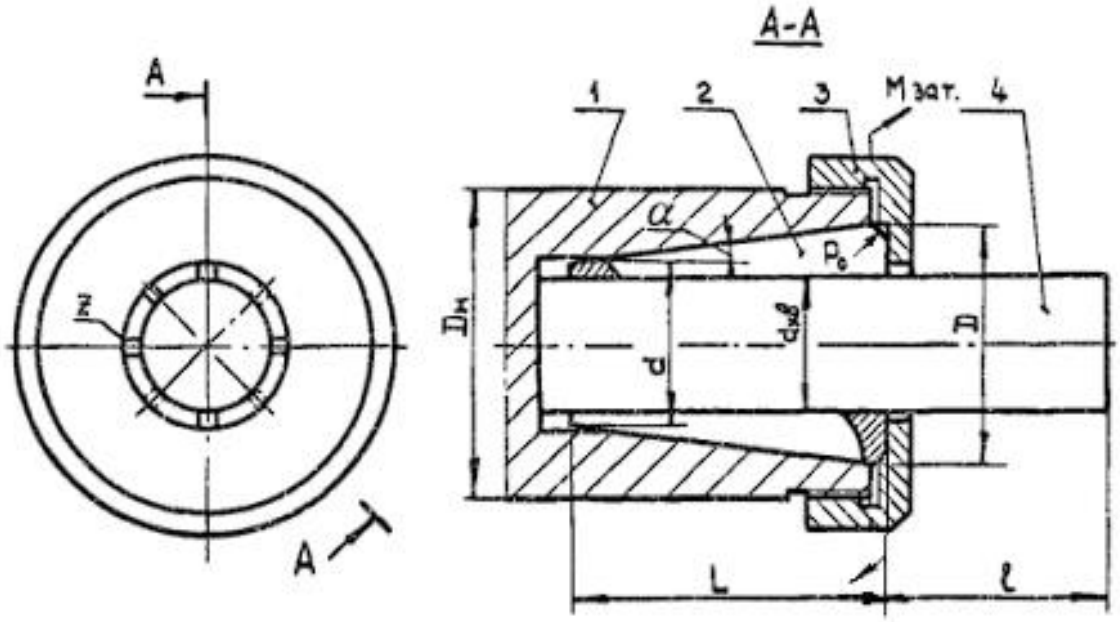


Рисунок 4.1 – Креслення інструменту в цанговому патроні

4.3 Розрахунок сили затиску цангового патрону

Приймаємо різьбу гайки М36 х 1,5

d2 = 35,9 – середній діаметер різьби

P = 1,5 – крок різьби

$\alpha 1 = 60° -$ кут профілю

Формула розрахунку куту підйому гвинтової лінії:

$$\psi = \text{atan}(\frac{P}{\pi \cdot d2})$$

$$\psi = \text{atan}\left(\frac{1{,}5}{3{,}14 \cdot 35{,}9}\right) = 0{,}76°$$

Коефіцієнт тертя приймаємо f = 0,16

Тоді отримуємо :

$$\varphi = \text{atan}(f)$$

Кут тертя:

$$p' = \frac{\varphi}{\cos(\frac{\alpha 1}{2})} = 10{,}5°$$

Приведений коефіцієнт тертя:

$$f\text{пр} = \frac{f}{\cos(\frac{\alpha 1}{2})} = 0{,}18$$

Діаметер цанги – 10 мм

Момент затяжки визначається:

$$\text{М}_{\text{зат}} = P \cdot l$$

P – сила, при затягуванні гайки ключом P = 55 Н

l –довжина ключа затягування гайки l = 0,3 м

$$\text{М}_{\text{зат}} = 55 \cdot 0{,}3 = 16{,}5\ H \cdot \text{м}$$

Формула осьової затяжки:

$$P_0 = \frac{M_{\text{зат}}}{\frac{d_2}{2} \cdot tg(\psi + p') + f_{\text{пр}} D} = 136{,}672\ H$$

$M_{зат}$ – момент затяжки гайки, d2 – середній діаметр різьби, ψ і p' - кут підйому гвинтової лінії та кут тертя різьби, $f_{пр}$ – коефіцієнт тертя в упорі гвинтової пари

Тоді отримуємо:

$$P_0 = 136{,}672\ H$$

Кут цанги $\alpha = 15°$

Формула сили що направлена до нормалі до перерізу фрези:

$$W = P_0 \left(\frac{1}{\tan(\alpha + \varphi)}\right) - f = 136{,}672 \left(\frac{1}{\tan(15° + 9.09)}\right) - 0{,}16 = 361{,}861\ H$$

W = 361,861 Н

Визначаємо сили затиску R :

$$R = \sqrt{P_0^2 + W^2} = 386{,}810\ H$$

4.4 Створення 3D моделі цангового патрону

Створювати саму модель ми будемо у програмі Solid Works

Складовими частинами цангового патрону є деталі:

1.Гайка. 2. Корпус. 3. Цанга

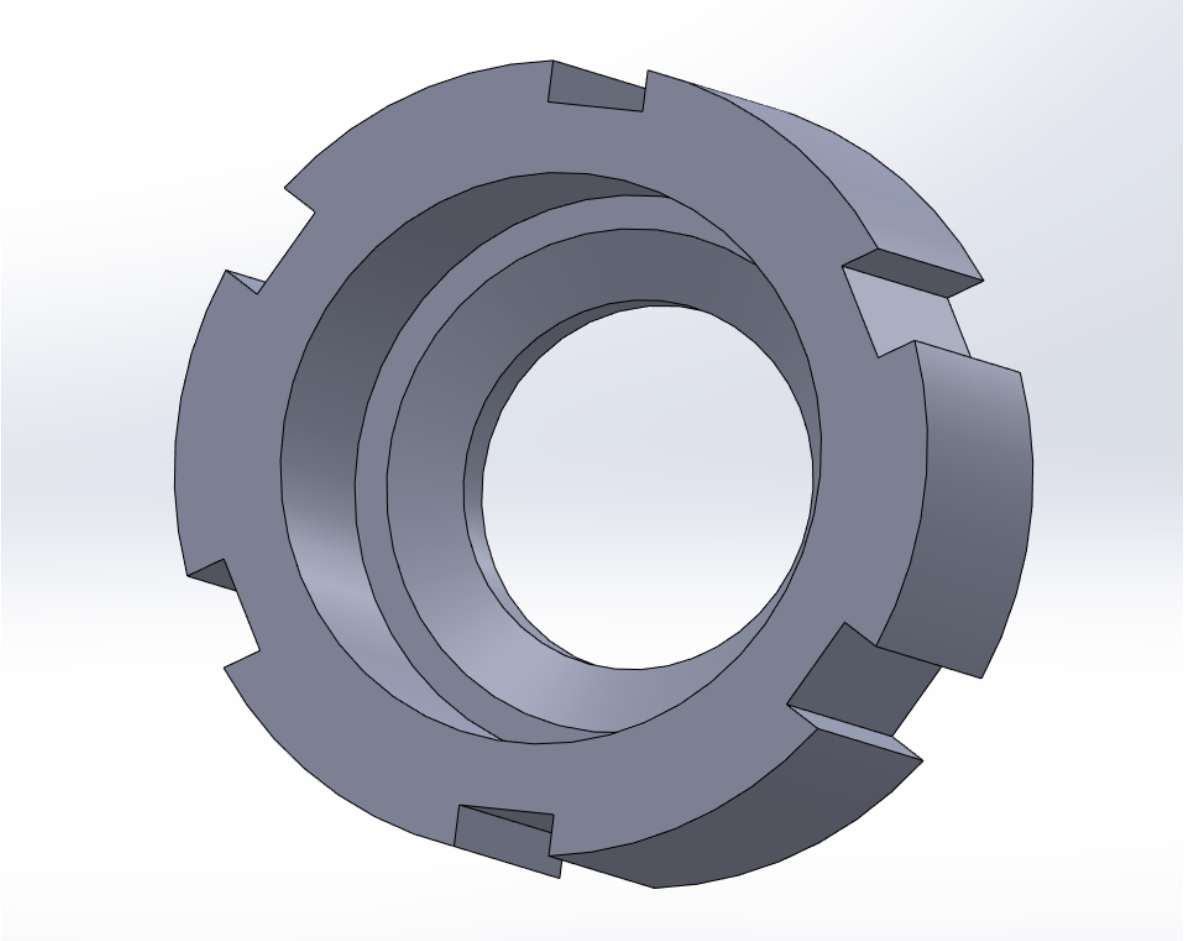


Рисунок 4.2 - Гайка

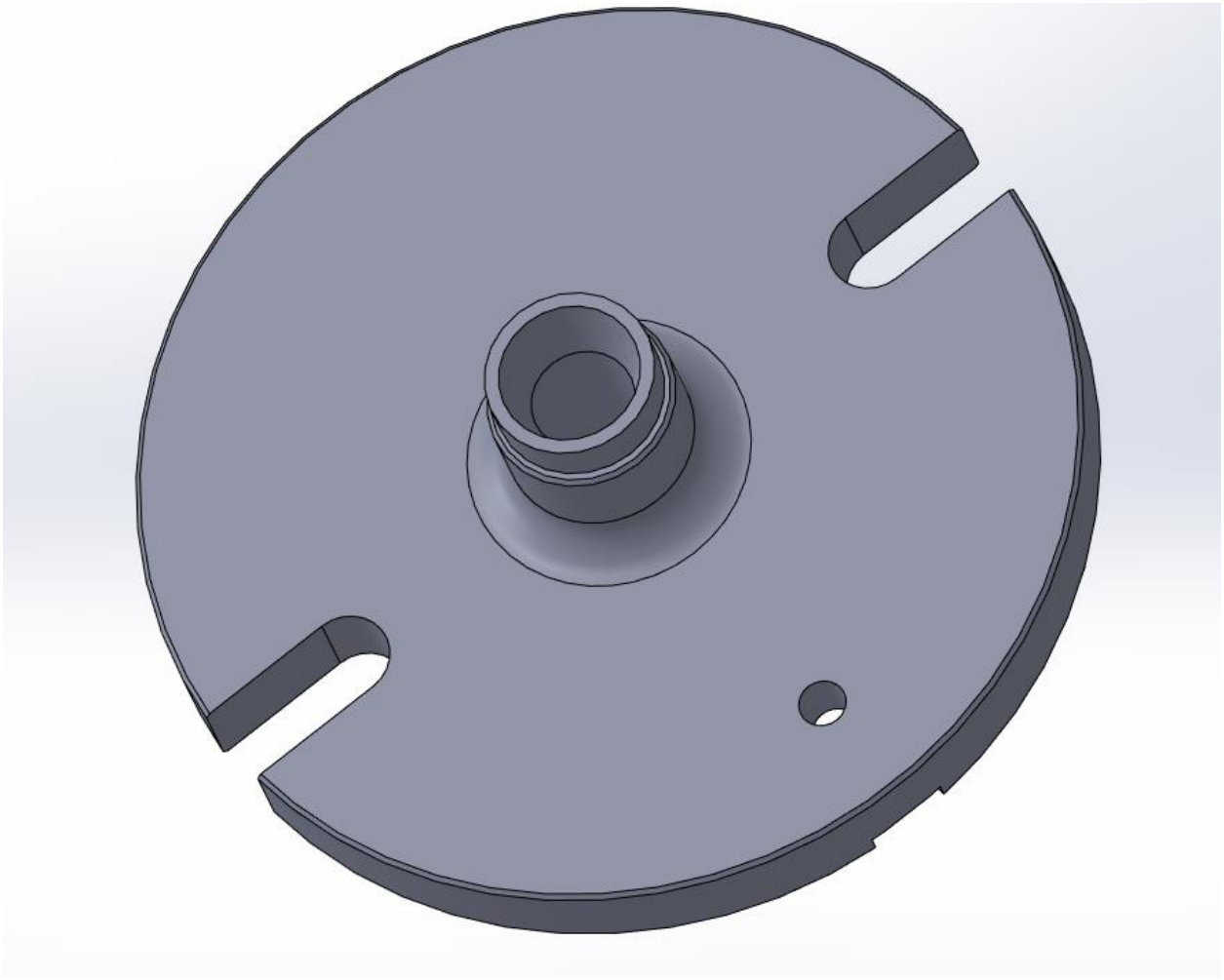


Рисунок 4.3 – Корпус

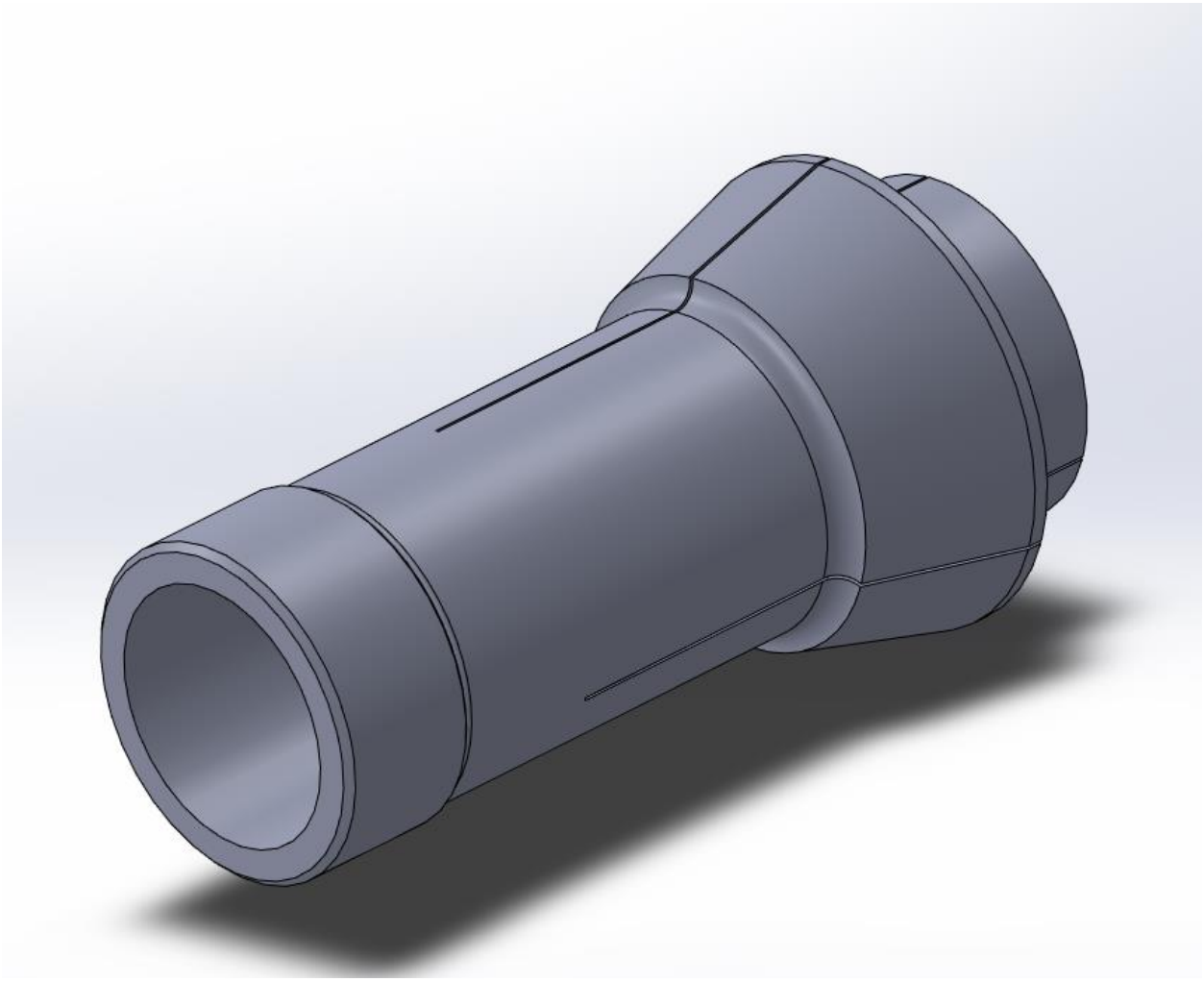


Рисунок 4.4 – Цанга 7010-0031 ГОСТ 2876-80

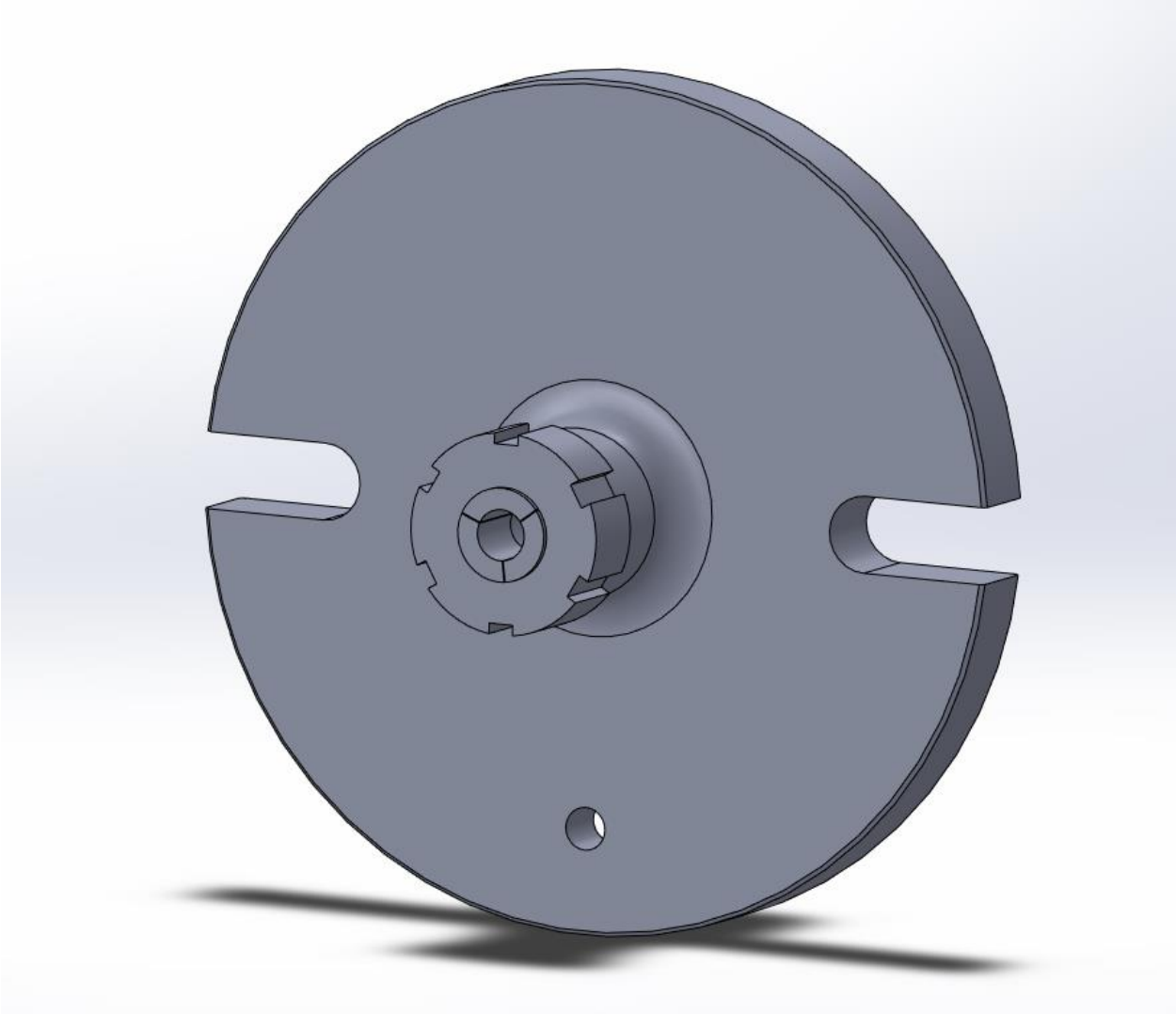


Рисунок 4.5 – Готова 3D модель цангового приспособлення

5. СКРИПТ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

5.1 Актуальність і переваги програмування

В наш час програмування є важливою складовою сучасного світу. Це галузь, яка постійно розвивається і впливає на різні аспекти нашого життя.

Тому я вирішив написати програму для розрахунків режимів різання

Використовуючи мову програмування Python.

Python - це потужна та популярна мова програмування, яка надає багато можливостей для розробки програм та автоматизації процесів. Використання Python для створення програми розрахунку режиму різання має ряд переваг, таких як простота вивчення, широкий спектр доступних бібліотек і фреймворків для чисельних обчислень, а також зручний синтаксис.

Саме тому мова програмування Python є більш доступною для початківців, а професіонали зуміли адаптувати її для вирішення великої кількості завдань. Це багатоплатформне рішення, тому знання Python дозволяє працювати в різних сферах: від розробки мобільних додатків до ігрової індустрії та штучного інтелекту.

Мова програмування має динамічну типізацію: у функції можна передавати будь-які типи даних без попередньої специфікації. Інтерпретованість дозволяє знаходити помилки в коді ще до того, як він буде повністю скомпільований у робочий додаток. При цьому Python дуже чітко пояснює, де і чому сталася помилка.

Представимо розроблену програму для розрахунку режимів різання на основі введених параметрів, таких як матеріал заготовки, тип різця,

швидкість різання, подача і глибина різання. Програма виконує необхідні математичні розрахунки та надає оптимальні значення параметрів режиму різання для досягнення найкращої продуктивності та якості обробки.

Використання програми розрахунку режимів різання на базі Python значно спрощує процес планування та налаштування параметрів різання для кінцевої фрези. Користувач може легко ввести необхідні дані та отримати швидкості, подачі та глибини різання. Це підвищує продуктивність, скорочує час налаштування та мінімізує помилки.

5.2 Написання коду та створення інтерфейсу

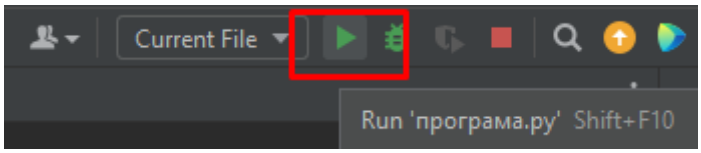
```
import math
import tkinter as tk
from tkinter import messagebox
from tkinter import ttk

def calculate_cutting_parameters():
    # введення параметрів фрези та матеріала
    Vc = float(entry_vc.get())
    f = float(entry_f.get())
    ap = float(entry_ap.get())
    Z = int(entry_z.get())
    D = float(entry_d.get())
    material = combobox_material.get()

    # коефіцієнти матеріала
    if material == "сталь":
        Kc = 0.9
        Kt = 0.9
    elif material == "алюміній":
        Kc = 1.2
        Kt = 1.1
    else:
        # якщо матеріал не вказан то можно додати свої значення коефіцієнтів
        Kc = 1.0
        Kt = 1.0

    # Розрахунок потужності різання
    Pc = (Kc * Z * f * ap * Vc) / 1000  #у ват

    # Розрахунок оборотів шпинделя
    n = (1000 * Pc) / (Kt * math.pi * D)

    # Виведення результатів
    messagebox.showinfo("Результати", "Міцність різання (Pc): {:.2f}
Вт\nОбертання шпінделя (n): {:.2f} об/хв".format(Pc, n))

def clear_fields():
    entry_vc.delete(0, tk.END)
    entry_f.delete(0, tk.END)
```

```
    entry_ap.delete(0, tk.END)
    entry_z.delete(0, tk.END)
    entry_d.delete(0, tk.END)
    combobox_material.set("")

# Створення графічного інтерфейсу
window = tk.Tk()
window.title("Розрахунок оптимальних режимів для інструмента")
window.geometry("500x550")

# Кнопка для розрахунку
btn_calculate = tk.Button(window, text="Розрахунок",
command=calculate_cutting_parameters)
btn_calculate.pack()

# Мітки та поля введення параметрів
label_vc = tk.Label(window, text="Швидкість різання (м/хв):")
label_vc.pack()
entry_vc = tk.Entry(window)
entry_vc.pack()

label_f = tk.Label(window, text="Подача (мм/об):")
label_f.pack()
entry_f = tk.Entry(window)
entry_f.pack()

label_ap = tk.Label(window, text="Глубина різання (мм):")
label_ap.pack()
entry_ap = tk.Entry(window)
entry_ap.pack()

label_z = tk.Label(window, text="Кількість зуб'єв фрези:")
label_z.pack()
entry_z = tk.Entry(window)
entry_z.pack()

label_d = tk.Label(window, text="Діаметр фрези (мм):")
label_d.pack()
entry_d = tk.Entry(window)
entry_d.pack()
```

```
label_material = tk.Label(window, text="Матеріал обробляємої деталі:")
label_material.pack()
combobox_material = ttk.Combobox(window, values=["сталь", "алюміній",
"інше"])
combobox_material.pack()
# Мітки для виведення результатів
label_result_pc = tk.Label(window, text="Потужність різання (Pc):")
label_result_pc.pack()
label_result_n = tk.Label(window, text="Обертання шпинделя (n):")
label_result_n.pack()

# Поля для виведення результатів
entry_result_pc = tk.Entry(window)
entry_result_pc.pack()
entry_result_n = tk.Entry(window)
entry_result_n.pack()

def calculate_cutting_parameters():
    # Введення параметрів фрези та матеріалу
    Vc = float(entry_vc.get())
    f = float(entry_f.get())
    ap = float(entry_ap.get())
    Z = int(entry_z.get())
    D = float(entry_d.get())
    material = combobox_material.get()

    # Коефіцієнти матеріалу
    if material == "сталь":
        Kc = 0.9
        Kt = 0.9
    elif material == "алюміній":
        Kc = 1.2
        Kt = 1.1
    else:
        # Якщо матеріал не вказаний, ви можете задати значення коефіцієнтів
        Kc = 1.0
        Kt = 1.0

    # Розрахунок потужності різання
    Pc = (Kc * Z * f * ap * Vc) / 1000  # ват
```

```
    # Розрахунок оборотів шпинделя
    n = (1000 * Pc) / (Kt * math.pi * D)

    # Виведення результатів
    entry_result_pc.delete(0, tk.END)
    entry_result_pc.insert(tk.END, "{:.2f}".format(Pc))
    entry_result_n.delete(0, tk.END)
    entry_result_n.insert(tk.END, "{:.2f}".format(n))

def clear_fields():
    entry_vc.delete(0, tk.END)
    entry_f.delete(0, tk.END)
    entry_ap.delete(0, tk.END)
    entry_z.delete(0, tk.END)
    entry_d.delete(0, tk.END)
    combobox_material.set("")
    entry_result_pc.delete(0, tk.END)
    entry_result_n.delete(0, tk.END)

# Кнопка для розрахунку
btn_calculate = tk.Button(window, text="Розрахувати",
command=calculate_cutting_parameters)
btn_calculate.pack()

# Кнопка для очищення полів
btn_clear = tk.Button(window, text="Очищення", command=clear_fields)
btn_clear.pack()

# Запуск головного цикла вікна
window.mainloop()
```

Запускаємо програму



В результаті в нас вийшов такий інтерфейс зображений на рис. 5.1

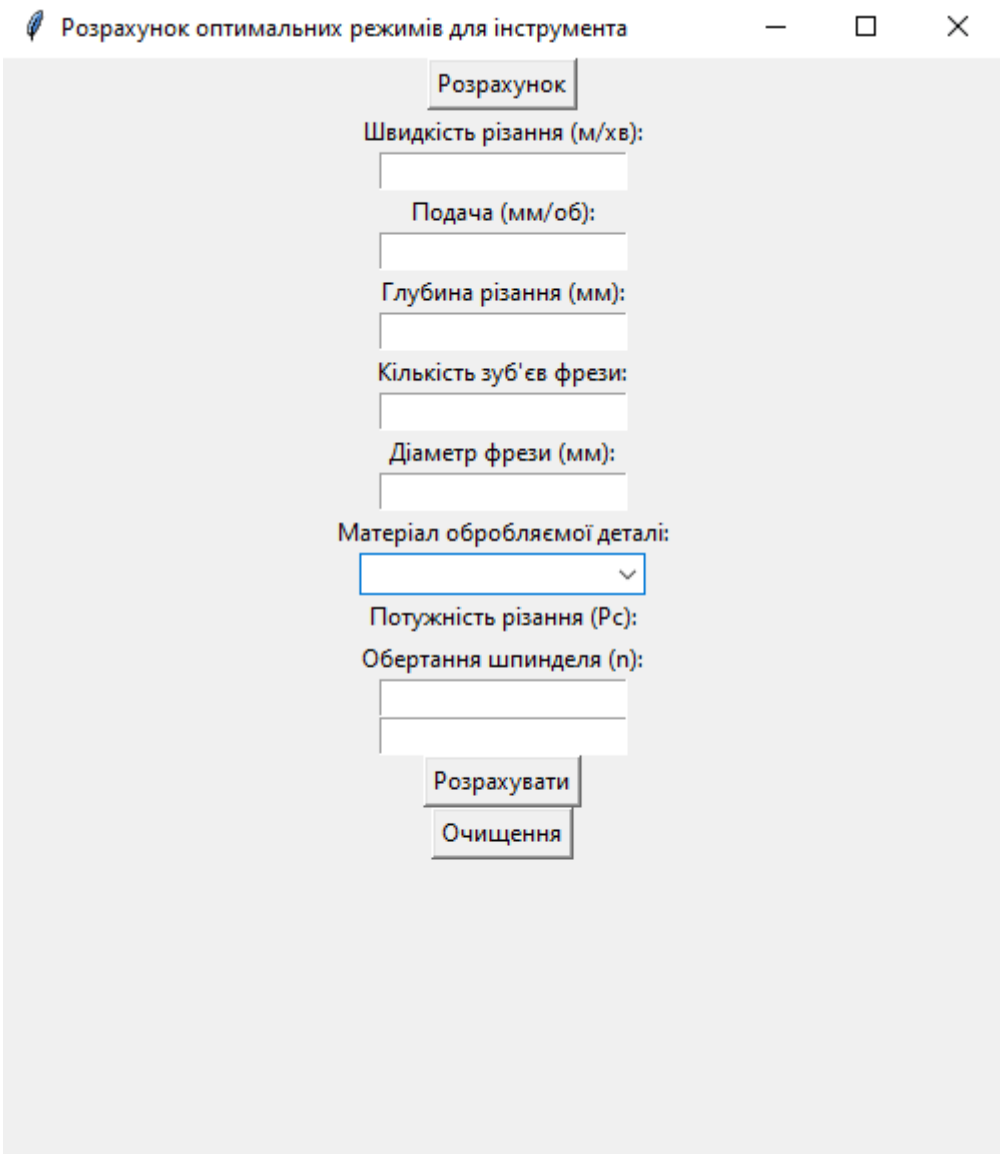


Рисунок 5.1 – Програма для розрахунків режимів різання

Для прикладу розрахуємо режими різання для нашого інструменту Кінцева фреза, за допомогою програми розрахунку режимів різання, реалізована на мові програмування Python.

Швидкість різання – 200м/хв.

Подача – 790мм/об.

Глибина різання – 1мм.

Кількість зуб’єв – 3.

Діаметер фрези – 10мм.

Матеріал оброблюємої деталі – алюміній.

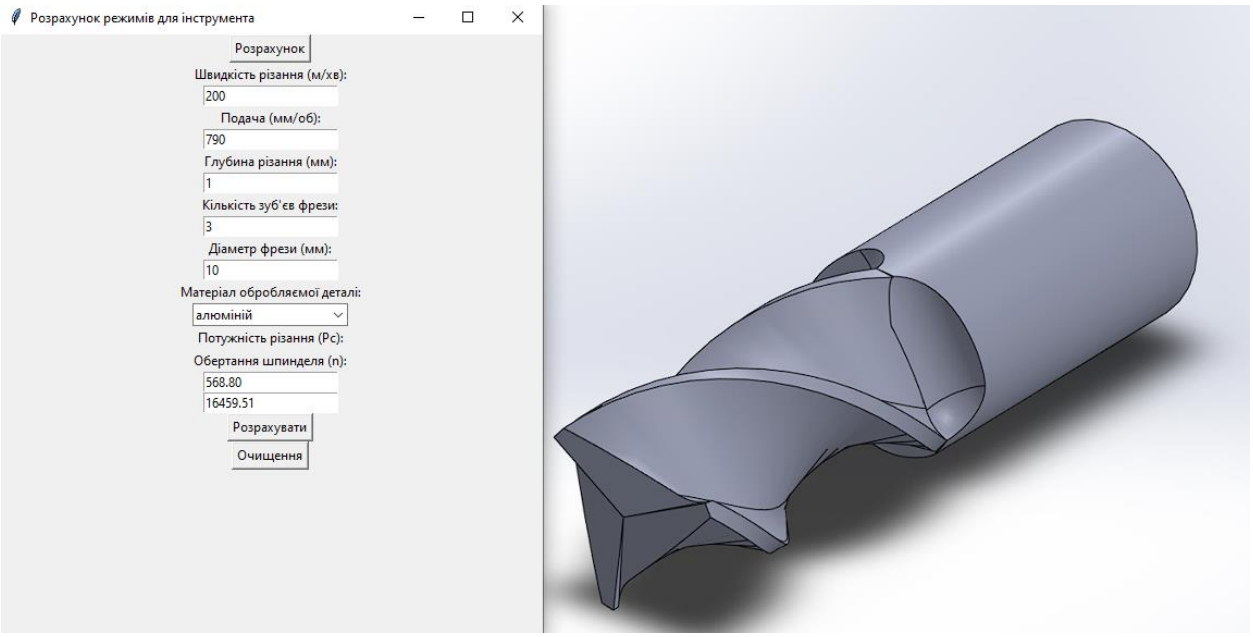


Рисунок 5.2 – Обчислення режимів різання кінцевої фрези

Маємо результат та бачимо що програма працює та розраховує Потужність різання та Обертання шпинделя. На рис. 5.2 можемо побачити результат обчислень.

Для обчислення були застосовані такі формули :

1. Pc = (Kc * Z * f * ap * Vc) / 1000, Pc - це споживана потужність різання, яка вимірюється у ватах (Вт). Ват - це одиниця потужності, яка вказує на швидкість роботи або перетворення енергії.

Отримане значення Pc у ватах вказує на кількість енергії, яку споживає фреза для різання матеріалу при заданих параметрах (Kc, Z, f, ap, Vc). Ця величина важлива для визначення потужності ріжучого інструменту і забезпечення належного функціонування фрезерного верстата.

У рівнянні значення Pc розраховується шляхом перемноження значень Kc, Z, f, ap і Vc і подальшого ділення на 1000, що пов'язано з необхідністю переведення споживаної потужності в вати. Результатом ділення є остаточне значення споживаної потужності різання у ватах.

2. n = (1000 * Pc) / (Kt * math.pi * D), n - частота обертання шпинделя фрезерного верстата і вимірюється в обертах за хвилину (об/хв). Частота обертання шпинделя визначається в залежності від потужності різання (Pc) та інших параметрів (Kt, D).

Отримане значення n в об/хв вказує на кількість обертів, які шпиндель фрезерного верстата робить за одну хвилину при заданій потужності різання і розмірі фрези (Kt, D). Ця величина важлива для вибору відповідної частоти обертання шпинделя, щоб забезпечити оптимальні умови різання матеріалу.

У рівнянні n обчислюється шляхом множення Pc на 1000 і ділення на добуток Kt, math.pi і D. Цей добуток включає в себе коефіцієнт Kt, значення pi і діаметр фрези D. Результат ділення є кінцевим значенням частоти обертання шпинделя в об/хв.

Висновок

Написав та інтегрував в САПР середовище скрипт який розраховує режими різання для мого інструменту програмно.

Посилання:

1. https://www.shop-apt.co.uk/end-mills-for-aluminium-long-extra-long-series-2-flute-45-helix-uncoated-carbide/end-mill-for-aluminium-6mm-diameter-2-flute-100mm-long-un-coated-micro-grain-carbide.html

2. MOLDINO Tool Engineering CUTTING TOOLS PRODUCTS CATALOGUE

3. Freud pro router bits 2017

4. https://www.dpcarbide.com/products/solid-carbide-endmills/fal-3-ball-nose-alumimun-endmill-%cf%864-%cf%8620/

5. https://atomsteel.com/type-steels/high-speed.html

6. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=600

7. https://upt.com.ua/index.php/sferi-zastosuvannya-titanu

8. Основи формоутворення поверхонь різанням: підручник для студентів технічних спеціальностей / В.І. Солодкий, Д.О. Красновид, О.А. Плівак. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 440 с

9. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Т.1 / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков/ М.: Машиностроение, 1986-656с.

10. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Т.1 / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков/ М.: Машиностроение, 1985-469с.

11. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента А.Р Маслов 236

12. https://freehost.com.ua/ukr/faq/wiki/chto-takoe-jazik-programmirovanija-python/#1 – до 5 розділу

13. https://docs.python.org/uk/3/library/tkinter.html

Додатки

Формат	Зона	Позн.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				Документація		
A3			ДП.МІ91.011.011	Пристосування		
				Складальні одиниці		
A1		1		Пристосування	1	
A4		2		Гайка	1	
				Стандартні вироби		
		3		Цанга 7010-0031	1	
				ГОСТ 2876-80		

Перш. застосув.

Довід. №

Підп. та дата

Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № підл.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Повар Я. І.		
Перевір.		Іванівський О. А.		
Н. контр.				
Затверд.				

ДП.МІ91.011.013

Пристосування

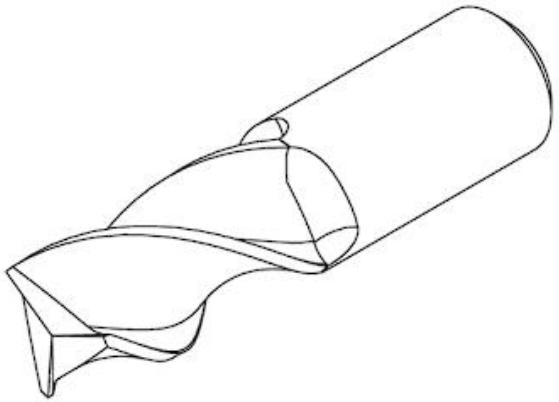
Літера	Аркуш	Аркушів

КПІ ім. Ігоря Сікорського

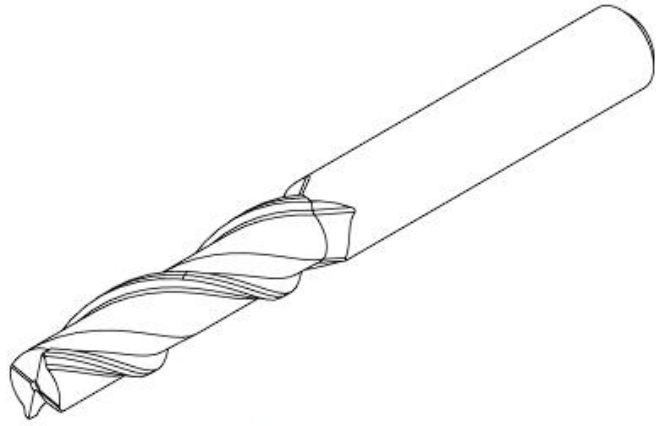
Аналіз конструкції фрез для обробки алюмінієвого сплаву

Переваги:
- *Зручність в роботі*
- *Висока якість обробки*
- *Висока ефективність*
- *Невисока ціна*

Недоліки:
- *Обмежений діапазон розмірів*
- *Ризик пошкодження краю заготовки*
- *Потреба в спеціальному обладнанні*



Кінцева фреза



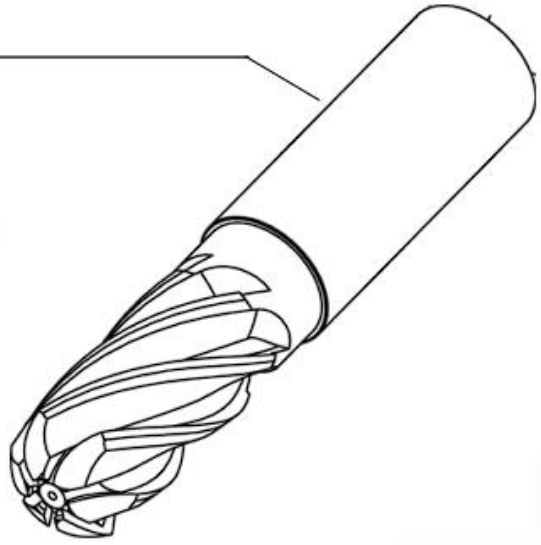
Фреза з 2 ріжучими кромками

Переваги:
- *Більш гладка обробка*
- *Висока швидкість різання*
- *Можливість обробки в широкого спектру матеріалів*

Недоліки:
- *Обмежені можливості видалення стружки*
- *Підвищений знос граней*
- *Обмежена глибина різання*

Переваги:
- *Здатність фрезерувати складні форми*
- *Зниження шансів на застрягання інструмента під час роботи*
- *Можливість використання в різних матеріалах*

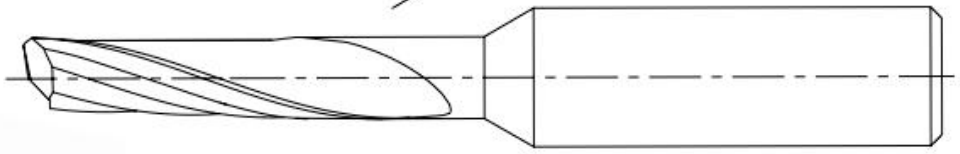
Недоліки:
- *Обмежена здатність до глибокого фрезерування*
- *Обмежена видалення матеріалу у порівнянні з іншими типами фрезерів*
- *Вимагає точного налаштування та обслуговування*



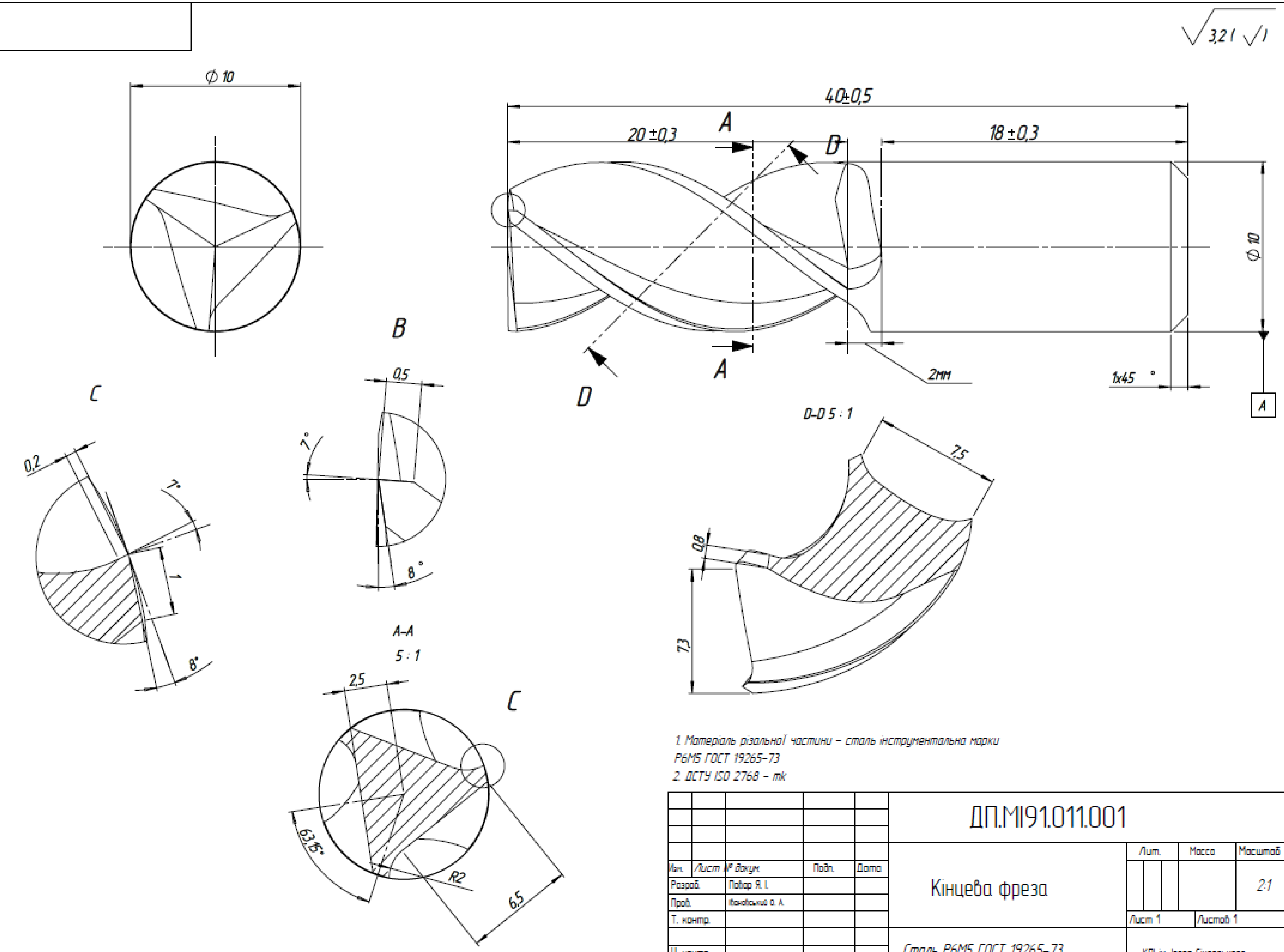
Кінцева фреза з сферичним кінцем

Переваги:
- *Велика глибина різання*
- *Висока швидкість різання*

Недоліки:
- *Обмежені можливості різання*
- *Низька продуктивність*



Фреза однозуба подовжена

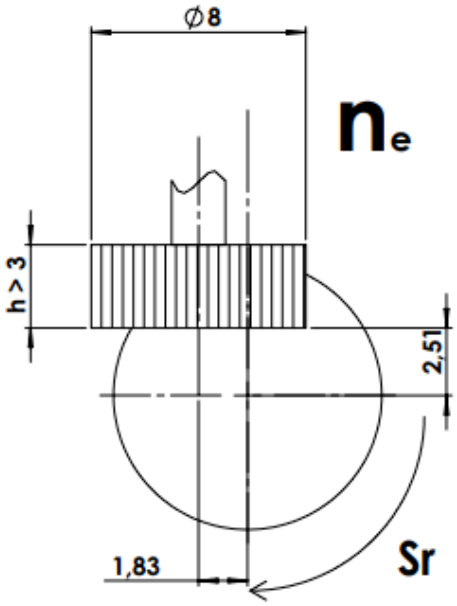


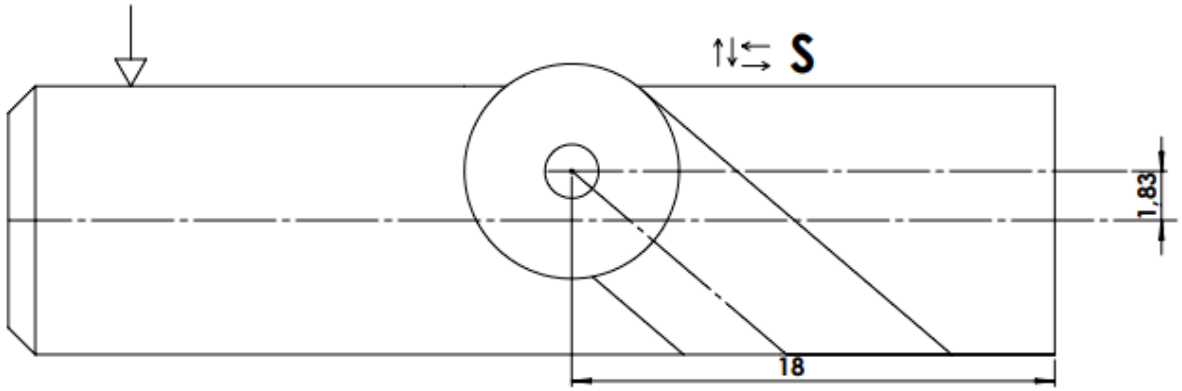
1. Матеріаль різальної частини – сталь інструментальна марки Р6М5 ГОСТ 19265-73
2. ДСТУ ISO 2768 – mk

					ДП.МІ91.011.001			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кінцева фреза	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Побар Я. І.						2:1
Пров.		Ковабський О. А.				Лист 1		Листов 1
Т. контр.								
Н. контр.					Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73	КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Утв.								

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Файл Готовыймайже 2-й лист





Глибина	Швидкість заготовки	Поворот заготовки	Швидкість круга	Повздовжа подача	Потужність приводу	Основний час
t, мм	Vз м/хв	Sr град/мм	Vк м/с	S мм/об	Ne, кВт	To, хв
2	0.1	9	20	0.1	0.3	0.2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Повар Я. І.		
Перевір.		Іванівський О. А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Затверд.				

ДП.МІ91.011.002

Фрезерування стружкових канавок

Літера	Маса	Мірило
		5:1
Аркуш	Аркушів	

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Копіював

Формат А3

Прав. №

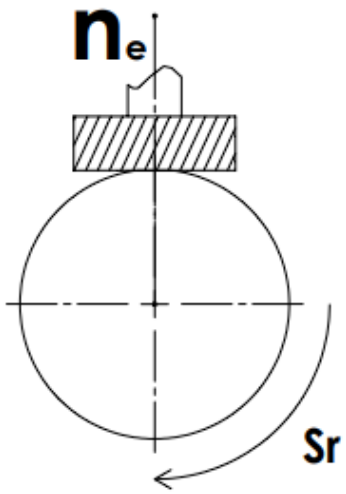
Підп. та дата

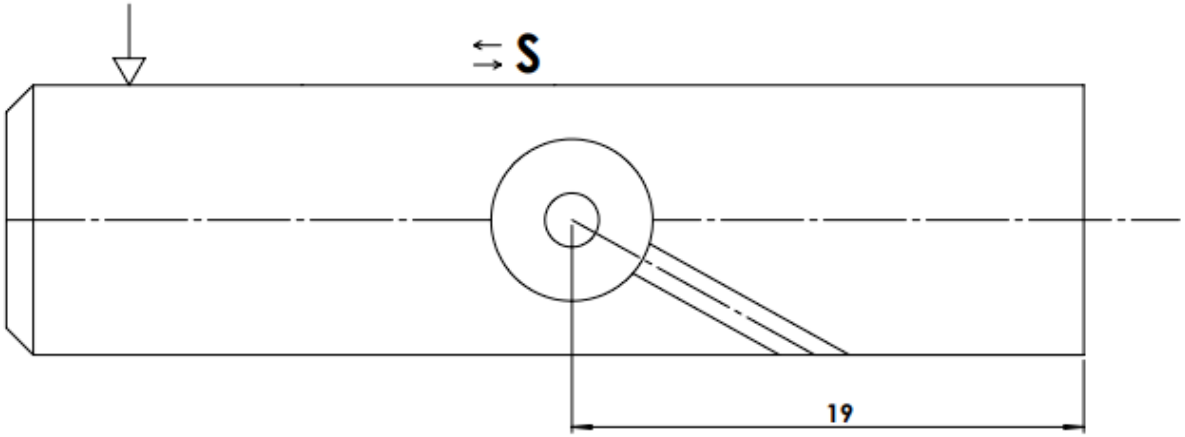
Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № підл.





Глибина	Швидкість заготовки	Поворот заготовки	Швидкість круга	Повздовжа подача	Потужність приводу	Основний час
t, мм	Vз м/хв	Sr град/мм	Vк м/с	S мм/об	Ne, кВт	To, хв
0.1	0.1	9	20	0.1	0.3	0.2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Повар Я. І.		
Перевір.		Івановський О. А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Затверд.				

ДП.МІ91.011.003

Фрезерування стружкових канавок

Літера	Маса	Мірило
		5:1
Аркуш	Аркушів	

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Копіював

Формат А3

Прав. №

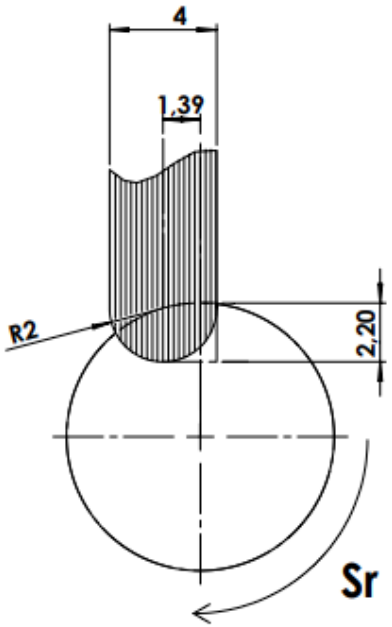
Підп. та дата

Інв. № дубл.

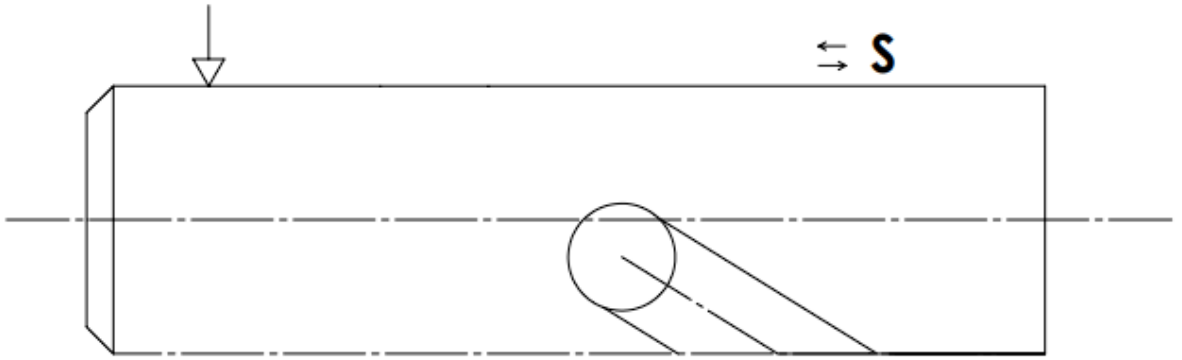
Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № підл.



n_e



Глибина	Швидкість заготовки	Поворот заготовки	Швидкість круга	Повздовжа подача	Потужність приводу	Основний час
t, мм	Vз м/хв	Sr град/мм	Vк м/с	S мм/об	Ne, кВт	To, хв
2	0.1	9	30	0.05	0.3	0.2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Повар Я. І.		
Перевір.		Івановський О. А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Затверд.				

ДП.МІ91.011.004

Фрезерування стружкових канавок

Літера	Маса	Мірило
		5:1
Аркуш	Аркушів	

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Копіював

Формат А3

Прав. №

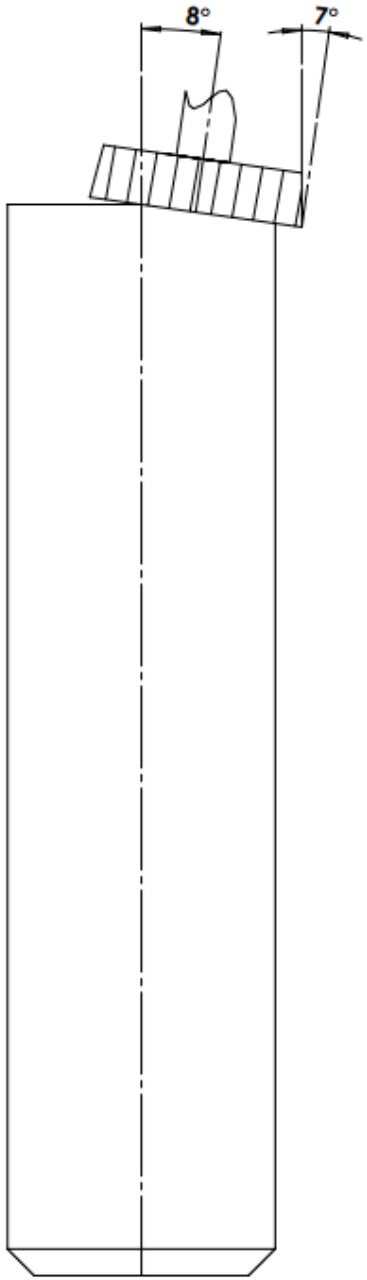
Підп. та дата

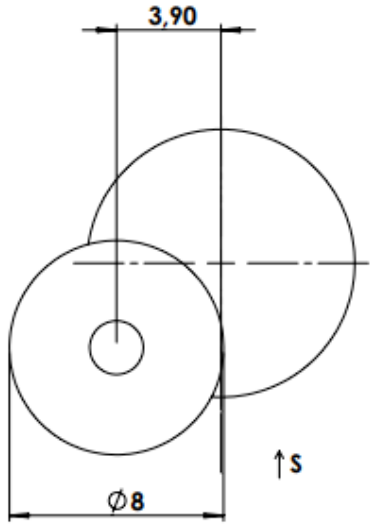
Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № підл.



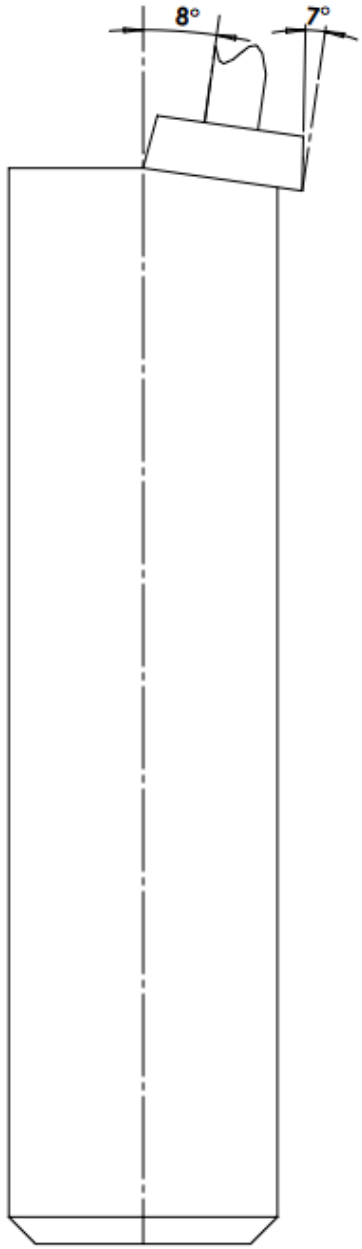


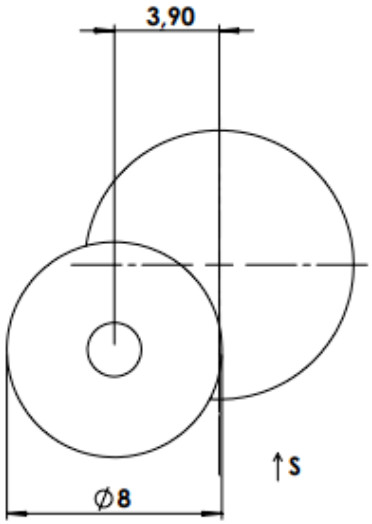
Глибина	Швидкість заготовки	Швидкість круга	Повздовжа подача	Потужність приводу	Основний час
t, мм	Vз м/хв	Vк м/с	S мм/об	Ne, кВт	To, хв
0.7	0.1	30	0.05	0.3	0.1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.МІ91.011.005		
Розроб.		Повар Я. І.			Операція шліфовальна	Літера	Маса / Мірило
Перевір.		Іванівський О. А.					5:1
Т. контр.						Аркуш	Аркушів
Н. контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Затверд.							

Прав. №
Підп. та дата
Інв. № дубл.
Зам. інв. №
Підп. та дата
Інв. № підл.

Копіював
Формат А3



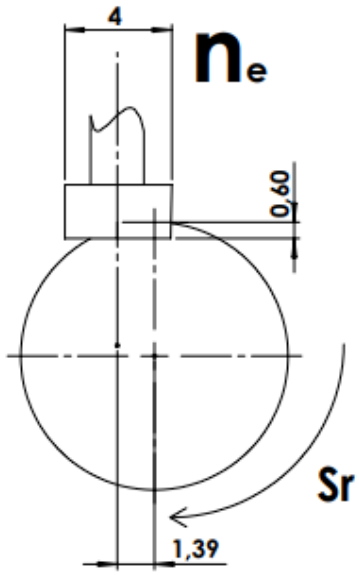


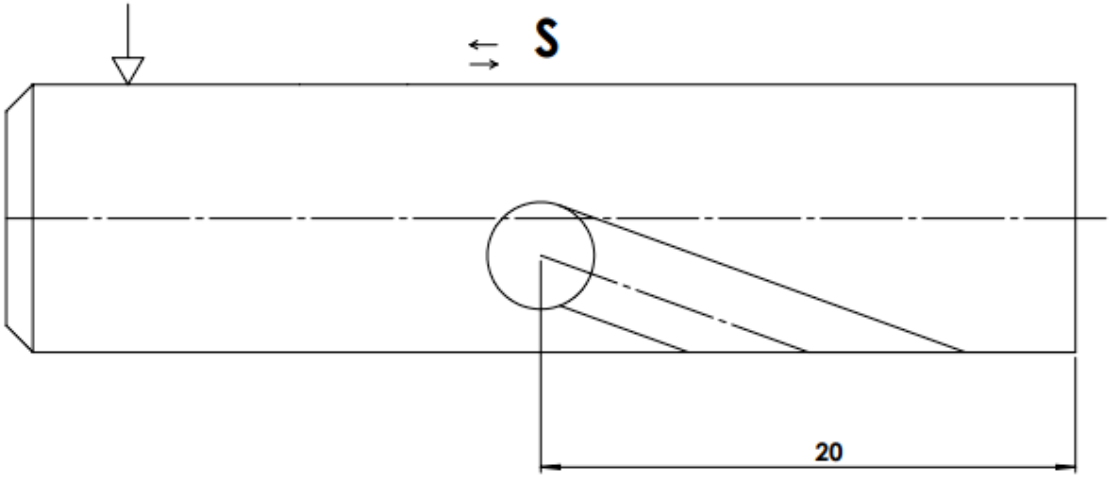
Глибина	Швидкість заготовки	Швидкість круга	Повздовжа подача	Потужність приводу	Основний час
t, мм	Vз м/хв	Vк м/с	S мм/об	Ne, кВт	To, хв
0.05	0.1	30	0.05	0.3	0.1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Операція заточування	Літера	Маса	Мірило
Розроб.		Повар Я. І.						5:1
Перевір.		Івановський О. А.				Аркуш	Аркушів	
Т. контр.								
Н. контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затверд.								

Прав. №
Підп. та дата
Інв. № дубл.
Зам. інв. №
Підп. та дата
Інв. № підл.

Копіював
Формат А3





Глибина	Швидкість заготовки	Поворот заготовки	Швидкість круга	Повздовжа подача	Потужність приводу	Основний час
t, мм	Vз м/хв	Sr град/мм	Vк м/с	S мм/об	Ne, кВт	To, хв
0.6	0.1	9	30	0.05	0.3	0.2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Повар Я. І.		
Перевір.		Івановський О. А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Затверд.				

ДП.МІ91.011.006

Операція Заточування

Літера	Маса	Мірило
		5:1
Аркуш	Аркушів	

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Копіював

Формат А3

Прав. №

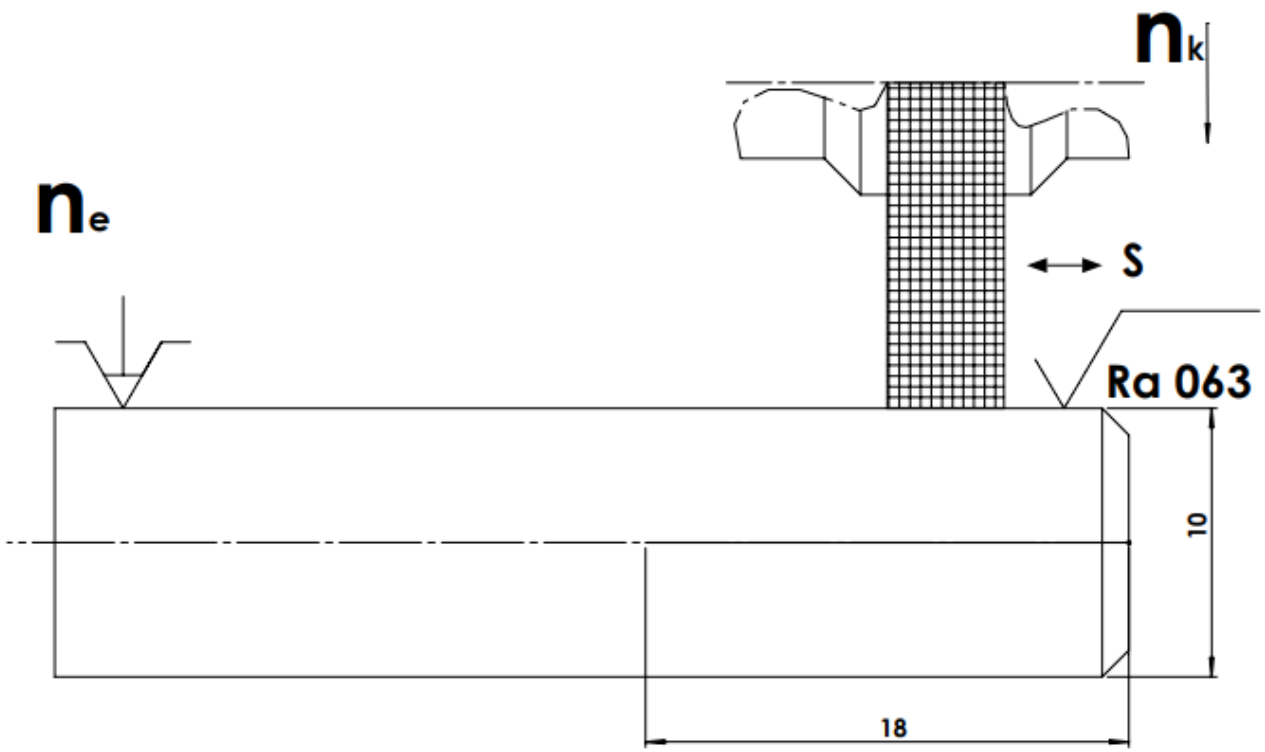
Підп. та дата

Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підп. та дата

Інв. № підл.



Глибина	Швидкість заготовки	Швидкість круга	Повздовжа подача	Потужність приводу	Основний час
t, мм	Vз м/хв	Vк м/с	S мм/ход	Ne, кВт	To, хв
0.15	15	35	10	3	2.5

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Повар Я. І.		
Перевір.		Івановський О. А.		
Т. контр.				
Н. контр.				
Затверд.				

ДП.МІ91.011.007

Операція Круглошліфувальна

Літера	Маса	Мірило
		5:1
Аркуш	Аркушів	

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Копіював

Формат А3

Прав. №

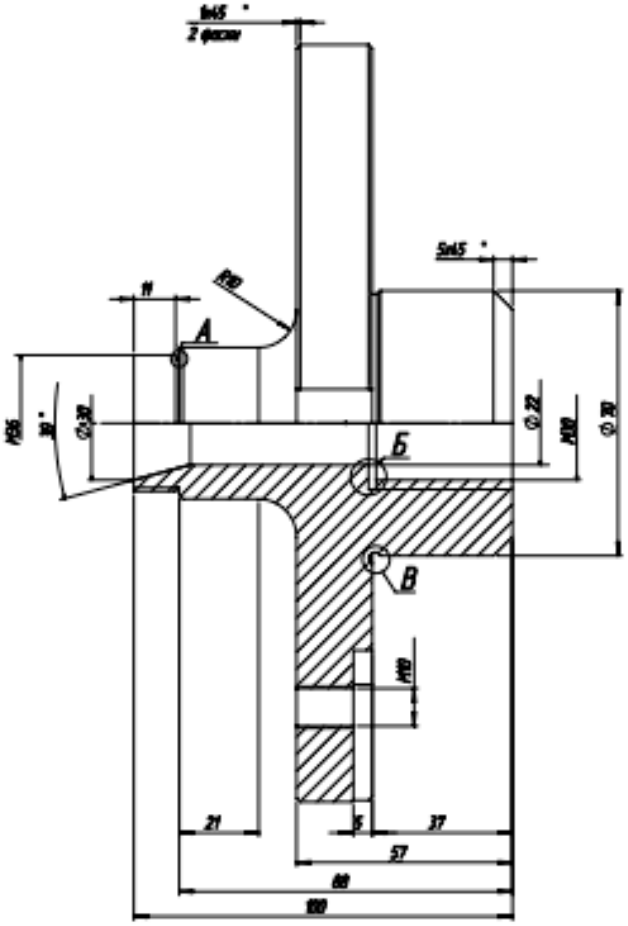
Підп. та дата

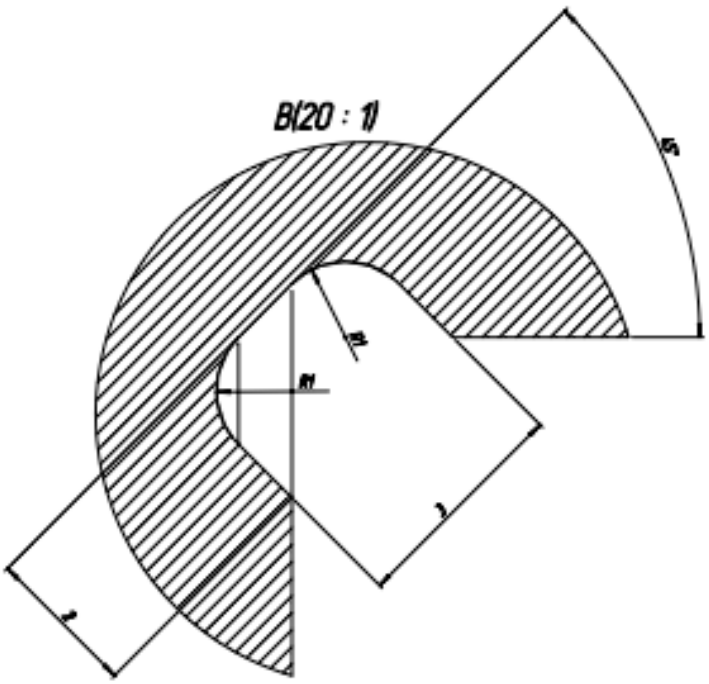
Інв. № дубл.

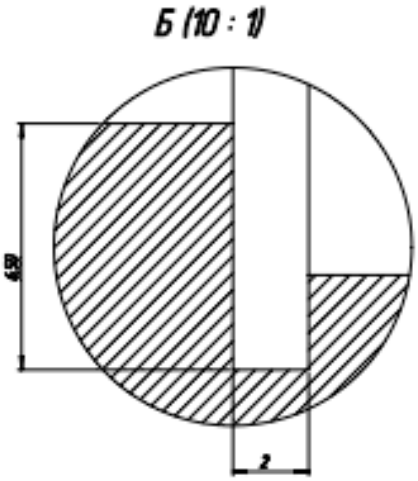
Зам. інв. №

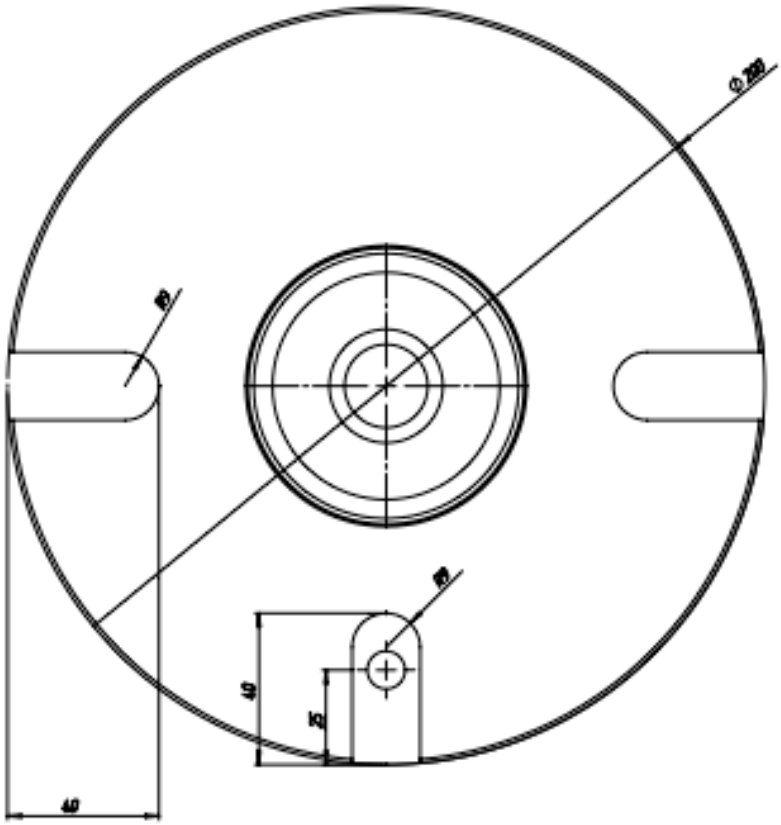
Підп. та дата

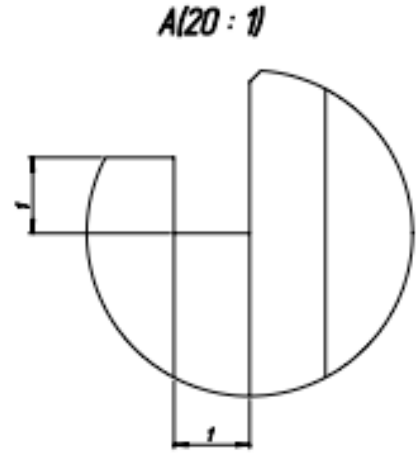
Інв. № підл.







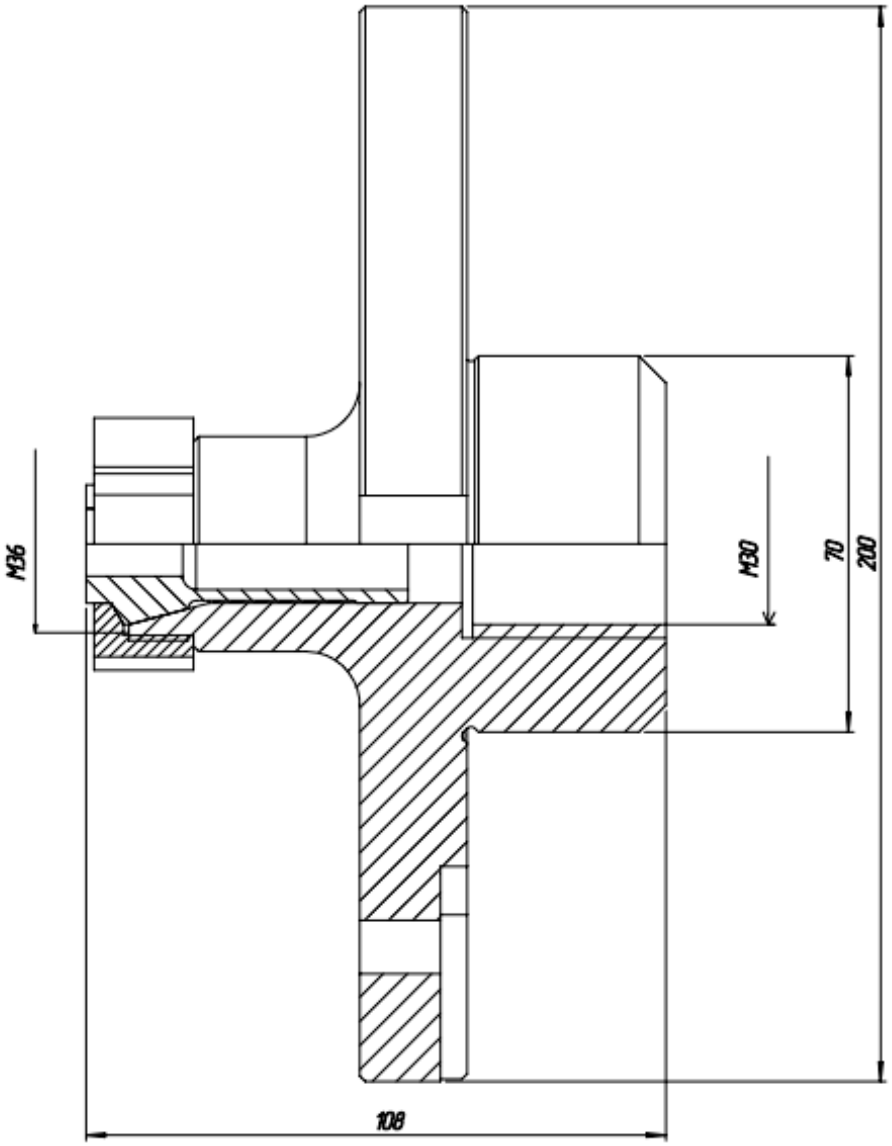




ДП.МІ91.011.010

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП.МІ91.011.010			
Розраб.		Повар Я. І.			Корпус	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Ковальський О. А.						11
Т. контр.						Лист 1	Листов 1	
Н. контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Утв.								

ДП.МІ91.011.011



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП.МІ91.011.011
Розроб.		Побар Я. І.			Пристосування цангове
Перевір.		Іванівський О. А.			
Т. контр.					
Н. контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського
Затверд.					

Літера	Маса	Масштаб
		12
Аркуш	Аркушів	

Копіював Формат А3

Інв. № подл. | Підп. та дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. та дата

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

ДП.М191011012

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

ДП.М191.011.012

Лист 1

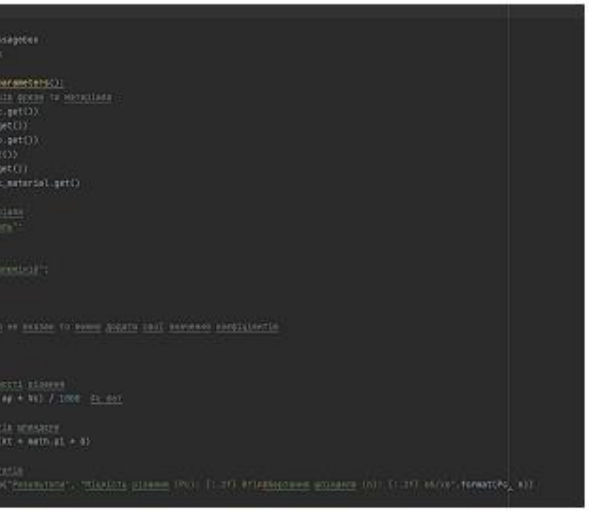
Копировал

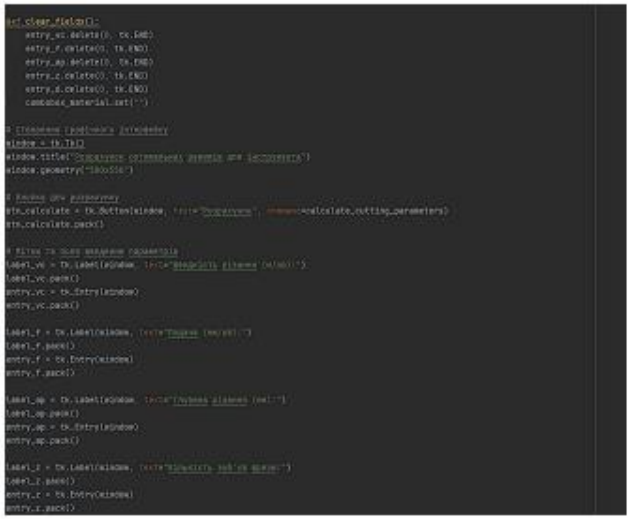
Формат А3

Инв. № дубл.

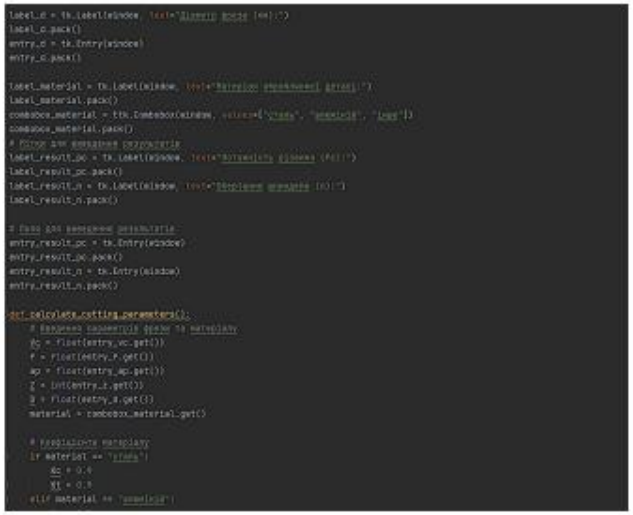
Програма розрахунку режимів різання

Скрипт програми

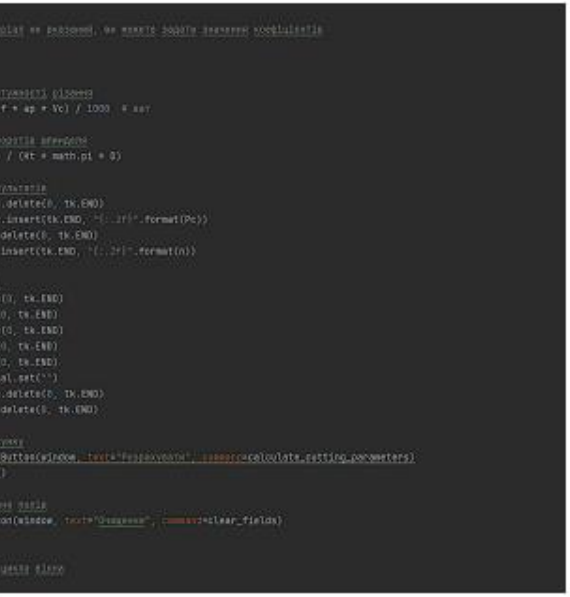




```
def clear_fields():
    entry_vc.delete(0, tk.END)
    entry_f.delete(0, tk.END)
    entry_ap.delete(0, tk.END)
    entry_z.delete(0, tk.END)
    entry_d.delete(0, tk.END)
    combobox_material.set('')

# Створення графічного інтерфейсу
window = tk.Tk()
window.title("Програма розрахунку режимів різання для інструменту")
window.geometry("1000x550")

# Кнопка для розрахунку
btn_calculate = tk.Button(window, text="Розрахувати", command=calculate_cutting_parameters)
btn_calculate.pack()

# Мітка та поле введення параметрів
label_vc = tk.Label(window, text="Швидкість різання (м/хв):")
label_vc.pack()
entry_vc = tk.Entry(window)
entry_vc.pack()

label_f = tk.Label(window, text="Подача (мм/об):")
label_f.pack()
entry_f = tk.Entry(window)
entry_f.pack()

label_ap = tk.Label(window, text="Глибина різання (мм):")
label_ap.pack()
entry_ap = tk.Entry(window)
entry_ap.pack()

label_z = tk.Label(window, text="Кількість зуб'єв фрези:")
label_z.pack()
entry_z = tk.Entry(window)
entry_z.pack()
```



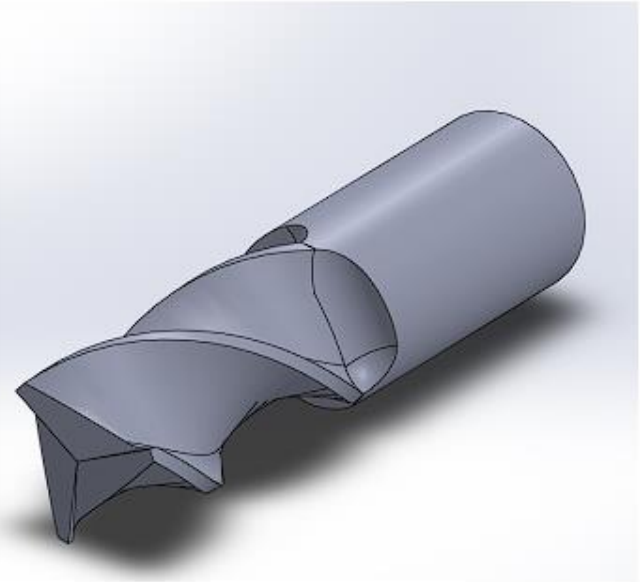
```
label_d = tk.Label(window, text="Діаметр фрези (мм):")
label_d.pack()
entry_d = tk.Entry(window)
entry_d.pack()

label_material = tk.Label(window, text="Матеріал оброблюваної деталі:")
label_material.pack()
combobox_material = ttk.Combobox(window, values=["сталь", "алюміній", "чавун"])
combobox_material.pack()
# Мітки для виведення результатів
label_result_pc = tk.Label(window, text="Потужність різання (Pc):")
label_result_pc.pack()
label_result_n = tk.Label(window, text="Обертання шпинделя (n):")
label_result_n.pack()

# Поля для виведення результатів
entry_result_pc = tk.Entry(window)
entry_result_pc.pack()
entry_result_n = tk.Entry(window)
entry_result_n.pack()

def calculate_cutting_parameters():
    # Введення параметрів фрези та матеріалу
    Vc = float(entry_vc.get())
    f = float(entry_f.get())
    ap = float(entry_ap.get())
    Z = int(entry_z.get())
    D = float(entry_d.get())
    material = combobox_material.get()

    # Коефіцієнти матеріалу
    if material == 'сталь':
        Kc = 0.4
        Kt = 0.8
    elif material == 'алюміній':
```



```
ріал не вказано, ми можете задати значення коефіцієнтів

тужності різання
f * ap * Vc) / 1000  # кВт

ертання шпинделя
 / (Kt * math.pi * D)

ультати
.delete(0, tk.END)
.insert(tk.END, "{:.2f}".format(Pc))
delete(0, tk.END)
insert(tk.END, "{:.2f}".format(n))


(0, tk.END)
0, tk.END)
(0, tk.END)
0, tk.END)
0, tk.END)
al.set("")
.delete(0, tk.END)
delete(0, tk.END)

чку
Button(window, text="Розрахувати", command=calculate_cutting_parameters)
)

ня поля
on(window, text="Очищення", command=clear_fields)

цення вікна
```

Потужність різання(Pc)

$$Pc = (Kc * Z * f * ap * Vc) / 1000$$

Обертання шпинделя(n)

$$n = (1000 * Pc) / (Kt * math.pi * D)$$