

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

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__» _____ 2023 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньою програмою «Інструментальні системи інженерного
дизайну»**

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: «Фреза торцева збірна для оброблення перехідних
пластин моноінжекторів»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи МІ – 91

Новікова Аксін'я Олександрівна _____

Керівник:

Доц., к.т.н.

Красновид Дмитро Олександрович _____

Рецензент:

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

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Навчально-науковий механіко-машинобудівний

Кафедра «Конструювання машин»

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__»_____20__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Новікова Аксін'я Олександрівна

1. Тема проєкту: Фреза торцева збірна для оброблення перехідних пластин моноінжекторів,

керівник проєкту: Красновид Дмитро Олександрович,
затверджені наказом по університету від «25» травня 2023р. № 1951-с

2. Термін подання студентом проєкту: 31.05.2023

3. Вихідні дані до проєкту: проєктування торцевої фрези для оброблення перехідних пластин моноінжекторів. Матеріал заготовки – АК12М2

4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз конструкцій торцевих фрез та огляд існуючих конструкцій; Проектний розрахунок торцевої фрези та вибір матеріала; Технологія виготовлення торцевої фрези та базовий технологічний процес; Проектування спеціального пристосування для фрезерування торцевих фрез; Технологія виготовлення корпусу фрези на верстаті з ЧПК.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1. Вихідна деталь 2. Аналіз конструкцій збірних торцевих фрез. 3. Складальний кресленик пристосування. 4. Розробка керуючої програми. 5. Технологічні процеси виготовлення. 6. Результати конструювання

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз та огляд торцевих фрез	03.03.2023	
2	Проектний розрахунок	15.03.2023	
3	Технологія виготовлення	02.04.2023	
4	Проектування пристосування	20.04.2023	
5	Технологія виготовлення корпусу на верстаті з ЧПК	01.05.2023	
6	Висновки і формування звіту	07.05.2023	

Студент _____
 Керівник проекту _____

НОВІКОВА А.О.
 КРАСНОВИД Д.О.

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту

Затверджую
_____ Ю.М.Данильченко
«___»_____ 2023 р

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ ДО ПРОЕКТУ	
Тема проекту	Фреза торцева збірна для оброблення перехідних пластин моноінжекторів
Зміст проекту	Розробити фрезу для фрезерування площини деталі, навести методику розрахунку та проектування інструмента
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none">1. Матеріал заготовки – АК12М22. Конструкція фрези - збірна3. Поверхня для обробки деталі – дві паралельні установочні площини4. Верстат – HAAS VF-35. Матеріал пластини – твердий сплав ВК10, матеріал корпусу – Сталь 45
Особливі вимоги	Проектована фрези придатна для оброблення площин

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	Аналіз способів торцевого фрезерування
ОП	Робочий кресленик фрези
ТС	Ескіз технологічних операцій: - Зовнішнє точіння - Фрезерування - Свердління - Внутрішнє шліфування
КС	Пристосування для закріплення деталі під час торцевого фрезерування
СС	Розробка технології виготовлення корпусу фрези на верстаті з ЧПК
НС	
Студент	«_____» _____ 2023 р.
Керівник	«_____» _____ 2023 р.

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

КС – конструкторська складова
СС – спеціальна складова
НС – наукова складова

АНОТАЦІЯ

Метою дипломного проекту є проектування торцевої фрези збірної для лобрування перехідних пластин моноінжекторів.

Торцева фреза призначена для фрезерування площини деталі. При фрезеруванні площини деталі відбувається вирівнювання даної площини та надання їй заданих розмірів згідно креслення деталі.

Основними частинами фрези є корпус в який вставляють пластини із твердого сплаву які притискаються гвинтами до базової поверхні корпусу.

В ході роботи на курсовим проектом поставлені цілі по проектуванню торцевої фрези у вигляді наступних завдань:

1. Аналіз конструкції торцевих фрез;
2. Проектний розрахунок торцевої фрези;
3. Технологія виготовлення торцевої фрези збірної;
4. Проектування спеціального пристосування для фрезерування торцевою фрезою;
5. Технологія виготовлення корпусу фрези на верстаті з ЧПК.

В кінці роботи зроблені висновки по проробленій роботі.

Ключові слова: ТОРЦЕВА ФРЕЗА, РІЗАЛЬНА КРОМКА, БАЗОВА ПОВЕРХНЯ, ТВЕРДИЙ СПЛАВ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СИЛИ РІЗАННЯ.

ANNOTATION

The purpose of the diploma project is to design a face mill for milling transition plates of monoinjectors.

The face milling cutter is designed for milling the surface of a workpiece. When milling a workpiece plane, the plane is aligned and given the specified dimensions according to the workpiece drawing.

The main parts of the cutter are the body into which carbide inserts are inserted and pressed by screws to the base surface of the body.

During the course of the course project, the goals for the design of the end mill were set in the form of the following tasks:

1. Analysis of the design of end mills;
2. Design calculation of the end mill;
3. Technology of manufacturing of an assembly face mill;
4. Design of a special device for milling with a face milling cutter;
5. Technology of manufacturing the cutter body on a CNC machine.

At the end of the paper, conclusions on the work done are drawn.

Keywords: FACE MILL, CUTTING EDGE, BASE SURFACE, HARD ALLOY, TECHNOLOGICAL PROCESS, CUTTING FORCES

Зміст

Вступ.....	11
1 Аналіз конструкції торцевих фрез.....	13
1.1 Вихідні данні до аналізу.....	13
1.2 Торцеве фрезерування	15
1.3 Загальне торцеве фрезерування.....	19
1.4 Торцеве фрезерування тонкостінних і відігнутих деталей.....	23
1.5 Високопродуктивне фрезерування.....	25
1.6 Важке торцеве фрезерування.....	29
1.7 Огляд існуючих конструкцій торцевих збірних фрез	33
1.8 Вибір головного кута в плані.....	38
1.9 Способи кріплення багатогранних пластин з твердого сплаву.....	43
1.10 Порівняння зустрічного та попутного фрезерування	47
1.11 Вибір кроку фрези.....	52
2 Проектний розрахунок торцевої фрези.....	56
2.1 Вибір та обґрунтування матеріалу інструмента	56
2.2 Аналіз геометричних параметрів фрези	59
2.3 Проектування торцевої фрези.....	61
2.4 Визначення установчих параметрів для проектування паза під пластину	71
3 Технологія виготовлення торцевої фрези збірної.....	74
3.1 Технологія виготовлення корпусу торцевої фрези.....	74
3.2 Базовий технологічний процес виготовлення торцевої фрези збірної	75
3.3 Аналіз базового технологічного процесу	77
3.4 Вибір методу отримання заготовки	78
3.5 Розрахунок припусків на зовнішню обробку	82
3.6 Розрахунок режимів різання	84
4 Проектування спеціального пристосування для фрезерування торцевою фрезою	91

	10
4.1 Збірно – розбірні пристосування. Застосування і вимоги до ЗРП ...	91
4.2 Схеми установки заготовки.....	94
4.3 Зусилля затиску пристосування	95
5 Технологія виготовлення корпусу фрези на верстаті з ЧПК.....	98
5.1 Розрахунок та вибір режимів обробки корпусу фрези.....	98
5.2 Вибір різального інструменту та засобів для обробки заготовки корпусу фрези	99
5.3 Розробка програми обробки на станку з ЧПК за допомогою програми FeatureCam	101
Висновки	109
Список використаної літератури	110
Додатки.....	112

Вступ

Машинобудування займає провідне місце в промислових галузях України. Тому тема дипломного проекту бакалавра є досить актуальною на сьогоднішній день.

Металорізальний інструмент відіграє головну роль у підвищенні ефективності верстатобудування. Підвищення якості та стійкості різального інструменту, важливе для високопродуктивного металообробного обладнання верстатів та автоматичних виробничих ліній, верстатів з ЧПК та гнучких виробничих систем. Стабільність, надійність і точність різальних інструментів напряму залежить від технології виготовлення. Виготовлення неякісного інструменту призводить до скорочення терміну служби інструменту, зниження точності оброблюваних деталей, а деяких випадках це може призвести до дорого вартісного ремонту станків, та травмування обслуговуючого персоналу.

Напрямки розвитку технології виготовлення інструменту:

- завдяки пластичній деформації інструментального виробництва та порошкової металургії заготовки які отримуються близькі до форм готової деталі;

- використання в якості різальних матеріалів із твердих сплавів дозволяє покращити якість поверхні оброблюваної поверхні деталі та підвищити стійкість різальної кромки;

- поєднання високошвидкісного шліфувального комня та хорошого охолодження дозволяє виконувати глибоке шліфування та шліфування канавок твердих заготовок із швидкорізальної сталі та цементованого карбіду, як варіант значного покращення якості інструменту;

- впровадження способів нанесення зносостійких покриттів з розробленням відповідного обладнання, що призводить до значного підвищення стійкості інструментів із швидкорізальної сталі та твердих сплавів;

Фреза – найпоширеніших інструментів у машинобудівній промисловості. Фрезерні верстати становлять 18% устаткування промислових парків. Серед багатьох продуктів машинобудівного комплексу фрезерні верстати становлять 50-60% від усіх заводських парків

Особливістю кінематики процесу фрезерування є те, що інструмент швидко обертається навколо своєї осі, а рух подачі повільний, рух подачі може бути лінійним, обертальним або спіральним. При лінійному русі циліндричну поверхню одержують шляхом фрезерування площини, різних канавок та поковок.

Незважаючи на розміри заготовки комбінована фреза може забезпечити плавну роботу, оскільки кут контакту із заготовкою не залежить від розміру поля, а від розмірів та діаметру фрезерного верстата та фрези.

На комбінованому збірному інструменті кріплення виготовляють з конструкційних сталей марок: 45, 50, 60, 40Х, 45Х, У7, У8, 9ХС та ін. Найбільшого поширення набула відносно дешева сталь 45, з якої виготовляють тримачі різців, хвостовики сверدل, зенкери, зенківки, мітчики, корпуси збірних різців, та ін..

1 Аналіз конструкції торцевих фрез

1.1 Вихідні данні до аналізу

- Поверхня для обробки деталі – дві паралельні установочні площини;
- Найменування деталі – перехідник плита карбюратора до деяких іномарок під моно-інжектор;

- Матеріал оброблюваної деталі АК12М2;

- Верстат – HAAS VF-3

АК12М2 — металевий сплав, основу якого становить алюміній (Al), його вміст АК12М2 може коливатися в діапазоні від 81.55% до 86%. Обов'язково в металі АК12М2 присутні кремній, мідь, залізо. Допустима кількість домішок визначена у таблиці хімічного складу. ГОСТ 1583 – 93 [1].

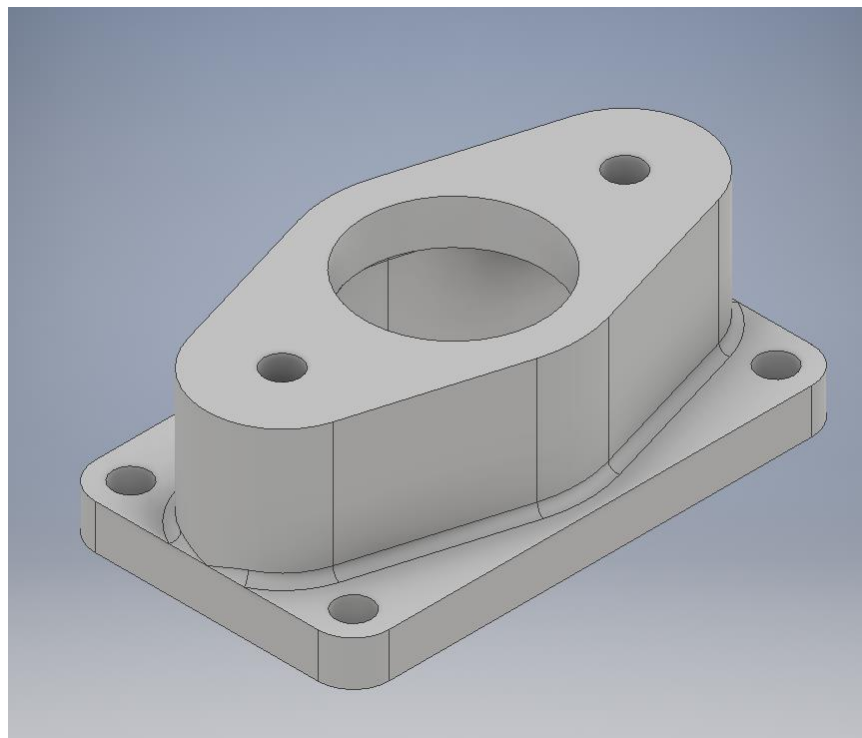


Рисунок 1.1– 3-D зображення деталі плита перехідна

Фрезерування є одним із високопродуктивних та поширених методів обробки металів різанням. Воно здійснюється за допомогою фрези. Фреза - багатозубий інструмент, що є тілом обертання, на утворюючій поверхні якого, а іноді і на торці, є різальні зуби [2 с. 244].

Фрези роблять цільними, складовими, збірними з різальною частиною з швидкорізальних сталей або пластинками твердих сплавів. Внаслідок переваг фрез, оснащених пластинками з твердих сплавів (висока продуктивність, висока якість обробленої поверхні, що виключає іноді застосування шліфування; можливість обробки загартованих сталей; зниження собівартості обробки та ін), їх успішно застосовують у металообробній промисловості [2 с. 245].

Торцеві фрези характеризуються також кутами в плані та кутом нахилу головної різальної кромки λ . Головний кут у плані φ впливає на товщину і ширину зрізу (при одній і тій же подачі та глибині), співвідношення складових сил, що діють на фрезу, стійкість фрези та якість обробленої поверхні [2 с. 247].

В сучасній металообробці все частіше використовуються фрези з механічним кріпленням твердосплавних різальних пластинок.

Такі фрези прості в експлуатації, забезпечують підвищення стійкості, скорочують затрати на виготовлення інструменту [4, с.156].

Зручність даних фрез полягає в тому що пластинку в якій затупилась робоча кромка можна повернути на іншу сторону, або замінити якщо в ній усі сторони вже затуплені. Для фрезерування плоских поверхонь краще за все коли використовуються фрези з можливістю регулювання переднього та заднього кута, таким чином ми зможемо одну й туж саму фрезу використовувати для обробки деталей з різних металів.

1.2 Торцеве фрезерування

Торцеві фрези широко застосовуються для обробки площин на вертикально-фрезерних верстатах. Ось їх встановлюється перпендикулярно до площини деталі, що обробляється. На відміну від циліндричних фрез, де всі точки різальних кромки є профільуючими, тобто формують оброблену поверхню, у торцевих фрез тільки вершини різальних кромки зубів є профільними. Торцеві різальні кромки є допоміжними. Головну роботу різання виконують бічні різальні кромки, розташовані на зовнішній поверхні [3 ст.45].

При торцевому фрезеруванні вісь фрези розташовується перпендикулярно до обробленої поверхні. Основну роботу при торцевому фрезеруванні виробляють бічні (головні) різальні кромки; торцеві кромки лише зачищають оброблену поверхню. На рис. 1.2 а показано неповне симетричне торцеве фрезерування фрезою, у якої головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$ [2 с. 262].

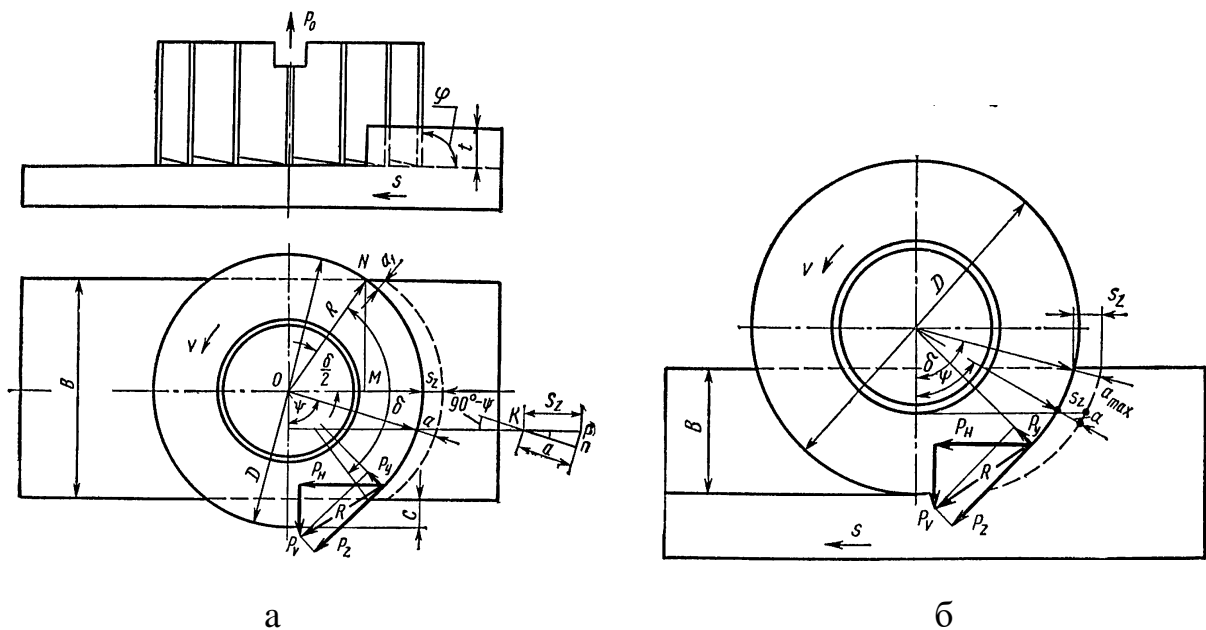


Рисунок 1.2 – Торцеве фрезерування [2 с. 261]

а – симетричне, б – не симетричне

Торцеве фрезерування називається повним, коли ширина фрезерованої (обробленої) поверхні буде дорівнює діаметру фрези D ; повний кут контакту δ в цьому випадку дорівнюватиме 180° .

Торцеві фрези мають низку переваг у порівнянні з циліндричними фрезами. Вони забезпечують рівномірне фрезерування навіть при невеликих припусках на обробку, тому що кут контакту залежить тільки від діаметра фрези та ширини заготовки. Довжина дуги контакту значно більша, ніж при фрезеруванні циліндричними фрезами [6 ст. 51].

Для оснащення збірних торцевих фрез потрібно менше швидкорізальної сталі або твердого сплаву в порівнянні з циліндричними фрезами. Легше здійснити зручне розміщення та надійне кріплення вставних зубів [6 ст. 51].

Торцеві фрези можуть бути оснащені мінералокерамічними платівками.

Операції торцевого фрезерування:

1. Загальне торцеве фрезерування (рис. 1.3);



Рисунок 1.3 – Види торцевого фрезерування

2. Високопродуктивне фрезерування (рис. 1.4);



Рисунок 1.4 – Високопродуктивне фрезерування

3. Важке торцеве фрезерування (рис. 1.5);

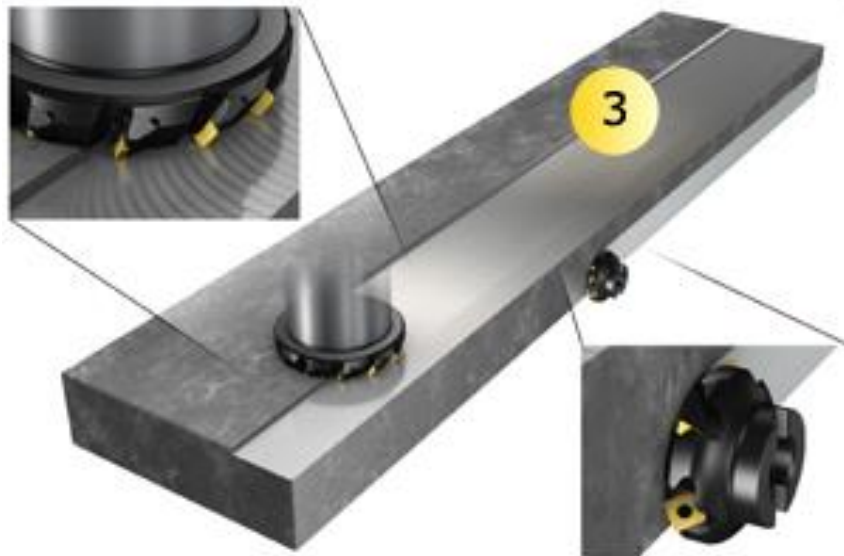


Рисунок 1.5 – Важке торцеве фрезерування

4. Чистова обробка з пластинами Wiper.



Рисунок 1.6 – Чистова обробка з пластинами Wiper

1.3 Загальне торцеве фрезерування

Однією з найпоширеніших операцій є торцеве фрезерування, її виконання можна використовувати різний інструмент. Найбільш часто застосовуються фрези з головним кутом у плані 45° , але також для торцевого фрезерування можуть застосовуватися фрези з круглими пластинами, тристоронні дискові і кінцеві фрези [16].

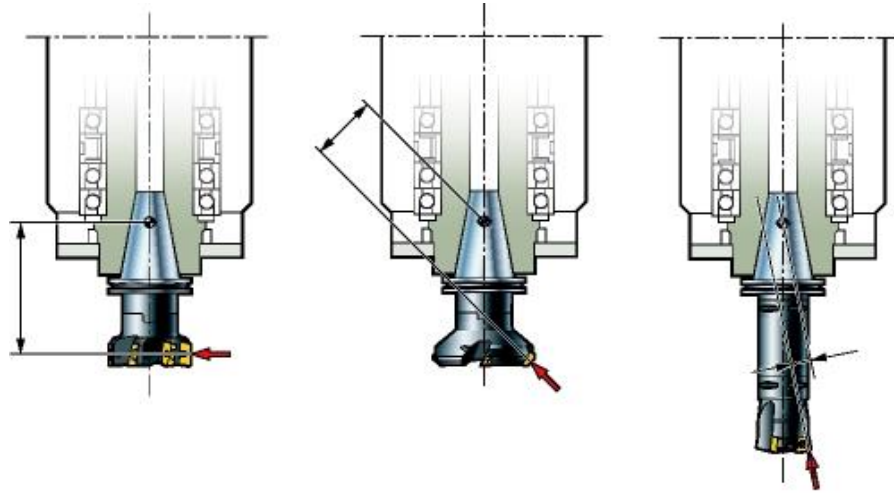


Рисунок 1.7 – Напрямок сил різання залежить від головного кута у плані.

Фрези з головним кутом у плані 45°

- Перший вибір для загального призначення
- Менше вібрацій на великому вильоті
- За рахунок тоншої стружки можна підвищити продуктивність

Фрези з головним кутом у плані 90°

- Обробка тонкостінних деталей
- Обробка слабо закріплених деталей
- Обробка уступів 90°

Фрези із круглими пластинами

- Фрези загального призначення
- Найміцніша різальна кромка
- Велика кількість різальних кромок на пластині

- Найкращим чином підходять для обробки жароміцних сплавів групи ISO S.
- Процес різання більш плавний

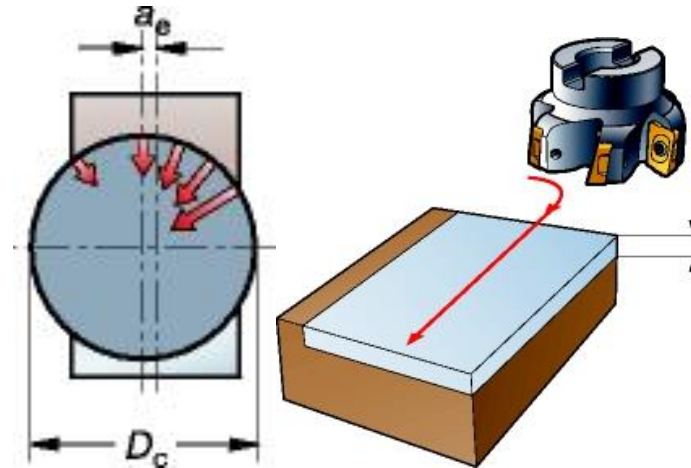


Рисунок 1.8 – Врізання по дузі

Завжди слід брати до уваги жорсткість верстата, розмір та тип шпинделя (горизонтальне або вертикальне розташування) та потужність верстата [16].

Вибирайте діаметр фрези, так щоб він був більший за ширину заготовки на 20...50%.

Слід враховувати розташування фрези щодо заготівлі та розмір максимальної товщини стружки для вибору оптимальної подачі.

Зміщення фрези від центру заготовки дозволяє на виході з різання формувати найтоншу стружку.

Застосування попутного фрезерування найбільш сприятливо для стружкоутворення: при врізанні формується товща стружка, на виході – тонша [16].

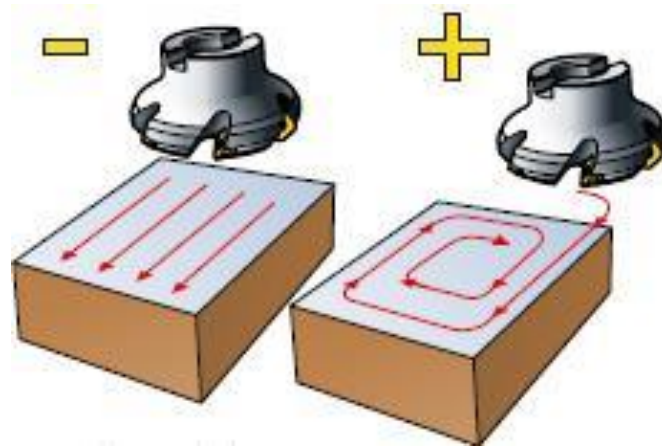


Рисунок 1.9 – Напрямки руху при фрезеруванні

Інструмент повинен знаходитись у контакті.

Для плавного врізання фрези в заготовку траєкторію слід формувати по дузі і знижувати подачу (рис. 1.9).

Уникайте зайвих врізань та виходів із заготівки.

По можливості слід уникати частого входу та виходу інструменту із заготівлі. Це сприяє виникненню несприятливого напруження на різальній кромці або є причиною виникнення вібрацій. Рекомендується формувати траєкторію руху фрези таким чином, щоб інструмент знаходився весь час у різанні, це краще, ніж кілька паралельних проходів. А зміну напрямку різання слід проводити за невеликим радіусом для постійного контакту інструменту та заготівлі [16].

Обробка переривчастої поверхні

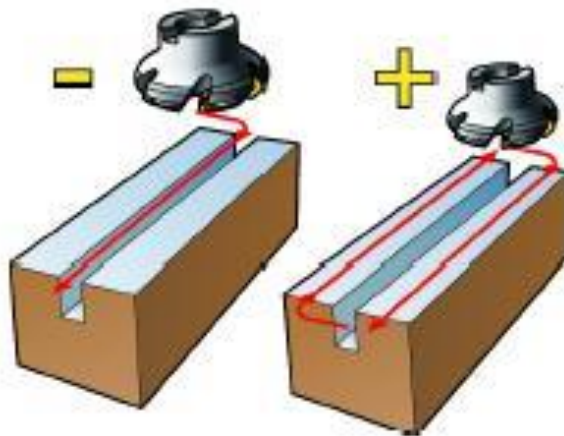


Рисунок 1.10 – Обробка переривчастої поверхні

Уникайте переривчастого різання.

По можливості слід виключати переривчасту обробку (з отворами або пазами). Уривчаста обробка вимагає більшої міцності різальної кромки і є причиною багаторазових врізань і виходів з різання.

У будь-якому випадку, при обробці уривчастої поверхні слід знижувати подачу на 50%.

1.4 Торцеве фрезерування тонкостінних і відігнутих деталей

Завжди слід враховувати вплив сил різання на заготовку та їх напрямки.

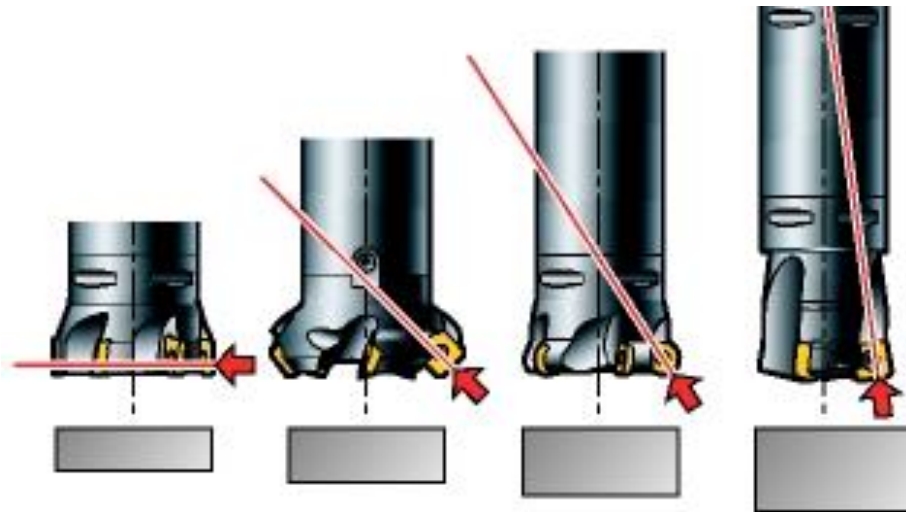


Рисунок 1.11 – Торцеве фрезерування тонкостінних деталей, що відгинаються.

При обробці нестійких в осьовому напрямку заготовок вибирайте фрезу з головним кутом у плані 90° , так як у цьому випадку основна частина сил різання спрямована радіально.

Слід використовувати інструмент для легкої обробки.

Для мінімізації осьової складової сили різання не призначайте глибину різання менше 0.5-2 мм.

Для зниження кількості зубів, що одночасно беруть участь у різанні, вибирайте фрези з великим кроком.

Вибирайте гостру позитивну (-L) геометрію передньої поверхні зниження сил різання.

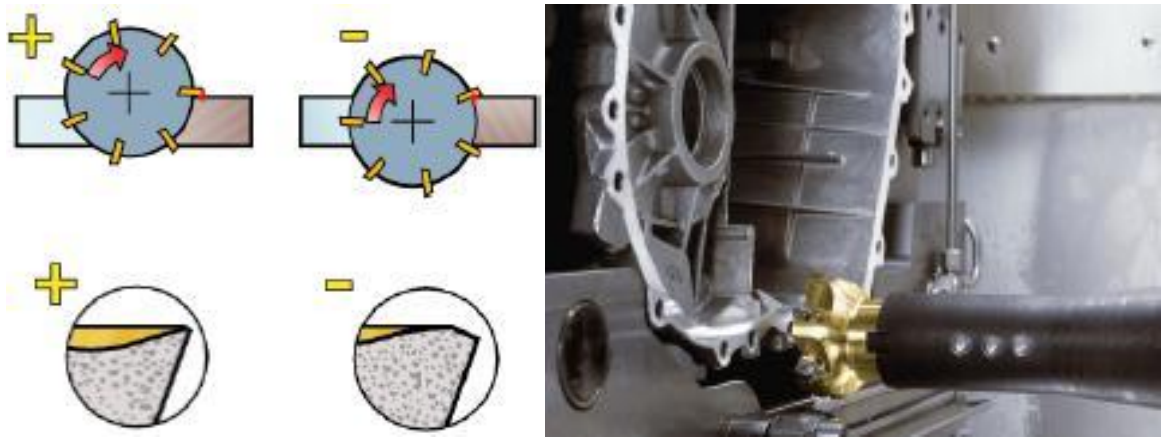


Рисунок 1.12 – Контурна обробка торцевими фрезами тонкостінних деталей

При обробці поверхні тонких стін центр фрези повинен бути зміщений від центру стіни. Таким чином, процес різання відбувається стабільніше, і сили різання розподіляються рівномірно вздовж стінки, що знижує ризик виникнення вібрацій [16].

- Краще вибирати фрезу з такою кількістю зубів, щоб у різанні одночасно брало участь більше одного зуба.

- Вибирайте, по можливості, найбільш гостру геометрію пластин: легку замість середньої та середню замість важкої.

- Для зниження ризику виникнення вібрацій вибирайте пластини з меншим радіусом при вершині та меншою зачистною кромкою при обробці тонких стінок.

- Знижуйте режими різання: глибину різання, a_p і подачу на зуб, f_z [16].

1.5 Високопродуктивне фрезерування

При обробці алюмінію, а іноді і при обробці чавуну пластинами з CBN або кераміки можна використовувати швидкість різання більше 1000 м/хв, внаслідок чого виникає дуже велика хвилинна подача v_f . Цей тип обробки називається високошвидкісною обробкою (HSM) [16].

Торцеве фрезерування з дуже великою подачею на зуб (до 4 мм/зуб) застосовується для фрез з невеликим кутом у плані або з пластинами круглої форми, так як для них характерне утворення стружки невеликої товщини. При цьому глибина різання має перевищувати 2 мм. Неймовірно високі значення подачі роблять цей метод надзвичайно продуктивним. Існують фрези спеціально створені для роботи в умовах високих подач з невеликою глибиною різання. Обов'язковою умовою придатності інструменту для “легкого та швидкого” фрезерування є невелике значення головного кута у плані [16].

CoroMill 210

- Найбільш продуктивний інструмент з головним кутом у плані 10° , що дозволяє вести обробку з дуже високими значеннями подачі на зуб f_z .

CoroMill Plura та CoroMill 316

- Збільшення подачі більш ніж удвічі проти традиційними кінцевими фрезами при невеликій глибині різання, a_p .
- Високоточні фрези оптимізовані для високошвидкісної обробки загартованої сталі.
- Чорнова та напівчистова профільна обробка з надзвичайно високими подачами.

Не перевищуйте максимально рекомендованого значення a_p для фрез CoroMill 210, CoroMillPlura та CoroMill 316. При високошвидкісній обробці фрезами з круглими пластинами або з великим радіусом при вершині значення a_p має бути значно нижчим від рекомендованого максимуму.

CoroMill® 200 та CoroMill® 300

- Фрези із круглими пластинами.
- Зі зменшенням глибини різання товщина стружки різко зменшується.
- Плавний процес різання.
- Фрези загального призначення для важких та легких умов обробки.

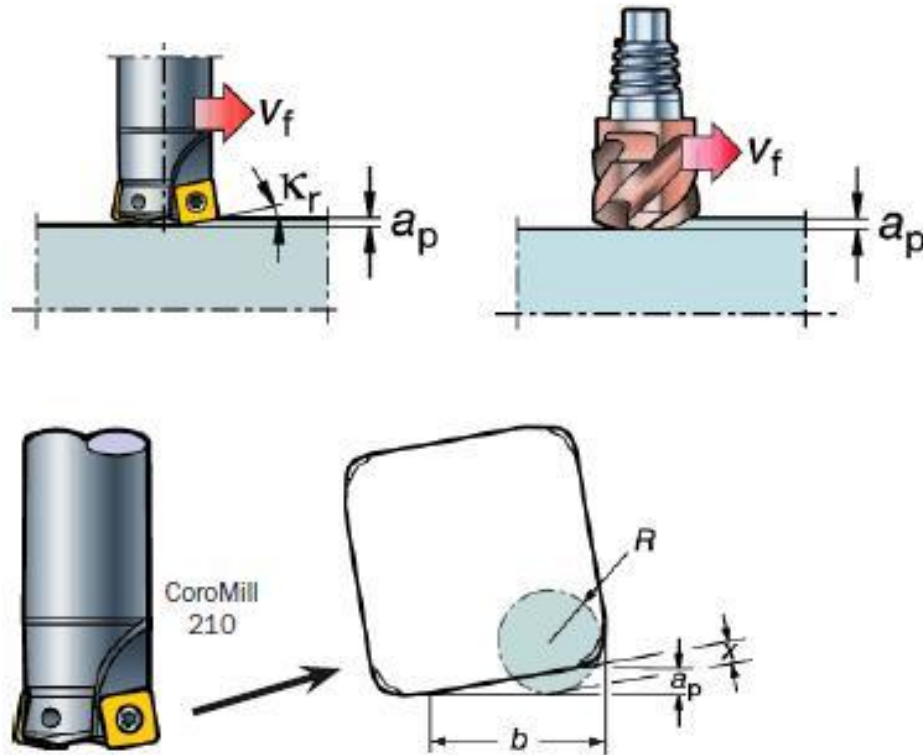


Рисунок 1.13 – Фрези з невеликим головним кутом у плані

При використанні фрез CoroMill 210, радіус програмується також як і фрез з круглими пластинами радіусом R , див таблицю.

Максимальна товщина стружки, що зрізається, виявляється мізерно малою при невеликому значенні головного кута. Тому стає можливим робота з великими подачами без ризику навантаження різальної кромки.

Для фрез CoroMill 210:

- Максимальне значення глибини різання для фрез з пластинами 14 мм становить 2.00 мм, для фрез з пластинами 9 мм – 1.2 мм.
- У сприятливих умовах обробки подача на зуб, f_z , може досягати 4 мм/зуб, при цьому продуктивність знімання металу може становити 1400 см/хв.

Намагайтеся уникати обробки поблизу прямокутного уступу, тому що при цьому різко зростає глибина різання i , відповідно, значення кута в плані. Як і інших операціях фрезерування, при використанні фрез даного типу необхідно знижувати подачу при погіршенні умов обробки. Це зменшить ризик виникнення вібрацій та дозволить уникнути поломки пластини.

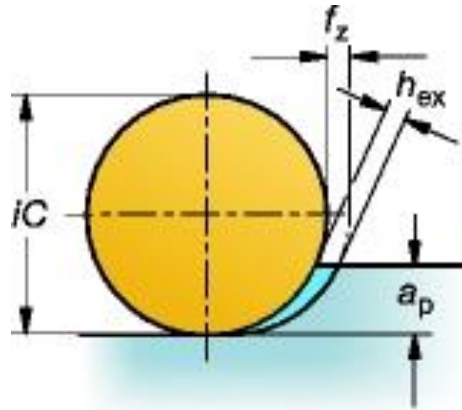


Рисунок 1.14 – Фрези із круглими пластинами

Товщина стружки, що зрізається, hex , у пластин круглої форми залежить від глибини різання, ap .

При використанні фрез CoroMill 200 та CoroMill 300 для роботи з великими подачами глибина різання повинна бути дуже невеликою (max 10% від iC). В іншому випадку товщина зрізаного шару металу зростає, що викличе необхідність зниження подачі.

У процесі обробки фрезами з круглими пластинами при наближенні до прямокутного уступу обов'язково знижуйте подачу через різке збільшення глибини різання.

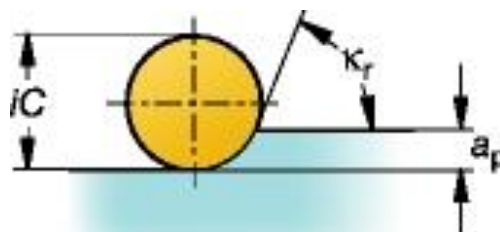


Рисунок 1.15 – Міцні пластини для чорнових операцій загального типу

У круглих пластин навантаження на різальну кромку і кут у плані залежать від значення глибини різання.

Найвища продуктивність досягається, якщо значення глибини різання менше, ніж $25\% \times iC$ [16].

1.6 Важке торцеве фрезерування

До цього типу фрезерування відноситься чернова обробка поковок, виливків, гарячекатаних заготовок або зварних деталей на потужних верстатах фрезерних портального типу або на великих фрезерних центрах. Обробка характеризується зніманням великого обсягу матеріалу та високими зусиллями різання та супроводжується утворенням високих температур [16].

Тому інструмент для виконання подібних операцій має відповідати певним специфічним вимогам.

- Високе навантаження на різальну кромку під час роботи пластиною на повну глибину різання.
- Зношування куточків пластини абразивною кіркою, коли значення глибини різання близько до нуля.

Фрези з кутом у плані 60° є оптимальним рішенням для важкого фрезерування. Їх конструкція забезпечує:

- Великі можливості по глибині різання, щодо збалансовані зусилля різання та ефект потонання стружки, що дозволяє збільшити подачу.
- Конструкція фрези дозволяє використовувати пластини з великою фаскою, що забезпечує хорошу чистоту поверхні.

CoroMill 360 [16]

- Простота експлуатації фрези та швидка та надійна фіксація пластин зменшують допоміжний час на операції.
- Максимальна глибина різання досягає 18 мм, що означає високу продуктивність знімання матеріалу та можливість обробляти заготовки з грубою кіркою.
- Висока продуктивність – подача складає 0,4 – 0,7 мм/зуб.
- Широка зачисна фаска забезпечує високу якість обробки.
- Міцні вершини пластин добре протистоять абразивному зносу при різанні на невеликій глибині.

- Висока міцність фрези загалом робить її надійним рішенням для фрезерування у дуже важких умовах.

Фреза CoroMill 245 із пластинами розміром 18 мм [16]

- Торцева обробка середньої важкості, ненавантажений процес різання.
- Глибина різання 6-8 мм, діапазон подач 0.2 - 0.6 мм/зуб.
- Перший вибір для обробки на великих обробних центрах у важких умовах.

- Можлива комплектація фрези пластинами Wiper за необхідності отримання хорошої якості поверхні.

Фреза CoroMill 390 із пластинами розміром 18 мм

Перший вибір для обробки торців та уступів в умовах середньої тяжкості.

Фреза CoroMill 300 із пластинами розміром 20 мм [16]

Міцні різальні кромки підходять для обробки кіркою або для переривчастої обробки. Кругла форма пластин гарантує плавний процес різання. При роботі з невеликою глибиною різання може використовуватися вісім різальних кромки. Максимальна глибина різання складає 10 мм. Максимальна товщина стружки, що рекомендується, залежить від геометрії пластини і глибини різання і може досягати 0.55 мм/зуб.

Фреза T-Max 45 [16]

Високопродуктивна фреза з кутом у плані 45°, рекомендована для роботи у важких умовах обробки, зокрема, при великому вильоті інструменту, коли значення подачі на зуб обмежене ризиком виникнення вібрацій.

- Можливе оброблення з глибиною різання до 12 мм з подачею до 0.5 мм. Фрезерування з такими параметрами забезпечує високу ефективність знімання металу.

- Товсті пластини з 2 мм зачистної фаски, що мають можливість регулювання в осьовому напрямку, роблять цю фрезу надійним інструментом

для чорнової обробки. Хоча вона може успішно використовуватися і на чистових операціях.

- Підпружинений механізм кріплення пластин простий та зручний в експлуатації.

Найчастіше чорнове фрезерування проходить у важких умовах, тому на цій операції дуже велике значення набуває можливість забезпечення поступового входу пластини у різання [16].

- По можливості програмуйте вхід інструменту в різання по траєкторії заокругленої.

- За відсутності такої можливості знижуйте подачу до повного входу фрези в різання.

Розташування та розмір фрези [16].

При тяжкому торцевому фрезеруванні, як правило, обробляються досить протяжні поверхні за кілька проходів інструменту. При цьому необхідно дотримуватися рекомендацій щодо:

- Взаємного розташування фрези та заготовки, протяжності лінії їх контакту

- Вибір діаметру фрези в залежності від можливостей обладнання за потужністю

- Програмування траєкторії руху інструменту. Уникайте несприятливих умов виходу кромки із різання.

Враховуйте можливість виділення великого обсягу тепла

Операції важкого фрезерування характеризуються високими температурами у зоні різання. При цьому утворюється велика кількість стружки, яка накопичується навколо фрези, внаслідок утрудненої евакуації. Можливе повторне різання стружки, що негативно впливає на стійкість інструменту. Щоб уникнути перелічених вище явищ, намагайтеся очищати зону різання від зайвих обсягів стружки [16].

Запобігти прискореному зносу куточка пластини через абразивну кірку можна за рахунок збільшення глибини різання. В цьому випадку точка контакту пластини з поверхнею заготовки переміщається в міцнішу зону різальної кромки.

При зміні різальних кромek на фрезі використовуйте рукавички, щоб не обпектися про інструмент, що нагрівся.

1.7 Огляд існуючих конструкцій торцевих збірних фрез

Фрези з механічним кріпленням МНП широко застосовуються на універсальному обладнанні, верстатах з ЧПУ та ГПС. Вони забезпечують більшу стійкість та продуктивність порівняно з фрезами інших конструкцій, допускають використання різних інструментальних матеріалів при зменшенні номенклатури фрез. Виключення операцій паяння та заточування ножів знижує шлюб і дає можливість використовувати сплави, що важко піддаються пайці.

Конструкції фрез з МНП відрізняються великою різноманітністю, і багато з них нормалізовані та стандартизовані. На рис. 1.16 показано типову конструкцію стандартної фрези з МНП (ГОСТ 26595-85).

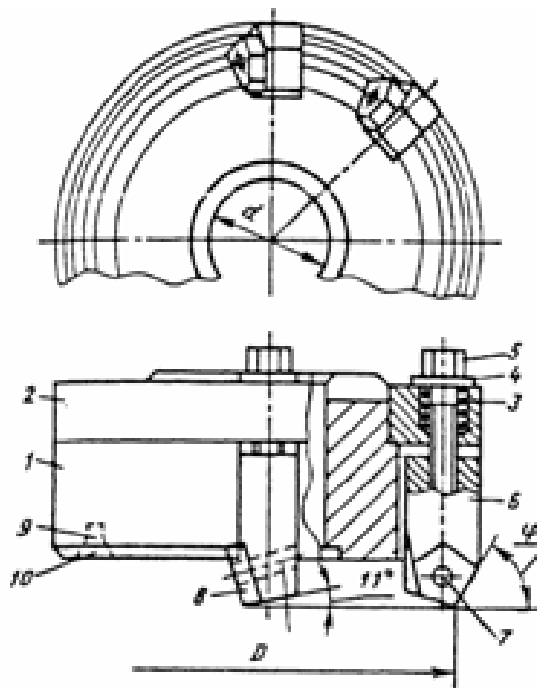


Рисунок 1.16 – Торцева фреза з механічним кріпленням п'ятигранних

Елементи конструкцій та методи кріплення торцевих фрез з механічним кріпленням тригранних та чотиригранних пластин типів В і С регульованих та нерегульованих

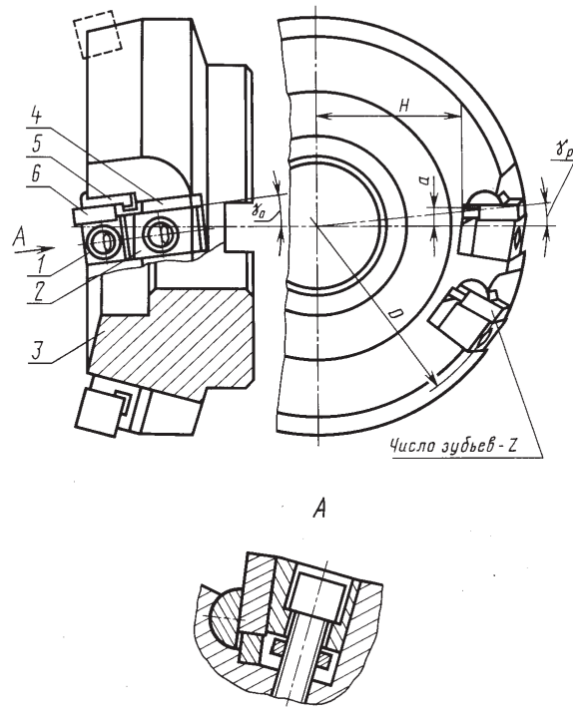


Рисунок 1.17 – Фреза торцева з механічним кріпленням пластин ГОСТ 26595-

85

1 - клин; 2 - клин; 3 - корпус; 4 - опора; 5 - вставка; 6 – пластина

Елементи конструкції та методи кріплення торцевих фрез нерегульованих з механічним кріпленням п'ятигранних та круглих пластин типу А

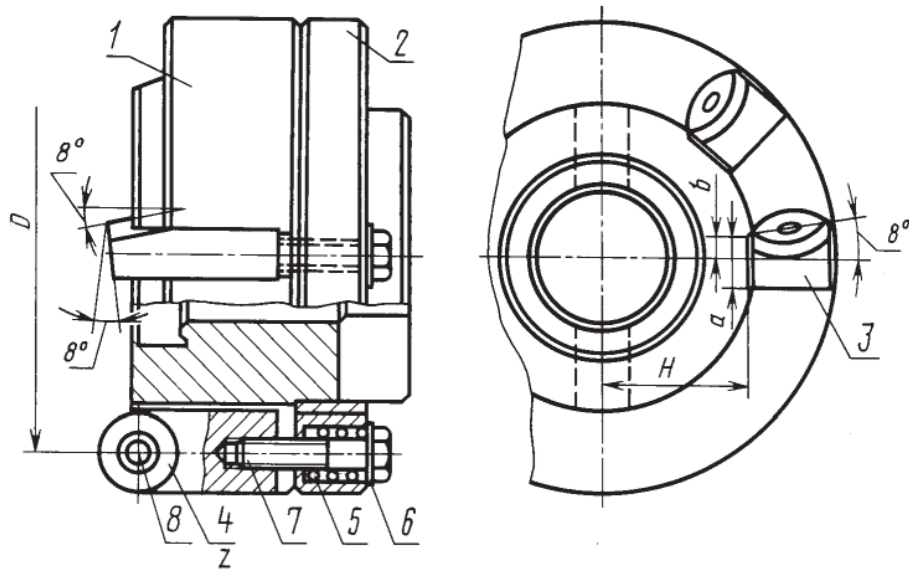


Рисунок 1.18 – Фреза торцева з механічним кріпленням пластин ГОСТ 26595-

85

1 - корпус; 2 кільце або втулка; 3 - державка; 4 - пластина; 5 - пружина; 6 - шайба; 7 - болт; 8 - штифт.

Такі фрези випускаються з тригранними (90°), чотиригранними (75°), п'ятигранними (67°) та круглими пластинами з різних твердих сплавів діаметром 100...200 мм. У корпусі 1 фрези є пази з встановленими державками 6 зі штифтами (рис. 1.16) 7, на які надіті різальні пластини 8. На корпусі розташоване кільце 2, що має отвори для гвинтів затискних 5, вгорнутих в хвостовики державок. Для зручнішого складання фрези передбачені пружини 3 і шайби 4, що підтискають різальну пластину до базових поверхонь корпусу та державки. Остаточню пластину закріплюють гвинтом 5 при втягуванні державки, яка притискає штифтом різальну пластинку до спеціально виконаним в кільцевому жолобку 10 фаскам 9. Форма жолобка відповідає формі пластини.

Торцеві насадні фрези з механічним кріпленням твердосплавних пластин у блоках представлені на рис. 1.17. Чотирьохгранні пластини 2 можуть кріпитися прямо до блоку 4, розміщеного в пазах корпусу 1, гвинтом 3 (див. рис. 6.10,а). Фрези з таким кріпленням пластин відрізняються

універсальністю, тому що дозволяють на базі одного корпусу отримувати фрези для різних робіт шляхом заміни блоків із пластинами однієї форми на іншу. Подібні фрези випускає фірма "Планзе" (Австрія).

Кріплення тригранних пластин 2, встановлених в блоці 3, але закріплюються клином через 5 корпус 1, показано на рис.1.19,б. Ці фрези відрізняються наявністю регулювання в осьовому напрямку блоку 3 за допомогою ексцентрика 6 і випускаються за ОСТ 23.5.398-81.

Фрези з тангенціальним розташуванням чотиригранних твердосплавних пластин (рис. 1.20) складаються з корпусу 1 з гніздами під пластинки, пластинок 2, гвинтів-коромисел 5, кульок 4 і гайок 3.

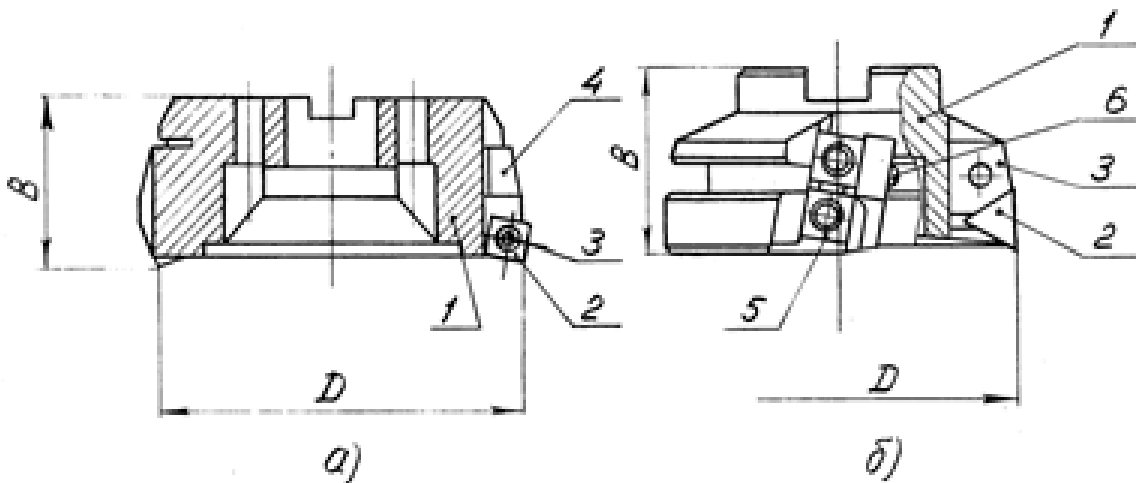


Рисунок 1.19 – Фрези торцеві насадні, блокові

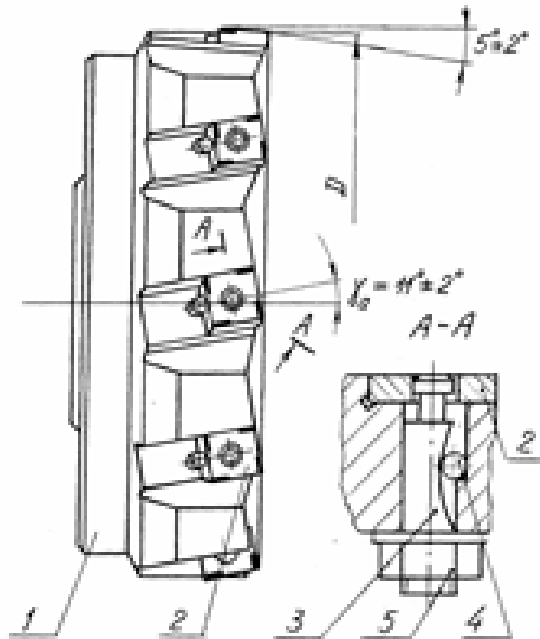


Рисунок 1.20 – Фреза з тангенціальним розташуванням чотиригранних твердосплавних пластин

Платівки в корпусі закріплені тангенціально, при цьому зусилля різання діє у напрямку більшої сторони пластинки, за рахунок чого навантаження на платівку можуть бути підвищені. Зміна платівок здійснюється поворотом гайки 3; при цьому гвинт-коромисло 5 переміщається вздовж осі, що стосується кульки 4 ділянками своєї канавки зростаючої глибини і звільняє пластинку. Після повороту або заміни пластинки гвинт-коромисло 5 за допомогою гайки переміщається у зворотному напрямку та притискає пластинку до базових поверхонь корпусу.

1.8 Вибір головного кута в плані

Головний кут у плані (KAPR) являє собою кут між головною різальною кромкою пластини та оброблюваною поверхнею заготовки. Головний кут у плані впливає на товщину стружки, сили різання та стійкість інструменту [17].



Рисунок 1.17 – Головний кут у плані та товщина стружки при фрезеруванні

Найпоширенішими вважаються кути 90, 45 і 10 градусів, а також кути, характерні для круглих пластин.

При зменшенні головного кута в плані товщина стружки h_{ch} також зменшується для заданого значення подачі f_z . Зменшення товщини стружки відбувається через розподіл аналогічного об'єму металу, що знімається на більшій довжині різальної кромки.

Малий головний кут у плані забезпечує більш плавний вхід у різання, обмежує радіальні сили різання та захищає край від пошкоджень. Однак вищі осьові сили різання сприяють збільшенню навантаження на заготовку.



Рисунок 1.21 – Фрези з головним кутом у плані 90 градусів

Основною сферою застосування фрез з кутом 90 градусів є обробка прямокутних уступів.

Фреза з кутом 90 градусів створює переважно радіальні сили різання, що діють у напрямі подачі. Це означає, що поверхня, що обробляється, не піддається високим осьовим навантаженням, що дає певні переваги при фрезеруванні нежорстких або тонкостінних заготовок, особливо при недостатній жорсткості затискного пристосування.



Рисунок 1.22 – Фрези з головним кутом у плані 45 градусів

Фрези з кутом 45 градусів є найпоширенішим варіантом для торцевого фрезерування. Вони забезпечують хороший баланс радіальних та осьових сил різання, що знижує вимоги до потужності верстата.

Фрези даного типу підходять, в першу чергу, для фрезерування матеріалів, що дають коротку стружку і схильних до фарбування у разі впливу надмірних радіальних сил різання на припуск, що поступово зменшується в кінці різання.

Плавний вхід у різання знижує схильність до вібрації при використанні інструменту з довгим вильотом або коротких/нежорстких тримачів інструменту.

Більш тонка стружка сприяє збільшенню продуктивності на багатьох операціях завдяки можливості збільшення хвилинної подачі при збереженні помірного навантаження на різальну кромку.



Рисунок 1.23 – Фрези з головним кутом у плані 60-75 градусів

Фрези даного типу є спеціалізованими торцевими фрезами, що дозволяють працювати з більшою глибиною різання в порівнянні з торцевими фрезами загального призначення. Осьові сили різання нижчі, ніж у фрез з кутом 45 градусів, а міцність різальної кромки – вище, ніж у фрез 90 градусів.



Рисунок 1.24 – Фрези з головним кутом у плані 10 градусів

Фрези з кутом 10 градусів призначені для фрезерування з високою подачею та плунжерного фрезерування. При цьому утворюється тонка стружка, що дозволяє працювати з дуже високою подачею на зуб f_z при невеликій глибині різання i , відповідно, максимальної хвилинної подачі v_f .

Переважаючі осьові сили різання спрямовані до шпинделя і забезпечують його стабільність, що обмежує схильність до вібрації та дає певні переваги при використанні довгих та нежорстких складання.

Фрези даного типу демонструють високу ефективність при виконанні отворів на трьохкоординатних верстатах та плунжерному фрезеруванні вибірок, а також де потрібний інструмент зі збільшеним вильотом.



Рисунок 1.25 – Фрези з круглими пластинами або з великим радіусом на вершині

Фрези з круглими пластинами є фрезами загального призначення та демонструють високу ефективність при виконанні чорнової обробки.

Радіус при вершині забезпечує максимальну міцність різальної кромки та можливість роботи з високою хвилинною подачею завдяки більш тонкій стружці, що утворюється вздовж довгої різальної кромки. Зменшена товщина стружки дозволяє використовувати ці фрези для обробки титану та жароміцних сплавів.

У міру зміни глибини різання a_p головний кут у плані змінюється від нуля до 90 градусів, що в свою чергу змінює напрямок дії сил різання вздовж радіуса кромки i , відповідно, навантаження, що результирує, в процесі фрезерування.

Максимальна товщина стружки є визначальним параметром для забезпечення надійного та продуктивного процесу фрезерування. Ефективне різання можливе лише за умови відповідності товщини стружки h_{ex} типу фрези, що використовується.

- Тонка стружка із занадто низьким значенням h_{ex} – найпоширеніша причина низької продуктивності та поганої якості обробки. Це може негативно впливати на процес стружкоутворення та стійкість інструменту.

- Навпаки, занадто високе значення h_{ex} створює надлишкове навантаження на різальну кромку, що може спричинити її пошкодження.

Шляхом зменшення товщини стружки можна збільшити подачу на зуб у трьох таких випадках:

1. Використання фрез з прямою різальною кромкою та головним кутом у плані менше 90°
2. Використання круглих пластин або пластин з великим радіусом при вершині при малій глибині різання a_p
3. Фрезерування периферією за малої ширини фрезерування a_e/D_e .

1.9 Способи кріплення багатогранних пластин з твердого сплаву

Фрези з механічним кріпленням багатогранних пластин, що не переточуються, широко застосовують на універсальному обладнанні, верстатах з числовим програмним управлінням і в гнучких виробничих системах. Вони забезпечують більшу стійкість та продуктивність порівняно з фрезами інших конструкцій, допускають використання різних інструментальних матеріалів при зменшенні номенклатури фрез. Виключення операцій паяння та заточування ножів знижує шлюб і дає можливість використовувати сплави, що погано піддаються паянню [4].

Найбільшого поширення набули торцеві, кінцеві, торцовоциліндричні, дискові та інші фрези з багатогранними пластинами, що не переточуються, які практично замінили фрези попереднього покоління [4].

Конструкції фрез зі змінними багатогранними пластинами (ЗМП), що не переточуються, відрізняються великою різноманітністю, і багато з них нормалізовані і стандартизовані (рис. 1.26) [4].

На рис. 1.26а наведена фреза з кріпленням пластин 2 в гніздах корпусу 1. Кріплення здійснюється гвинтами 4 з конічною головкою. Для запобігання корпусу від пошкоджень при поломці пластин часто використовують підкладки 3 з твердого сплаву або загартованої сталі, що мають форму, подібну до форми різальних пластин. Фрези такого типу найбільш прості за конструкцією, компактні, мають мінімальну кількість деталей, але корпуси цих фрез складні у виготовленні. Серйозними недоліками цих фрез є небезпека механічного пошкодження корпусів у процесі експлуатації та підвищене биття різальних кромки, що викликається похибками виготовлення гнізд йод пластини [4].

Іноді з метою спрощення технології виготовлення фрез і підвищення точності положення різальної кромки бази під пластини створюють на складових частинах корпусу. Прикладом таких фрез є представлена на рис. 1.26б фреза фірми Clarkson (Великобританія). Вона складається з корпусу 1 і

опорного кільця., на кожному з яких є одна база під пластини 2. При цьому пластини кріплять клином 6 з диференціальним гвинтом 5, який вкручується не в корпус фрези, а в спеціальний вкладиш 4 [4].

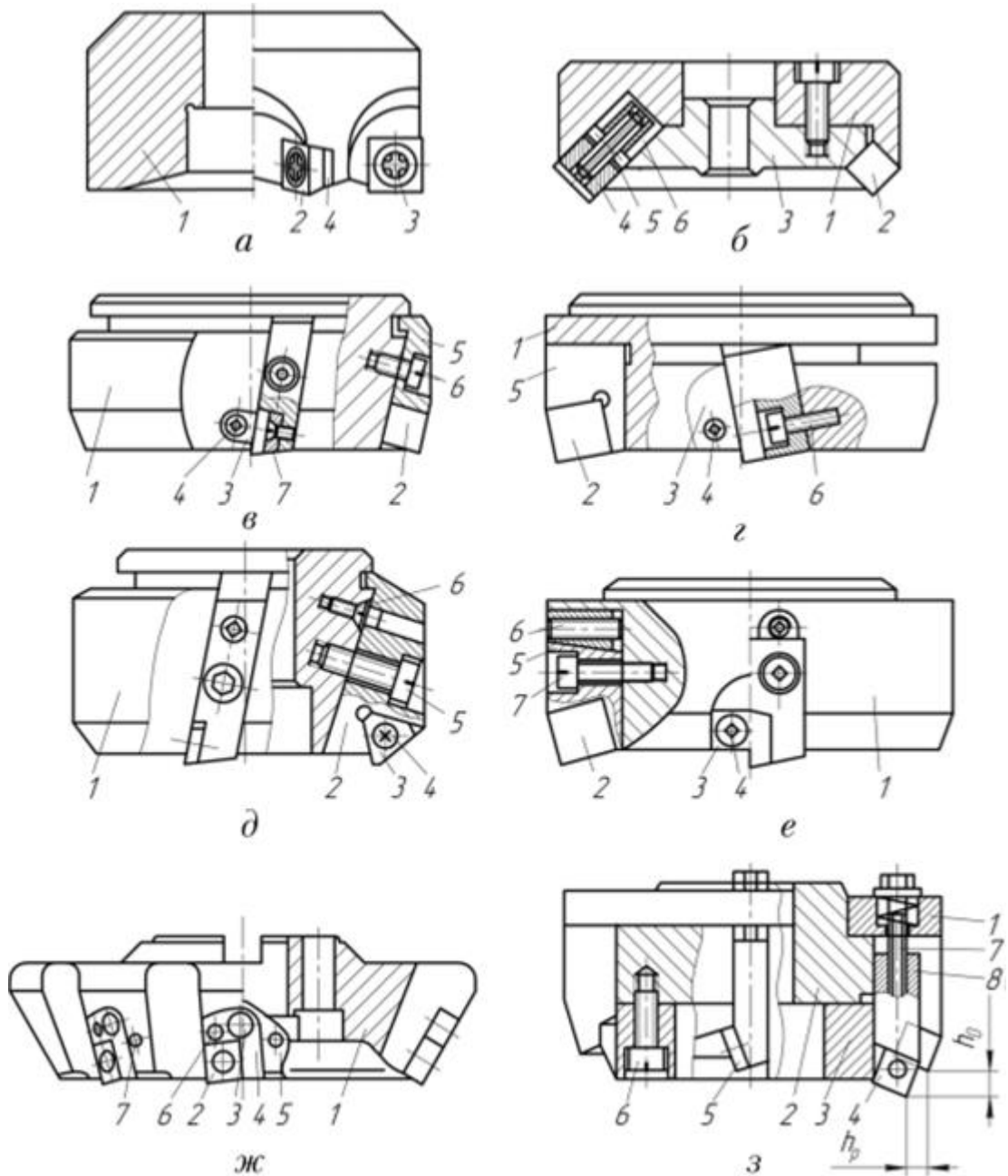


Рисунок 1.26 – Торцеві фрези, оснащені ШМД:

а - з базою під пластини у корпусі фрези; б - з базами під пластини на складових частинах корпусу; в - з вкладишами та двома базами; г - з вкладишами (касетами) та трьома базами у вкладишах; д - з вкладишами, що регулюються гвинтом; е - з вкладишами, регульованими клином; ж - з тангенціальним кріпленням пластин; з - зі ступінчастим розташуванням пластин

Використання вкладок для кріплення пластин показано також на рис. 1.26, на прикладі фрези фірми Widia Kipp (Німеччина). Тут різальні пластини 4 кріпляться у вкладишах 2, що встановлюються в пазах корпусу 1 і гвинтами, що закріплюються 3. Виліт вкладишів уздовж осі заданий точно завдяки тому, що вони упираються в стінку кільцевого паза корпусу, одержуваного точенням на прохід. Різальні пластини 4 спираються на дно гнізда у вкладиші, а радіальному напрямку - на корпус фрези. Кріплення пластин проводиться клином 6 і гвинтом 7. Під різальні пластини встановлюються запобіжні пластини 5, що закріплюються гвинтами. Таким чином, корпус виходить технологічним, а кріплення забезпечує мале биття різальної кромки. Використання вкладок також дозволяє уникати пошкодження дорогого корпусу при поломці пластин і здійснювати їх швидку заміну. У цій конструкції використані вкладиші із двома базами під пластини: по опорній площині та одній грані пластини [4].

Створено також конструкції фрез із базуванням пластин у вкладиші по трьох площинах. Прикладом таких фрез є фрези фірми Sandvik Coromant (Швеція) (рис. 1.26 г). Тут вкладиші (касети) в осьовому напрямку упираються в стінку кільцевого паза і кріпляться в корпусі 1 гвинтом 4. Різальні пластини притискаються 2 клином 6 за допомогою гвинта 5.

При цьому в тому самому корпусі фрези можуть встановлюватися вкладиші з гніздами під різні форми і розміри різальних пластин, у тому числі з різних інструментальних матеріалів, що спрощує ведення інструментального господарства. Такий метод конструювання фрез отримав назву модульно-

касетного. Його особливо вигідно використовувати в умовах гнучкого автоматизованого виробництва, що характеризується швидкою змінністю номенклатури виробів і вимагає особливої мобільності у забезпеченні інструментального оснащення [4].

Для забезпечення високої точності розташування різальної кромки щодо осі обертання фрези створено низку конструкцій фрез з регулюванням в осьовому напрямку положення вкладишів у пазах корпусу за допомогою гвинтів або клинів, внаслідок чого вдається довести биття торця до 0,005 мм. При цьому залежно від діаметра фрези радіальне биття становить 0,05-0,10 мм, що досягається завдяки високій точності виконання корпусів фрез, касет та використання прецизійних пластин. Прикладом таких інструментів може бути фреза фірми Walter (Німеччина), представлена на рис. 1.26, д. Тут вкладиші 6, встановлені в пазах корпусу, кріпляться гвинтами 3. Різальні тригранні пластини 5 кріплять гвинтами 4 через центральні отвори. У разі застосування цих фрез для чистової обробки використовують регулювальний гвинт 2 вісь циліндричної частини якого зміщена щодо осі конічного отвору в корпусі. Завдяки цьому при обертанні гвинта 2 відбувається переміщення вкладиша вздовж паза корпусу і тим самим регулюється положення різальних кромки пластин в осьовому та радіальному напрямках [4].

Простий спосіб регулювання положень вкладишів за допомогою клинів показаний на прикладі фрези фірми Sandvik Coromant (Швеція) (рис. 1.26, е). Тут кріплення пластин 4 здійснюється притисканням клина 3 гвинтом 2, а кріплення вкладиша до корпусу 1 гвинтом 5. Зміщення вкладиша вздовж осі фрези регулюється за допомогою гвинта 7 і клина 6 [4].

Існують два різновиди торцевих фрез, оснащених ЗМІ: з тангенціальним (рис. 1.26, ж) і ступінчастим розташуванням пластин (рис. 1.26, з). Фрези з тангенціальним по відношенню до корпусу розташуванням пластин вперше були запропоновані фірмою Hertel (Німеччина). В результаті такого розташування пластин суттєво збільшується їхня міцність при ударному

навантаженні. При цьому кріплення пластин 5 (див. рис. 1.26 ж) з отвором проводиться гвинтом 4 через вигнутий у вигляді важеля штифт. Для базування пластин 5 використовують вкладиші 2 і 3. Вкладиш 2 фіксують у гнізді корпусу 1 штифтом 6, вкладиш 3, що регулюється в осьовому напрямку, - гвинтом 7. Такі фрези дозволяють значно збільшити подачу, а отже, і продуктивність, але через зменшену довжини різальних кромки вони придатні лише зняття невеликих припусків. Таким же недоліком мають інші раніше наведені конструкції фрез, за винятком фрез, оснащених пластинами у формі паралелограма, найбільша сторона якого виступає в якості головної різальної кромки [4].

Для фрезерування заготовок з великими припусками рекомендуються фрези зі східчастим уздовж осі розташуванням пластин, яке, як показала практика, забезпечує хороший поділ припуску по ширині та безвібраційну роботу інструменту, що особливо важливо для фрез, оснащених твердосплавними пластинами. На рис. 1.26 показана двоступінчаста фреза конструкції ВАТ «ВНДІНСТРУМЕНТ», яка відрізняється тим, що у неї різальні пластини 4 і 7 розташовані на різних рівнях від торця. Пластини спираються на кільце 5 зовнішньої ступінчастої конічної форми, яке кріпиться гвинтами 8 на корпусі 6, має такі ж пази. Таким чином, змінні пластини 4 і 7 виявляються зміщеними в радіальному та осьовому напрямках. Пластини притискаються до пазів в корпусі 6 і кільці 5 за допомогою гвинтів 2, що ввертаються в державки 3У, на які вони встановлюються з посадкою на штифти. Гвинти 2 спираються на кільце напесоване на корпус 6 [4].

1.10 Порівняння зустрічного та попутного фрезерування

Щоразу, коли різальна кромка входить у різання, вона піддається ударному навантаженню. Для успішного виконання фрезерування необхідно забезпечити належний контакт між різальною кромкою та оброблюваним

матеріалом на вході та виході з різання. Під час фрезерування заготовка подається за напрямом обертання фрези або проти нього, що впливає на початок і кінець різання та вибір варіанта фрезерування – попутне чи зустрічне [18].

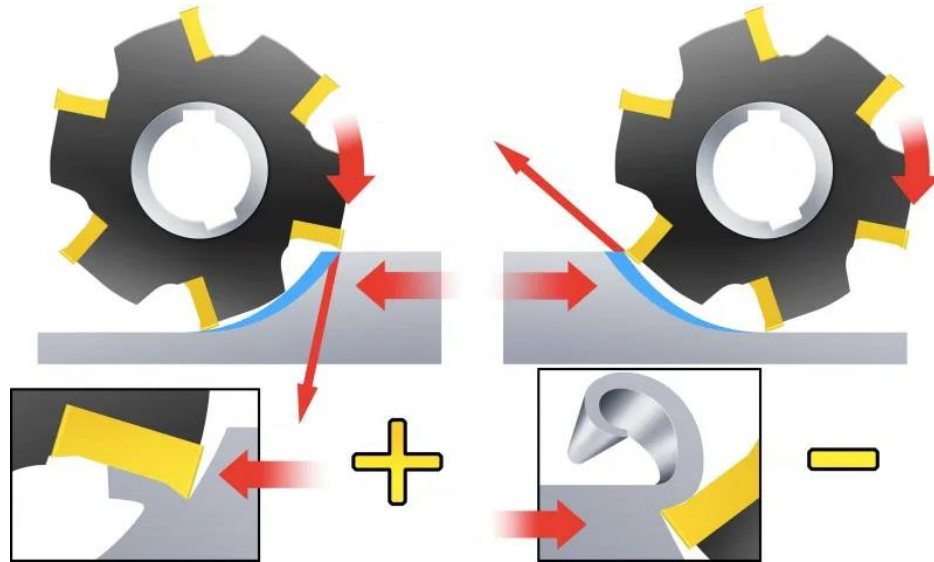


Рисунок 1.27 – Зустрічне та попутне фрезерування
Золоте правило фрезерування – від товстої стружки до тонкої

У процесі фрезерування необхідно постійно стежити за характером стружки, що формується. При цьому необхідно враховувати положення фрези, що впливає на процес формування стружки, і прагнути збільшення товщини стружки на вході і зменшення на виході з різання, що є гарантією стабільного процесу фрезерування [18].

Пам'ятайте золоте правило фрезерування – від товстої стружки до тонкої стружки – і прагнете мінімальної товщини стружки при виході з різання.

Попутне фрезерування

При попутному фрезеруванні (фрезерування по подачі) напрямок подачі заготовки збігається з вектором швидкості різання. Супутнє фрезерування завжди є кращим методом, за умови, що верстат, заготовка та кріплення дозволяють його застосувати.

При попутному фрезеруванні периферією товщина стружки максимальна на вході різання і поступово зменшується, досягаючи нуля на виході з різання. Це дозволяє уникнути затирання різальної кромки і вигладжування поверхні, що обробляється в початковий момент різання [18].

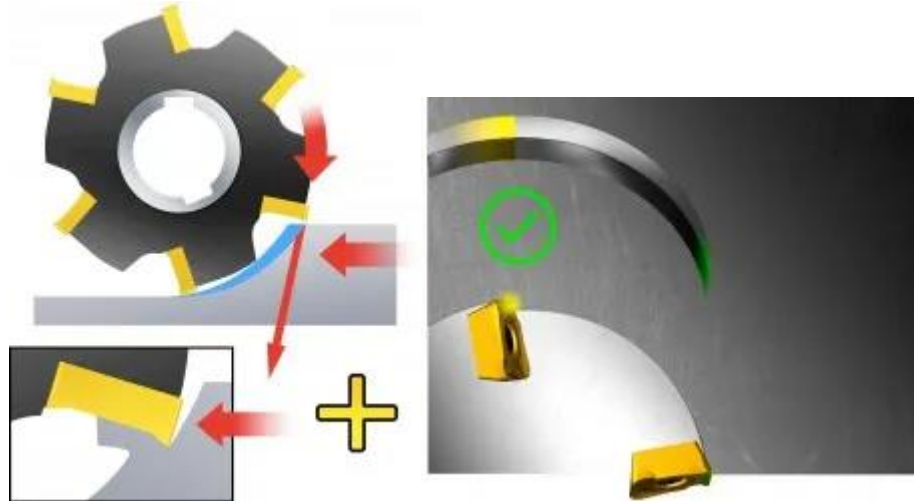


Рисунок 1.28 – Попутне фрезерування, утворення стружки

Велика товщина стружки дає певні переваги. Під дією сил різання фреза притискається до заготовки, завдяки чому різальна кромка знаходиться у постійному контакті з матеріалом.

Однак, оскільки фреза має тенденцію притискати заготовку, верстат повинен забезпечувати безпритульний привід у механізмі подачі столу. Коли фреза втискається в заготовку, подача неавтоматично збільшується, що може спричинити надмірне збільшення товщини стружки та пошкодження різальної кромки. У разі слід розглянути можливість використання зустрічного фрезерування [18].

Зустрічне фрезерування

При зустрічному фрезеруванні (традиційне фрезерування) напрямок подачі заготовки протилежний швидкості різання.

Товщина стружки дорівнює нулю при вході в різання та поступово збільшується до виходу з різання. Різальна кромка повинна втискатися в заготовку, створюючи ефект викочування за рахунок тертя, високої температури і – нерідко – контакту з поверхнево-зміцненою поверхнею, отриманою попередньою кромкою. Усе це негативно впливає стійкість інструмента [18].

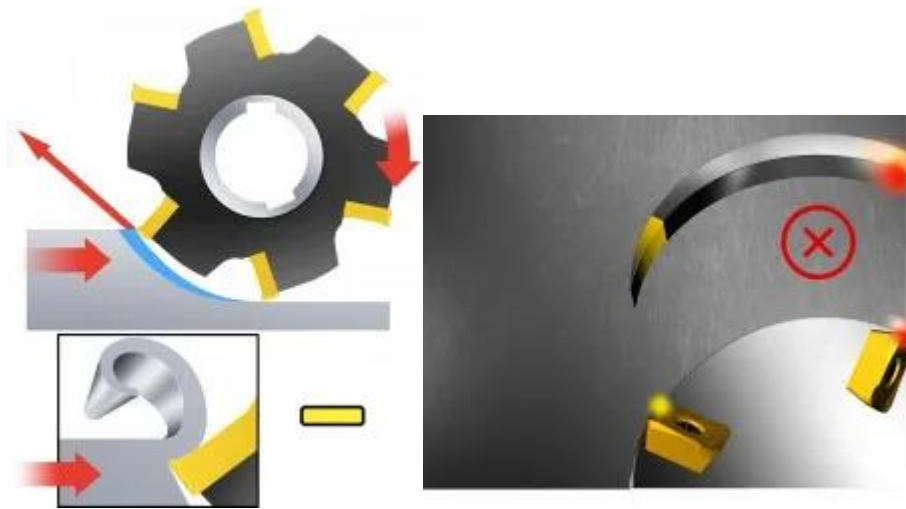


Рисунок 1.29 – Зустрічне фрезерування, утворення стружки [18]

Велика товщина стружки і висока температура на виході з різання можуть викликати високу напругу, що розтягує, які негативно впливають на стійкість інструменту і часто ведуть до швидкої поломки різальних кромки. Крім цього, вони можуть викликати налипання або наварювання стружки на різальну кромку, внаслідок чого вона залишиться на різальній кромці до початку наступного різання та викличе пошкодження кромки.

Під дією сил різання фреза та заготовка віджимаються одна від одної, при цьому радіальні сили прагнуть відірвати заготовку від столу.

Зустрічне фрезерування може дати певні переваги при значних коливаннях припуску обробки. Також рекомендується використовувати зустрічне фрезерування при обробці жароміцних сплавів за допомогою

керамічних пластин, оскільки кераміка чутлива до навантажень, що виникають при врізанні.

Закріплення заготовки

Напрямок подачі інструменту висуває різні вимоги до закріплення заготовки. При зустрічному фрезеруванні затискний пристрій повинен протистояти силам, що відривають заготовку від столу. А при попутному фрезеруванні – силам, що притискають заготовку до столу [18].

1.11 Вибір кроку фрези

При виборі оптимальної ефективної кількості зубів фрези z_c для конкретної операції важливо враховувати крок зубів фрези, тобто відстань між різальними кромками [19].

Правильний вибір кроку фрези має важливе значення, оскільки він впливає на стабільність, продуктивність і споживання потужності.

Кількість зубів z_n



Рисунок 1.30 – Фреза з великою кількістю зубів

При збільшенні кількості різальних кромок збільшується хвилинна подача при збереженні швидкості різання та подачі на зуб на тому ж рівні без зайвого нагріву різальної кромки [19].

Однак збільшення кількості зубів впливає на конструкцію фрези. Зменшення відстані між пластинами означає обмеження простору для евакуації стружки. Найчастіше цим визначається необхідність виготовлення фрез з рівномірним кроком зубів.

Нерідко фактором, що обмежує можливу кількість зубів, що одночасно беруть участь у процесі різання, є вимоги до потужності.

Нерівномірний крок



Рисунок 1.31 – Фреза з нерівномірним кроком

Фрези з нерівномірним кроком характеризуються різною відстанню між зубами по всьому колу фрези. Такі фрези мають певні переваги, оскільки вони обмежують гармонійні коливання, що у свою чергу сприяє підвищенню стабільності та зниженню ризику виникнення вібрації. Це особливо варте уваги при фрезеруванні з великою шириною контакту a_e та великим вильотом.



Нормальний крок
Нерівномірний крок
Рисунок 1.32 [19]

Великий, нормальний та дрібний крок

Як правило, розрізняють три варіанти кроку зубів фрези, які вибираються в залежності від умов застосування: великий, нормальний та дрібний.

Фрези з частішим розташуванням зубів використовуються в умовах хорошої стабільності при низькому значенні a_e . Це гарантує, що в процесі різання завжди братиме участь більше одного зуба.



Рисунок 1.33 – Основні розміри фрез

Фрези з великим кроком -L

Фрези з нерівномірним кроком та невеликою кількістю зубів.

- Перший вибір для обробки в нестабільних умовах завдяки мінімальним силам різання

- Обмежена потужність

- Розширений асортимент інструментального оснащення

- Фрезерування в повний паз

- Матеріали, що дають довгу стружку, групи ISO N (велика кишеня для стружки)

Фрези з нормальним кроком -M

Фрези з рівномірним або нерівномірним кроком та середньою кількістю зубів.

- Перший вибір для чорнової обробки у стабільних умовах

- Хороша продуктивність

- Достатній простір для відведення стружки при чорновій обробці матеріалів ISO P, M та S

Фрези з дрібним кроком -Н

Фрези з рівномірним кроком та максимальною кількістю зубів.

- Перший вибір для збільшення продуктивності при низьких значеннях a_e – у процесі різання завжди бере участь більше одного зуба

- Чорнова та чистова обробка матеріалів ISO K

- Чорнова обробка матеріалів ISO S із використанням круглих пластин

Літера «Х», додана до коду, позначає виконання фрези з ще дрібнішим кроком зубів, ніж у звичайному виконанні з дрібним кроком.



Рисунок 1.34 – Позначення кроку фрез[19]

2 Проектний розрахунок торцевої фрези

2.1 Вибір та обґрунтування матеріалу інструмента

Матеріал різальної частини інструменту перебуває у взаємодії з оброблюваним матеріалом і впливає на процес різання та продуктивність обробки.

У зв'язку з цим до матеріалу різальної частини інструменту пред'являються такі вимоги:

- висока зносостійкість, тобто здатність чинити опір зносу;
- малочутливість до циклічних коливань температури;
- стійкість до появи втомних тріщин;
- висока теплопровідність, тобто. здатність відводити теплоту із зони різання, що знижує температуру різальної кромки;
- хороша технологічність;
- економічна доцільність.

Перелічені вимоги взаємно суперечливі: якщо підвищується твердість, знижується міцність, висока міцність призводить до погіршення оброблюваності та інших технологічних властивостей.

В даний час при виготовленні різального інструменту для обробки металів різанням застосовуються чотири основні групи інструментальних матеріалів:

- інструментальні сталі;
- тверді метали;
- різальна кераміка;
- надтверді матеріали.

Відповідно з матеріалом що оброблюється та способом обробки деталі згідно з параметрами інструменту та матеріалів виготовлення інструменту для обробки алюмінію твердістю до HB90 обираємо твердий справ BK10, [5].

Твердий сплав ВК10 використовують для наступних видів металообробки:

1. Напівчисте точіння вуглецевих та легованих сталей;
2. Чистове точіння;
3. Нарізання різьби токарними різцями;
4. Напівчисте і чистове фрезерування суцільних поверхонь

Швидкість різання для твердих сплавів може збільшити в 2-10 разів в порівнянні з використанням різального інструменту з швидкорізальної сталі.

Одним із найпоширенішим методів отримання пластини із твердого сплаву – спікання спресованої суміші тугоплавких металів, таких як вольфрам, титан, тантал та ін.

В залежності від складу пластини із твердого сплаву розділяються на три основні групи:

1. Вольфрамові (ВК);
2. Титано-вольфрамові (ТК);
3. Титано-тантало-вольфрамові (ТТК).

Сплав Н13А який ми обрали для виготовлення різальної пластини використовується для обробки алюмінію, напівчистої та чистої обробки при нерівномірному перетині зрізу та перервному різанні, характеристика фізико-хімічних властивостей Н13А ISO 513-75 наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні властивості Н13А

Сплав	Склад сплаву, %				Характеристика фізико-механічних властивостей		
	WC	TiC	TaC	Co	Межа міцності при згині σ_i , МПа (не менше)	Густина, $\times 10^{-3}$ кг/м ³ (г/см ³)	НРА (не менше)
Н13А	79	15	-	6	1176	11,1-11,6	90

Для виготовлення корпусу фрези скористаємось відносно недорогим і міцним матеріалом: конструкційна якісна вуглецева Сталь 45 ГОСТ 1050-88, хімічний склад якої наведені в таблиці 2.2. Дану сталь використовують при

виробництві: Цільнокатані колеса вагонів, валки робочі листових станів для гарячої прокатки металів, шпинделі, бандажі, диски зчеплення, пружинні кільця амортизаторів, замкові шайби, регулювальні шайби, регулювальні прокладки та інші деталі, до яких пред'являються вимоги високої міцності та пред'явлення вимог високої міцності. Механічні властивості сталі наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталі 60 за аналізом ківшової проби, %

C	Si	Mn	S	P	Cr
0,57 - 0,65	0,17 - 0,37	0,50 - 0,80	<0,040	<0,035	≤0,25

Таблиця 2.3 – Механічні властивості сталі 60 після нормалізації

Мінімальна межа текучості, МПа	Мінімальний тимчасовий опір, МПа	Мінімальне відносне подовження, %	Мінімальне відносне звуження, %
400	680	12	35

2.2 Аналіз геометричних параметрів фрези

Для того щоб перетворити, обмежене інструментальної поверхнею, на робочій інструмент необхідно створити задовільні геометричні параметри на його різальній частині відповідно до умов праці. Задовільні значення геометричних параметрів – це такі значення інструменту які можуть забезпечити максимальну стабільність при певних режимах обробки.

З багатьох досліджень видно, що передній кут багато в чому залежить від характеру заготовки та матеріалу інструменту. Зі збільшенням міцності та твердості заготовки оптимальний передній кут буде зменшуватись, а міцність матеріалу інструменту – збільшуватиметься.

При обробці алюмінію, $\sigma_b = 210$ МПа, орієнтовно передній кут приймається $\gamma_m = 25^\circ$ [8 табл. 9.8]. Кут α – важливий елемент конструкції інструменту. Він використовується для зменшення тертя між тильною стороною інструменту та різальною поверхнею. Надмірне збільшення заднього кута призведе до зниження продуктивності, тепловіддачі та зменшення міцності різальних частин.

Оптимально кут α збільшується зі зменшенням товщини зрізу. При обробці твердих матеріалів з високою міцністю значення задніх кутів зменшується, а при обробці м'яких сплавів – збільшується. Для обробки алюмінію задній кут приймається $\alpha = 12-18^\circ$ [6]. Менші значення вибираються для чорнових, більші - для чистових операцій. Для обробки алюмінію приймаємо задній кут $\alpha_N = 13^\circ$ [8].

Кут нахилу λ впливає на процес формування стружки, коефіцієнт проєкції сили різання, рівномірності процесу різання та напрямок видалення стружки. Для різних інструментів рекомендоване значення кута нахилу різальної кромки λ знаходиться в межах від 0° до $45^\circ-60^\circ$. Для торцевих фрез рекомендований кут нахилу різальної кромки $\lambda = 30^\circ-45^\circ$ [8], оскільки кожен зуб поступово входить і поступово залишає контакт із заготовкою, що сприяє більш рівномірному фрезеруванню.

2.3 Проектування торцевої фрези

Завдання: спроектувати торцеву фрезу із вставними ножами, оснащеними твердим сплавом, для обробки площин та виконати її робоче креслення.

Вихідні дані наведені у таблиці 2.4:

Таблиця 2.4 – Дані для проектування

Розміри заготовки		Припуск h, мм	Параметр шорсткості, мкм	Матеріал, що обробляється		
L, мм	B, мм			марка	Міцність σ_B , МПа	Твердість НВ
111	66	4	Ra 2,5	AK12M2	210	70

1. Визначити номінальний зовнішній діаметр фрези D (діаметр вершини зубів) та діаметр посадкового отвору d .

Зовнішній діаметр фрези $D = (1,2 \dots 1,5) \cdot B$,

де B - ширина оброблюваної поверхні, мм.

$$D = 1,2 \cdot 66 = 79,2 \text{ мм.}$$

Отримане значення зовнішнього діаметра D округлюємо до найближчого зі стандартного ряду по ГОСТ 26595-85, діаметр d посадочного місця вибираємо за довідника.

Приймаємо: $D = 80$ мм; $d = 27$ мм; число зубів $Z = 10$.

2. Встановити число зубів Z за такою формулою:

$$Z = K_Z \cdot D$$

де $K_Z = 0,04 \dots 0,06$ – для обробки алюмінію, $K_Z = 0,05$.

$$Z = 0,06 \cdot 80 \approx 6.$$

Приймаємо табличне значення $Z = 10$.

3. Вибране число зубів Z перевірити за умовою рівномірності фрезерування (симетричного):

$$Z = 360 \cdot \frac{\xi}{\psi}$$

де $\xi \geq 2$ - коефіцієнт рівномірності фрезерування – 2;

ψ - Кут контакту фрези із заготовлею.

$$\psi = 2 \arcsin \frac{\frac{B}{2}}{\frac{D}{2}},$$

$$\psi = 2 \cdot \arcsin \frac{\frac{66}{2}}{\frac{80}{2}} = 111$$

$$Z = \frac{360 \cdot 3}{111} = 9,73 \approx 10$$

1. Вибрати марку твердого сплаву пластини, подачу на зуб S_z та швидкість різання V .

Вибираємо марку твердого сплаву пластини – ВК10;

Подання на зуб $S_z = 0,16$ мм/зуб;

Швидкість різання [8, с.352, табл.9.12] $V = 300$ м/мин.

2. Визначити потужність різання, частоту обертання шпинделя верстата та хвилинну подачу.

4.1 Ефективна потужність різання, кВт,

$$N_{\text{э}} = E \cdot V \cdot t \cdot Z \cdot \frac{K_M}{1000}$$

де E – величина, що враховує вплив подачі та співвідношення $D/B = 1,4$;

t - глибина різання (припуск на обробку);

K_M - Коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу - 1,3.

$$N_{\text{э}} = \frac{1,4 \cdot 300 \cdot 2,5 \cdot 10 \cdot 1,3}{1000} = 13,65 \text{ кВт.}$$

Потужність приводу головного руху фрезерного верстата

$$N_p = \frac{1,15 \cdot N_{\text{э}}}{K \cdot \eta},$$

де $K = 1,3 \dots 1,5$ - коефіцієнт, що допускає короточасне навантаження верстата;

η - ККД верстата-0,75.

$$N_p = \frac{1,15 \cdot 13,65}{1,4 \cdot 0,75} = 14,95 \text{ кВт.}$$

4.2 Визначити фактичну кількість обертів (частоту обертання) шпинделя, хв-1: n_Φ

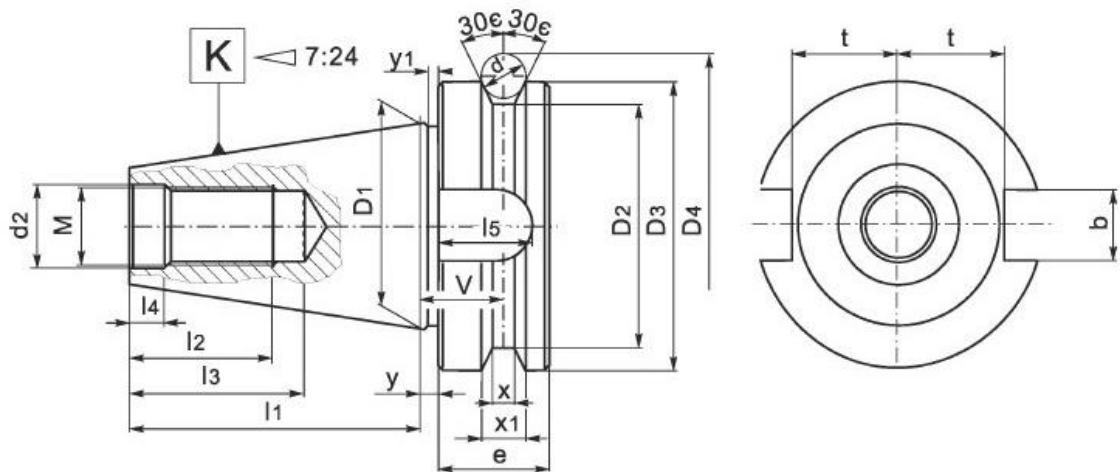
$$n_\Phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 300}{3,14 \cdot 80} = 1194,3 \text{ об/мин}^{-1}.$$

4.3 Розрахувати фактичну хвилину подачу $S_{\text{мин}}$:

$$S_{\text{мин}} = S_Z \cdot Z \cdot n_\Phi = 0,16 \cdot 10 \cdot 1194,3 = 1910 \text{ мм/мин.}$$

5. Вибрати модель фрезерного верстата в залежності від N_p і встановити номер конуса його шпинделя (7:24).

Вибираємо модель фрезерного верстата - вертикально фрезерний верстат HAAS VF-3 $N_{\text{ст}} = 22,4$ кВт з номером конуса шпинделя BT-40 (7:24).



$K_{7:24}$	D_1	D_2	D_3	D_4	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	b_{H12}
30	31,75	38	46	56,1	48,4	24	34	7	17	16,1
40	44,45	53	63	75,6	65,4	30	43	9	21	16,1
50	69,85	85	100	119,0	101,8	45	62	13	31	25,7

$K_{7:24}$	t	d	d_{2H7}	M	e	v	x	x_1	y	y_1
30	16,3	8	12,5	M12	20	13,6	4	8	2	2
40	22,6	10	17,0	M16	25	16,6	5	10	2	2
50	35,4	15	25,0	M24	35	23,2	7	15	3	3

Рисунок 2.1 – Хвостовик з конусом 7:24

Порівняти розрахункові значення N_p, n_Φ з характеристиками верстата $n_{ст}, n_{max}$.

$$N_p \leq N_{ст}; n_\Phi \leq n_{max}$$

$$14,95 \leq 22,4; 1910 \leq 12000$$

6. Вибрати залежно від оброблюваного матеріалу рекомендовані значення головного кута $\varphi_{табл}$ у плані та допоміжного кута $\varphi_{1 табл}$ у плані у таблиці 2.5:

Таблиця 2.5 – Рекомендовані параметри головних кутів для торцевих фрез з твердосплавними пластинами

Матеріал, що обробляється	α^0 и α_1^0		λ^0	φ^0	φ_1^0	γ^0	
	$S_Z \leq 0,25$	$S_Z > 0,25$					
Алюміній	$\sigma_B = 210$ МПа	12-16	6-8	0	45-90	5	8

Приймаємо головний кут у плані $\varphi_{\text{табл}} = 90^\circ$, допоміжний кут у плані $\varphi_{1 \text{ табл}} = 5^\circ$.

7. Визначити кількість граней пластини:

$$n = \frac{360}{\varphi_{\text{табл}} + \varphi_{1 \text{ табл}}} = \frac{360}{(90 + 5)} = 3,78.$$

У торцевій фрезі загального призначення $n = 4 - 6$.

Для прийнятої кількості граней $n = 4$ визначаємо кут при вершині пластини:

$$\varepsilon = \frac{180 \cdot (n - 2)}{n} = \frac{180 \cdot (4 - 2)}{4} = 90^\circ,$$

і встановлюємо остаточне значення кута у плані:

$$\varphi = 180^\circ - \varepsilon - \varphi_{1 \text{ табл}} = 180 - 90 - 5 = 85^\circ.$$

8. Вибрати форму та розміри твердосплавної пластини в залежності від числа граней n , глибини різання t та кутів, а також вказати її позначення.

Вибираємо марку твердого сплаву – за ISO H13A.

Вибираємо форму та розміри твердосплавної пластини – за ISO.

Вибираємо позначення твердосплавної пластини – за ISO.

Вибираємо [21] пластину чотиригранну форми класу допуску L з отвором для торцевих фрез, з довжиною кромки різальної BS = 1,5 мм, товщиною пластини S = 3,59 мм і радіусом при вершині RE=0,8 мм, зі сплаву H13A.

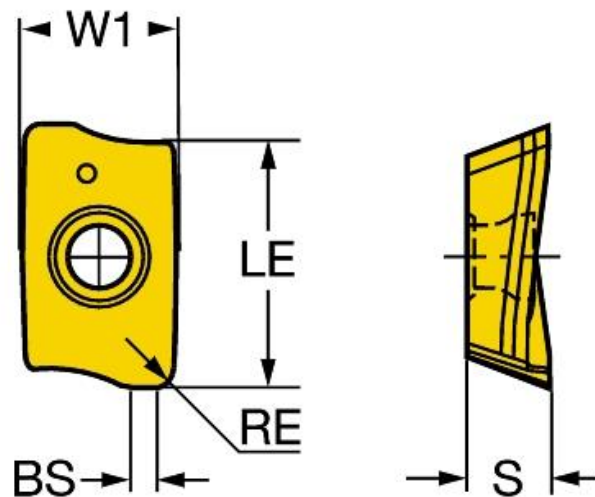


Рисунок 2.2 – Пластина

8.1 Форма пластини – пластина чотирихгранної форми з отвором для торцевих фрез.

Таблиця 2.6 – Характеристики пластини

Класифікація матеріалу, рівень 1(TMC1ISO)	N (алюмінієві сплави твердістю до 90HB)
Тип операції (СТРТ)	Light
Тип кріплення пластини (IFS)	3
Діаметр отвору під гвинт(D1)	2,8 мм
Розмір та форма пластини (CUTINTSIZESHAPE)	CoroMill 390-11T3
Число різальних кромок (CEDC)	2
Ширина пластини (W1)	6,8 мм
Форма пластини (SC)	L
Ефективна довжина різальної кромки (LE)	10 мм
Мах глибина різання (APMX)	10 мм
Довжина кромки Wiper(BS)	1,5 мм
Радіус при вершині (RE)	0,8 мм
Кут між головною різальною кромкою та wiper(KRINS)	90 deg
Виконання (HAND)	R
Сплав(GRADE)	H13A
Основа сплаву (SUBSTRATE)	HW
Товщина пластини (S)	3,59 мм
Маса елемента (WT)	2 г

8.2 Стандартні квадратні пластини виготовляються з кутом $\alpha = 4$ и $\gamma = 0; 20^\circ$.

Для досягнення виконання двох умов – рівностей допускається відхилення кутів α, α_1, γ , на $\pm 2^\circ$ на $\pm 5^\circ$ а кута від рекомендованих значень $\alpha = 12 - 16^\circ, \alpha_1 = 12 - 16^\circ, \lambda = 12 - 15^\circ, \gamma = -5 - 5$.

Приймаємо ($\alpha = 15^\circ, \alpha_1 = 15^\circ, \lambda = 0^\circ, \gamma = 8^\circ$).

$$\alpha_{\text{н}} + \gamma_{\text{н}} \cong \alpha + \gamma;$$

$$4 + 20 \cong 15 + 8;$$

$$24 \cong 24;$$

$$\alpha_1 + \alpha_{\text{н}} \cong \frac{\lambda}{\cos(\varepsilon - 90^\circ)};$$

$$15 - 4 \cong \frac{8}{\cos(90^\circ - 90^\circ)};$$

$$11 \cong 8.$$

8.3 Клас допуску пластини встановлюємо по [8, с. 127, табл. 4.13] У чи 1.

8.4 Конструктивні особливості [8, с.130 табл. 4.13] – наявність стружколомаючих канавок та отвори – код 3.

8.5 Довжина різальної кромки – 9,525 мм [8, с. 138, табл. 4.13].

8.6 Товщина пластини S – 3,18 мм [8, с. 138, табл. 4.15].

8.7 Радіус при вершині r – 0,4 мм [8, с. 138, табл. 4.15].

9. Визначити кутові параметри опорної площини пластини у корпусі фрези:

- кути нахилу опорної пластини в нормальній та головній січній площинах:

$$\mu_{\text{н}} = \alpha_{\text{н}} - \arctg\left(\frac{\text{tg}\alpha}{\cos\lambda}\right) = 4 - \arctg\left(\frac{\text{tg}15}{\cos 0}\right) \approx -70^\circ;$$

$$\text{tg}\mu = \left(\frac{\text{tg}\mu_{\text{н}}}{\cos\lambda}\right) = \left(\frac{\text{tg}(-70)}{\cos 1}\right) = -2,75;$$

- осьовий та торцевий кути опорної площини:

$$\text{tg}\mu_x = \text{tg}\mu \cdot \cos\varphi - \text{tg}\lambda \cdot \sin\varphi = -2,75 \cdot 0,087 - 0 \cdot 0,99 = -0,24;$$

$$\text{tg}\mu_t = \text{tg}\mu \cdot \sin\varphi - \text{tg}\lambda \cdot \cos\varphi = -2,75 \cdot 0,99 - 0 \cdot 0,087 = -2,72;$$

- Кут нахилу опорної площини ω :

$$\text{tg}\omega = \text{tg}\mu_x - \cos\mu_t = -0,24 - 0,34 = -0,08.$$

10. Розрахувати передній куту:

$$\text{tg}\gamma = \frac{\text{tg}(\mu_{\text{н}} + \gamma_{\text{н}})}{\cos\lambda} = \frac{\text{tg}(-70 + 20)}{\cos 0} = 1,19.$$

11. Розрахувати допоміжний задній кут α_1 :

- інструментальний головний та допоміжний та кути в плані, необхідні для виготовлення гнізда під пластину в опорній площині: $\varphi_{1И}$

$$\sin\varphi_{1И} = \frac{\sin\varphi \cdot \cos\lambda}{\cos\omega};$$

$$\sin\varphi_{1И} = \frac{\sin 85 \cdot \cos 0}{\cos \omega} = \frac{0,99 \cdot 1}{0,72} = 1,375;$$

$$\varphi_{1И} = 180^\circ - \varphi_{И} - \varepsilon = 180 - 85 - 90 = 5^\circ;$$

- Точне значення допоміжного кута в плані φ_1 :

$$\operatorname{tg}\varphi_{1И} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_{1И} \cdot \cos\omega}{\cos\mu_t} = \frac{\operatorname{tg} 5 \cdot 0,95}{1} = 0,083;$$

- Кут нахилу допоміжної різальної кромки λ_1 :

$$\operatorname{tg}\lambda_1 = \operatorname{tg}\mu_x \cdot \sin\varphi_1 - \operatorname{tg}\mu_t \cdot \cos\varphi_1;$$

$$\operatorname{tg}\lambda_1 = -0,24 \cdot \sin 5 - (-2,72) \cdot \cos 5 = 2,6;$$

- Допоміжний задній кут α_1 :

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \cos\lambda_1 \cdot \operatorname{tg}\{\alpha_{И} - \arctg[(\operatorname{tg}\mu_x \cdot \cos\varphi_1 - \operatorname{tg}\mu_t \cdot \sin\varphi_1) \cdot \cos\lambda_1]\};$$

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = 0,997 \cdot \operatorname{tg}\{0 - \arctg[(-0,331 \cdot \cos 5 - (-0,101 \cdot \sin 5)) \cdot 0,997]\}$$

$$= 0,997 \operatorname{tg}\{0 - \arctg[(-0,331 \cdot 0,996 - (-0,101 \cdot 0,087)) \cdot 0,997]\} = 0,318.$$

Порівнюємо обчислені значення з табличними, що рекомендуються: γ и α_1

Таблиця 2.6

кут	Табличне значення	Розрахункове значення
γ	8°	5°
α_1	15°	17°

12. Розробляємо конструкцію кріплення пластини у корпусі фрези.

13. Визначити усунення опорної поверхні S державки (касети) у корпусі фрези:

$$S = E + E_1 = -10 + 23,5 = 13,5.$$

$$deE = 0,5D \cdot \sin\mu_t = 0,5 \cdot 200 \cdot (-0,1) = -10;$$

$E_1 = H = 23,5$ – при вертикальному розташуванні державки;

H - відстань від опорної поверхні державки до вершини різального елемента;

L - виліт державки.

14. Вибрати спосіб кріплення фрези на верстаті шпинделя.

Приєднувальні розміри фрез, що закріплюються на фрезерних оправках, а також на кінцях шпинделів вибираємо [8, с. 244, табл. 88, 89].

Фрези $D \leq 200$ мм, основні розміри корпусів яких, наведені в таблиці 4, закріплюються на шпинделі за допомогою кінцевих оправок з конусністю хвостовиком 7:24 для насадних торцевих фрез.

Таблиця 2.7

$D(J_S16)$	$D(H7)$	$d1$	$d3$	$B(H11)$	$l1$	$H(\pm 0,15)$
80	27	13,5	49	50	22	50

Матеріал: Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Торцевий паз виконаний згідно з ГОСТ 9472-70. Розміри конусів 7:24 наведено в [8, с. 191, табл. 6.23], розміри конусів оправок та центрального отвору для них – у [8, с. 186, табл. 6.17, с. 192, табл. 6.25].

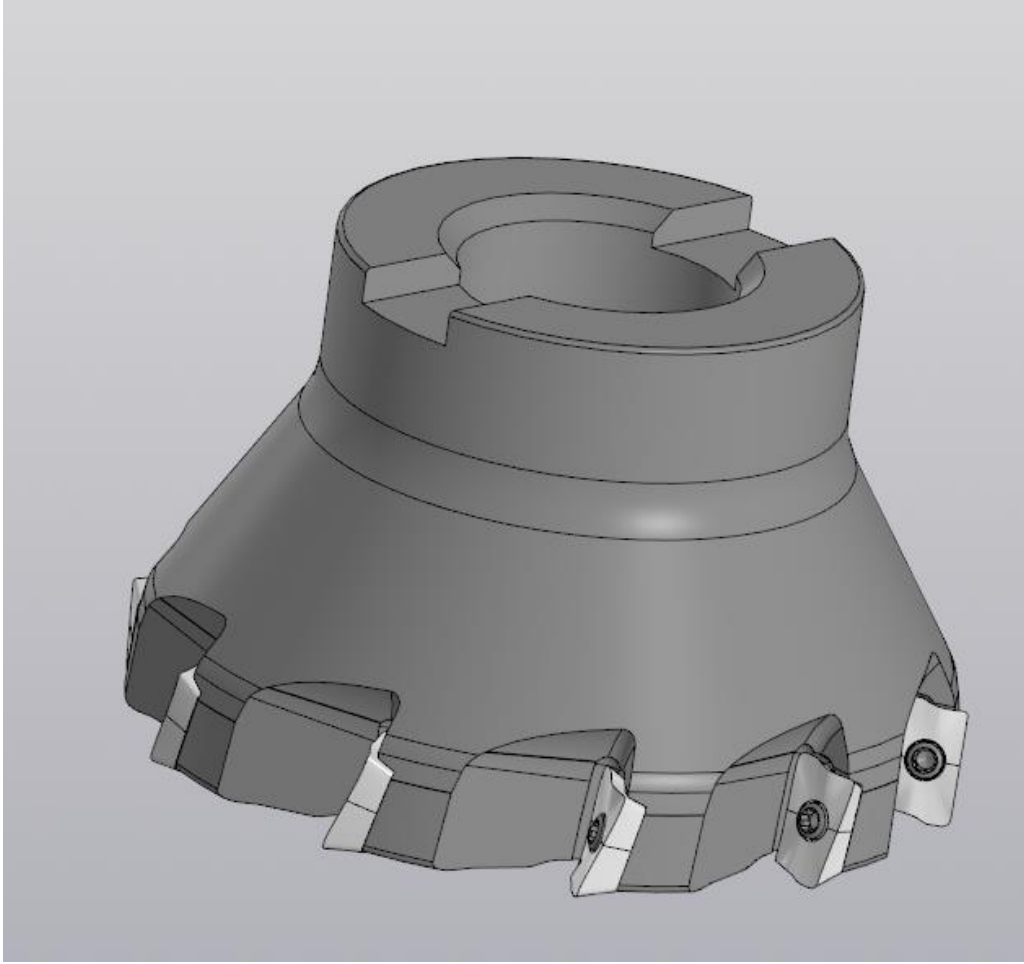


Рисунок 2.3 – 3D вигляд розробленої торцевої фрези

2.4 Визначення установчих параметрів для проектування паза під пластину

Визначимо графічно поздовжні та поперечні передні кути на головній різальній кромці зуба фрези. Відомими будемо вважати передній у і задній а кути, вимірювані в головній січній площині, кут нахилу різальної кромки Я, кут у плані.

Згідно з заданими геометричними параметрами, зображуємо різальну частину зуба (рис. 2.4).

Передні у і задні а кути в дійсну величину проектуються на площину Σ , яка проходить перпендикулярно проекції різальної кромки на основну площину Н. Кут нахилу різальної кромки Я проектується в дійсну величину на площину Q, яка паралельна різальній кромці і перпендикулярна основній площині Н.

Кут у плані в дійсну величину проектується на основну площину Н.

Визначення кутів нахилу паза в січних площинах, з урахуванням кутів пластини

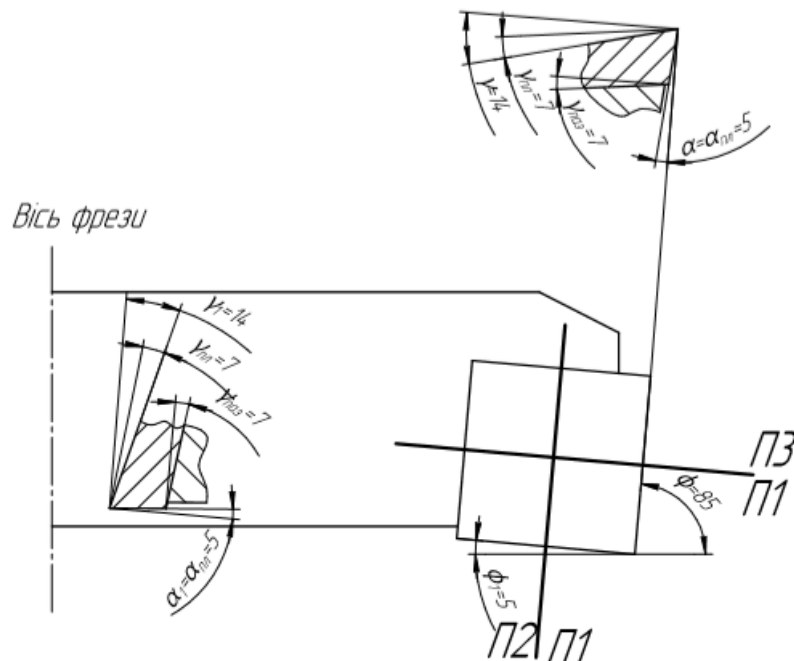


Рисунок 2.4а – визначення кутів нахилу паза в січних площинах

Через точку 5, розташовану на задній площині, проведено також поперечний переріз II-II, який проходить паралельно площині проєкцій W, У системі площин проєкції HIQ міститься точка К (її проєкції к та кш), в якій різальна кромка перетинається з перерізом II-II. Таким чином, знаходиться пряма KB9 яка є лінією перетину перерізу II-II і задньої площини зуба фрези. Проєкція лінії KB на площину W визначається за правилом заміни площин проєкцій. В проєкції на площину W положення лінії Лп визначає величину поперечного переднього кута $u_{\text{попер}}$.

3 Технологія виготовлення торцевої фрези збірної

3.1 Технологія виготовлення корпусу торцевої фрези

Частина виробничого процесу, що включає дії по зміні і подальшому визначенню стану виробничого об'єкта, називається технологічним процесом. Різальний інструмент виготовляють шляхом поступової зміни форми заготовок під час їх обробки на різних металорізальних верстатах.

Технологічний процес складання — частина виробничого процесу, безпосередньо пов'язана з послідовним з'єднанням деталей у складальні одиниці (проміжне складання), з'єднанням складальних одиниць і окремих деталей у готовий виріб (загальне складання). Отже, технологічний процес — це сукупність дій, що здійснюються над заготовкою для перетворення її в готовий виріб з метою надання виробу розмірів, форми і механічних властивостей згідно з робочим кресленням і технічними умовами [9.с. 5-6].

Технологія виготовлення металорізального інструменту має особливості, пов'язані з використанням дорогих і дефіцитних інструментальних матеріалів, з обробкою заготовок високої твердості і міцності, з обробкою складних поверхонь, з високими вимогами до точності розмірів, геометричної форми і поверхні. шорсткість, з особливо високими вимогами до фізико-механічних властивостей матеріалу готового металорізального інструменту [9.с. 5].

ГОСТ 26595-85 встановлює технічні вимоги до виробництва фрез кінцевих вузлів.

3.2 Базовий технологічний процес виготовлення торцевої фрези збірної

Базовий технологічний процес виготовлення корпусу збірної торцевої фрези [10.с 45-48], (табл. 3.1) складається з наступних основних операцій:

Таблиця 3.1 - Базовий технологічний процес виготовлення інструменту

№	Назва операції	Обладнання. Пристосування. Інструмент
005	Заготівельна	Відрізний верстат. Лещата верстатні. Пилка дискова
010	Токарно-револьверна	Револьверний верстат 1П365 Трикулачковий патрон. Різець підрізний. Свердла спіральні; зенкер, різці прохідний відігнутий, канавочний, розточний, фасонний; розвертканасадна, оправка, калібр
015	Токарна	Токарно фрезерний верстат з ЧПК НААС ST-280 Трикулачковий патрон. Різець відігнутий
020	Токарна	Токарний верстат 1К62. Оправка. Різець прохідний відігнутий; різець фасонний
025	Фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6К82. Дискова тристороння фреза
030	Розміточна	Призма
035	Фрезерна	Універсально-фрезерувальний верстат 6В-1М. Автоматизована ділильна головка. Фреза пазова.
040	Фрезерна	Універсально-фрезерний верстат 6К12. Автоматизована ділильна головка. Фреза дискова тристороння.
045	Фрезерна	Універсально-фрезерний верстат 6К12. Автоматизована ділильна головка. Фреза дискова радіусна.
050	Протягувальна	Протяжний верстат 7В1. Пристосування. Протяжка з рифленням. Спеціальний калібр
055	Клеймувальна	Прес, клеймо
060	Термообробка	
065	Внутрішньо-шліфувальна	Внутрішньо-шліфувальний верстат 3А227. Трикулачковий патрон. Шліфувальні круги. Калібр.

070	Складальна	Верстат. Прес
075	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3У131М. Оправка, шліфувальний круг.
080	Заточна	Універсаль-загострювальний верстат MF256А. Центрові бабки, упор. Шліфувальний круг
085	Заточна	Універсально-загострювальний верстат MF256А. Поворотна головка, упор, оправка. Шліфувальний круг.
090	Заточна	Універсально-загострювальний верстат MF256А. Поворотна головка, упор, оправка. Шліфувальний круг

3.3 Аналіз базового технологічного процесу

Аналізуючи базовий технологічний процес можемо спостерігати що він містить застарілі станки, які і не використовуються більш прогресивні станки з ЧПК, також даний процес розрахований на масове виробництво, тому він нам не підходить в плані економії коштів та часу.

Даний технологічний процес буде змінено на більш сучасний та прогресивний, з використанням обробляючих токарно-фрезерних центрів імпортного виробництва.

Використання сучасного обладнання допоможе досягнути більш точного виготовлення інструменту за рахунок використання однієї бази для багатьох операцій, також це значно зекономить час та гроші які тратились на зміну інструменту та установку заготовки на інший верстат.

3.4 Вибір методу отримання заготовки

Основою кожного технологічного процесу є встановлення методу отримання заготовки з якої буде виготовлятися та чи інша деталь. Для виготовлення корпусу фрези ця операція також присутня, тому виготовлення її розпочнемо з вибору оптимальної заготовки.

Під вибором заготовки розуміють: вибір способу виготовлення (лиття, штампування, зварювання, прокатка), розрахунок або вибір з таблиць припусків на механічну обробку всіх поверхонь, уточнення допусків на виготовлення заготовки, визначення технологічних припусків (ухили, радіуси заокруглення та ін.), а також виконання креслення заготовок за стандартом ЕСКД.

На вибір заготовки впливають: матеріал інструменту, вид виробництва, технічні вимоги до виготовлення інструменту, конфігурація інструменту, габаритні розміри. Відповідно до вимог креслення та в результаті аналізу конструкції торцевої фрези приходимо до висновку про можливість використання заготовки, отриманої шляхом прокатки круглого перерізу з прутка гарячого типу, сталевий прокат.

Вибір методу одержання заготівлі проводиться за такими параметрами:

а) за коефіцієнтом використання матеріалу:

$$K = \frac{q_{дет}}{Q_{заг}}$$

де $q_{дет}$ - маса деталі

$Q_{заг}$ - Маса заготівлі;

б) за вартістю заготівлі S.

Загальні вихідні дані:

матеріал деталі сталь 45 ГОСТ 1050-88,

маса деталі $q_{дет} = 0,921$ кг (взято по прототипу R390-080Q27-11H)

Оскільки заготовка сталева, можна виділити основні методи отримання заготовки:

- 1) Прокат;
- 2) Штампування на ГКМ;
- 3) Лиття.

Проте, лиття на розгляд не береться, так як матеріал виробу - Сталь 45 має погані ливарні властивості.

- 1) Прокат.

Беремо пруток $\varnothing 85$ мм.

$$Q_{\text{заг}} = \frac{\pi}{4} \cdot l \cdot D^2 \cdot \rho$$

де $Q_{\text{заг}}$ - Маса заготівлі в кг;

D - діаметр заготівлі м;

l - довжина м;

ρ - густина, об'ємна маса сталі.

$$Q_{\text{заг}} = \frac{3.14}{4} \cdot 0,060 \cdot 0,085^2 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 2,65 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу у разі:

$$K_1 = \frac{0,921}{2,65} = 0,35$$

- 2) Штампування на ГКМ:

$$Q_{\text{заг}} = \left(\frac{\pi}{4} \cdot l_1 \cdot D_1^2 + \frac{\pi}{4} \cdot l_2 \cdot D_2^2 - \frac{\pi}{4} \cdot l_3 \cdot D_3^2 \right) \cdot \rho$$

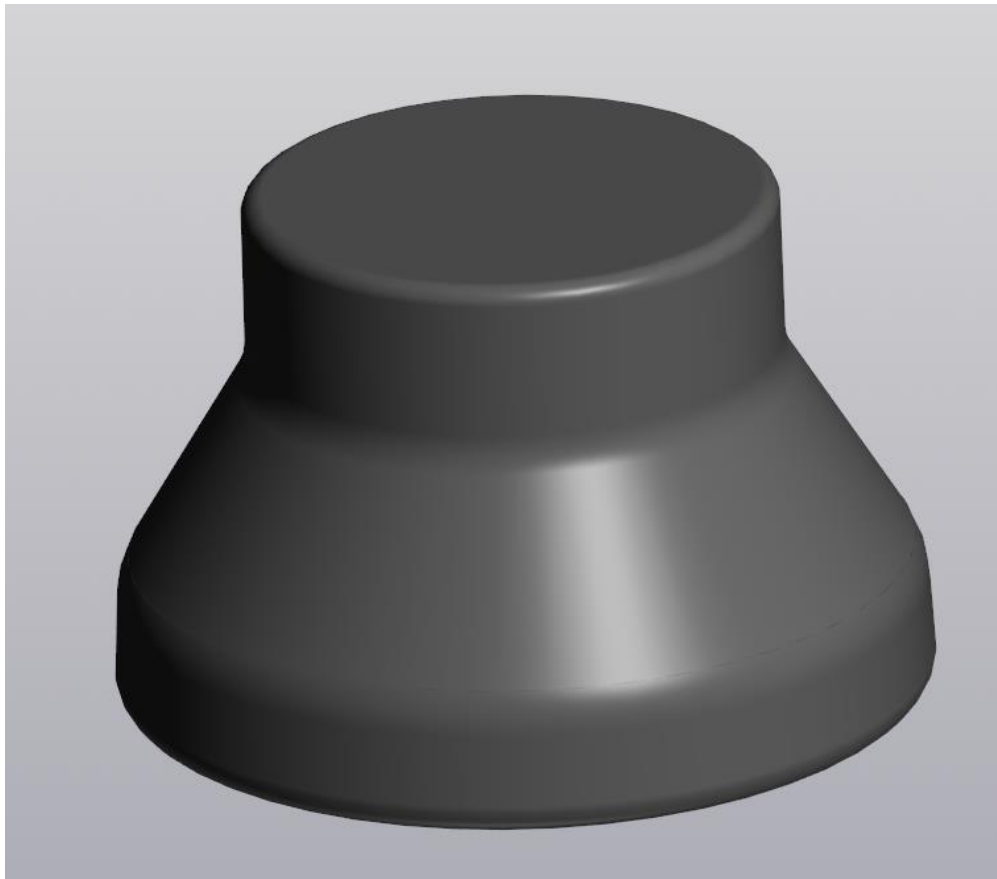


Рисунок 3.1 – 3D модель заготовки для визначення маси штамповки

За побудованою 3D моделлю визначаємо масу заготовки штамповки

$$Q_{\text{заг}} = 1,57 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу у разі:

$$K_2 = \frac{0,921}{1,57} = 0,59$$

Таблиця 3.2 – Дані для розрахунків вартості заготівлі за варіантами

Найменування показників	1-й варіант	2-й варіант
Вид заготовки	Прокат	Штамповка
Маса заготівки Q	2,65	1,57
Вартість 1 т заготовок, прийнято за основу В, в у.о	120	400
Вартість 1 т стружки $S_{\text{відх.у.о}}$	29,8	29,8

Зробимо розрахунок собівартості заготовок за такими залежностями:

Прокат:

$$S_{заг} = \frac{Q \cdot C_i}{1000} - (Q - q) \cdot \frac{S_0}{1000}$$

$$S_{заг} = \frac{2,65 \cdot 120}{1000} - (2,65 - 0,921) \cdot \frac{29,8}{1000} = 0,266 \text{ у. о}$$

Штамповка на ГКМ:

$$S_{заг} = \frac{Q \cdot C_i}{1000} K_T \cdot K_C \cdot K_b \cdot K_m \cdot K_p - (Q - q) \frac{S_0}{1000}$$

K - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок.

$$K_T = 1; K_C = 0,83; K_b = 0,93; K_m = 1; K_p = 1,0$$

Таким чином, отримуємо:

$$S_{заг} = \frac{1,57 \cdot 400}{1000} 1 \cdot 0,9 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1 - (1,57 - 0,921) \frac{29,8}{1000} = 0,45 \text{ у. о.}$$

Так як заготовка отримана із прокату обходиться набагато дешевше до для подальшого проектування приймаємо заготовку прокат

3.5 Розрахунок припусків на зовнішню обробку

Проведемо розрахунок припусків на обробку та проміжні граничні розміри для зовнішньої циліндричної поверхні Ø80h7. Вихідна заготовка - гарячекатаний прокат звичайної точності, ГОСТ 2590-71 масою 2,65 кг матеріал заготовки сталь 45 збірної ДСТУ 1050-88 [2, с59-92].

Технологічний маршрут обробки поверхні Ø80h7 складається з чотирьох операцій чорнового та чистового точіння, шліфування.

Розрахунок припусків на обробку поверхні Ø80h7 ведемо шляхом складання таблиці, в яку послідовно записуємо технологічний маршрут обробки та всі значення елементів припуску.

Таблиця 3.3 – Табличний метод розрахунку припуску зовнішньої поверхні заготовки корпусу торцевої фрези

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий розмір $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск d , мкм	Граничний розмір, мм	
	R_z	h	$\rho_{z_{i-1}}$ мкм	ε_y мкм				d_{min}	d_{max}
Заготівка	200	300	521,5	-	-	82,719	1800	80,919	82,719
Точіння чорнове	50	50	31,3	400	2314	80,405	350	80,055	80,405
Точіння чистове	25	25	20,86	5	263	80,142	140	80,002	80,142
Шліфування	10	20	-	-	142	80	3,5	79,965	80

Мінімальний припуск визначаємо за формулою:

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

Z_{min} - припуск однією стороною;

R_z - висота мікронерівностей профілю на попередній переході

h - Глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході.

Δ - сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході

ε - похибка встановлення деталі в патроні,

Якість поверхні:

Прокат круглий звичайної точності: $R_Z = 200$ мкм, $h = 300$ мкм;

Сумарне відхилення розташування визначаємо за формулою, відхилення на чорнову обробку за такою формулою:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{0.м.}^2 + \rho_{ц}^2} = \sqrt{39^2 + 520^2} = 521,5 \text{ (мкм)}$$

Похибку встановлення заготовки при консольному розташуванню:

$$\rho_{0.м.} = \Delta_y \cdot L_k = 0,65 \cdot 60 = 39 \text{ мкм}$$

де Δ_y - величина питомого відхилення розташування, мкм/мм;

L_k -відстань від перерізу, для якого визначають величину відхилення розташування до місця закріплення кріплення, мм $L_k \leq L$.

Величина розташування заготовки при зацентруванні $\rho_{ц}$

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1},$$

де δ_3 – допуск на діаметр базової поверхні заготовки, використаної при центруванні, мм.

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{1,8^2 + 1} = 0,52 \text{ мм}$$

Точіння чорнове $R_Z = 50$ мкм, $h = 50$ мкм;

Точіння чорнове:

Точіння чистове: $R_Z = 25$ мкм, $h = 25$ мкм;

Шліфування: $R_Z = 5$ мкм, $h = 0$ мкм;

Після чорнового точіння:

$$\rho_{ц1} = K_{y1} \cdot \Delta_{заг} = 0,06 \cdot 521,5 = 31,3 \text{ мкм}$$

Після чистового точіння:

$$\rho_{ц2} = K_{y2} \cdot \Delta_{заг} = 0,04 \cdot 521,5 = 20,86 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск: $2Z_{min}$

Чорнове точіння:

$$2Z_{min1} = 2 \cdot \left(200 + 300 + \sqrt{521,5^2 + 400^2} \right) = 2314 \text{ мкм}$$

Чистове точіння:

$$2Z_{min2} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{31,3^2 + 5^2} \right) = 263 \text{ мкм}$$

Шліфування:

$$2Z_{min3} = 2 \left(25 + 25 + \sqrt{20,86^2 + 0^2} \right) = 141,72 \text{ мкм}$$

Для кінцевого переходу як розрахунковий розмір приймаємо найбільший граничний розмір деталі за кресленням $d_{p3} = 80,000$ мм;

Для переходу, що передує кінцевому, розрахунковий розмір визначаємо послідовним додатком розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу

Остаточне шліфування:

$$d_{p3} = 80,000 \text{ мм};$$

Чистове точення:

$$d_{p2} = d_{p3} + 2Z_{2min} = 80,000 + 0,142 = 80,142 \text{ мм}$$

Чорнове точення:

$$d_{p1} = d_{p2} + 2Z_{1min} = 80,142 + 0,263 = 80,405 \text{ мм}$$

Заготовка:

$$d_{pзаг} = d_{p1} + 2Z_{4min} = 80,405 + 2,314 = 82,719 \text{ мм}$$

Значення допусків на кожен технологічний перехід призначаємо за таблицями відповідно до кваліфікації точності на даному переході.

3.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо для операції – чорнове точіння поверхні $\varnothing 80h6$.

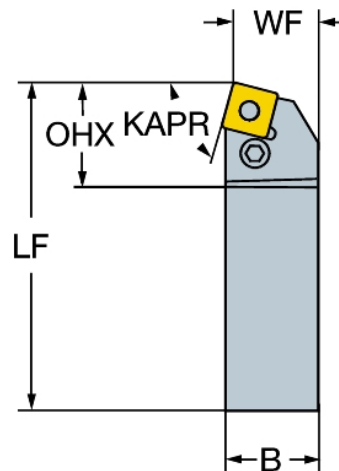
Верстат: HAAS ST-28

Розрахунок режимів різання:

Режими різання та інструмент T-Max P та їх розрахунок візьмемо з «роздруковки зробленої з ТЕК, електронного каталогу Sandvik Coromant.

Різальний інструмент, матеріал різальної частини

Різець фірми Sandvik Coromant PSBNR 2020K 12



Головний кут у плані (KAPR1) 75°

Головний кут у плані (дюйм.) (PSIR) 15°

Типу закріплення (MTP) P

Частина 2 ID інтерфейсу різального елемента (CUTINTMASTER) SNMG
120408

Інтерфейс з боку верстата (ADINTMS) 20 x 20

Мах кут врізання (RMPX) 10°

Кут корпусу із боку заготівлі (BAWS) 0°

Кут корпусу з боку верстата (BAMS) 0°

Мах виліт(OHX) 27,5 мм

Виконання (HAND) R

Ширина хвостовика (B) 20 мм

Висота хвостовика (H) 20 мм

Функціональна довжина (LF) 125 мм

Функціональна ширина (WF) 17 мм

Функціональна висота (HF) 20 мм

Головний передній кут ортогональний (GAMO) -6°

Кут нахилу (LAMS) -6°

Еталонна пластина (MIDM) SNMG 12 04 08

$$t = 2,5 \text{ мм } S = 0,8 \text{ мм/об}$$

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v, \text{ м/хв}$$

де:

$T = 60$, стійкість інструменту, хв;

$C_v = 250$;

$x = 0,3$, $y = 0,15$, $m = 0,18$ - показники ступеня;

$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, якість поверхні заготівлі, матеріал інструменту.

K_{mv} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей матеріалу, що обробляється на швидкість різання.

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \left(\frac{750}{750} \right)^{1.75} = 1$$

$K_{nv} = 0,8$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготівлі на швидкість різання.

$K_{uv} = 1,15$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу (SNMG 12 04 16-PR 4425) швидкість різання.

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1,15 = 0,92$$

$$V = \frac{250}{60^{0.18} \cdot 2,5^{0.3} \cdot 0,8^{0.15}} \cdot 0,92 = 86,5 \text{ м/хв}$$

Частота обертів

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 86,5}{3,1416 \cdot 80} = 344 \text{ об/хв}$$

Призначаємо $n = 325$ об/хв.

Розрахунок сили різання та потужності різання для операції чорнове точіння поверхні Ø80h6

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 325}{1000} = 81,7 \text{ м/хв}$$

Складові сили різання.

$$P_{xyz} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^m \cdot k_p$$

K_P поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p}$$

$K_{\varphi p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані на складові сили різання:

$$K_{\varphi px} = 1.0; K_{\varphi py} = 1.0; K_{\varphi pz} = 1.0$$

$K_{\gamma p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута на складові сили різання:

$$K_{\gamma px} = 1.15; K_{\gamma py} = 1.15; K_{\gamma pz} = 1.7$$

$K_{\lambda p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза на складові сили різання:

$$K_{\lambda px} = 1.0; K_{\lambda py} = 1.0; K_{\lambda pz} = 1.0;$$

$K_{\Gamma p}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута в плані на складові сили різання:

$$K_{\Gamma px} = 0.93; K_{\Gamma py} = 0.82; K_{\Gamma pz} = 1.0$$

$$K_{px} = 1.06 \cdot 1.0 \cdot 1.15 \cdot 1.0 \cdot 0.93 = 1.13$$

$$K_{py} = 1.06 \cdot 1.0 \cdot 1.6 \cdot 1.0 \cdot 0.82 = 1.39$$

$$K_{pz} = 1.06 \cdot 1.7 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.8$$

Показники при ступені для складових сили різання визначаємо за табл.22 (стор. 274, [1]);

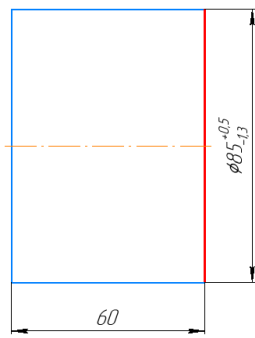
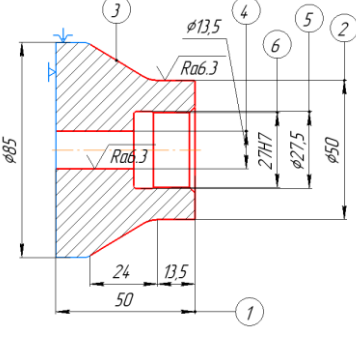
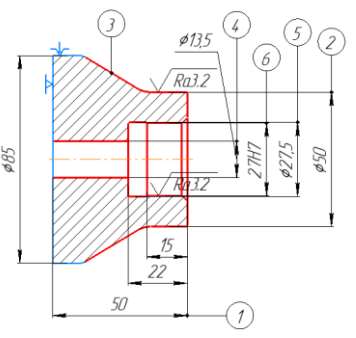
$$\begin{aligned} P_x &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^m \cdot k_p = \\ &= 10 \cdot 339 \cdot 2,5^1 \cdot 0,8^{0.5} \cdot 81,7^{-0.4} \cdot 1,8 = 2345H \\ P_y &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^m \cdot k_p = \\ &= 10 \cdot 243 \cdot 2,5^{0.9} \cdot 0,8^{0.5} \cdot 81,7^{-0.3} \cdot 1,39 = 1184H \\ P_z &= 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^m \cdot k_p = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,8^{0.75} \cdot 81,7^{-0.15} \cdot 1,13 = 3704H \end{aligned}$$

Потужність різання:

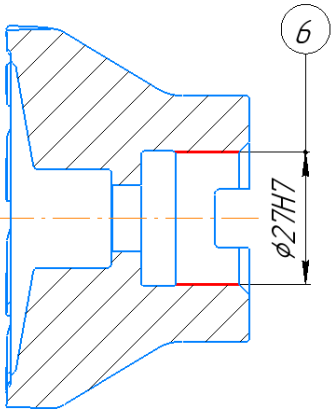
$$N = \frac{P_z \cdot V}{1000 \cdot 60} = \frac{3704 \cdot 81,7}{1000 \cdot 60} = 5,04 \text{ кВт}$$

Режими різання на інші операції було розраховано згідно [6.с.261-300] і зібрані в таблиці 3.2 Режими різання на технологічні операції

Таблиця 3.3 – Режими різання на технологічних операціях

№ операції	Найменування і зміст операції	Операційний ескіз	Найменування устаткування та інструменту	Режими різання	
				V м/с	S мм/об
005	Заготівельна. Відрізання заготовки корпусу фрези L=60, Ø 85		Стрічкова пила по металу JET HVBS-912 Штангельциркуль ГОСТ 166-63		
010	Слюсарна 1. Зачистити заготовку від заусенць				
015	Багатоцільова з ЧПК 1. Підрізати торець 1 в розмір; 2. Точити пов.2 начорно; 3. Точити конус 3;		Токарно-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ST-28; 2100-0565 T5K10 Різець ГОСТ 18879-73; 2102-0055 T5K10 Різець ГОСТ 18877-73;	325 160	0,8 0,4
	4. Свердлити отв. Ø13,5мм на прохід; 5. Свердлити отв.6 Ø 27мм на глибину 22; 6. Зенкерувати отв.6 Ø 27мм на глибину 15;		2301-4136 Сверло ГОСТ 2092-77; 2353-0125 Зенкер ГОСТ 14953-80; Кінцева фреза ГОСТ 17025-71; ЩЦ- -150-0,05 Штангельциркуль ГОСТ 166-89 Пробка ГОСТ 17758-72	39,27 44,6 46,84 62,83 32 31,42 83,13	0,36 0,53 0,58 0,1 1 0,8 0,05

№ операції	Найменування і зміст операції	Операційний ескіз	Найменування устаткування та інструменту	Режими різання	
				V м/с	S мм/об
	7. Підрізати торець 1 в розмір; 8. Точити поверхню 2 і фаску; 9. Точити конус 3; 10. Розточувати канавку. 5 з $\text{Ø}27$ до $\text{Ø}27,5$ мм на глибину 7 мм.				
	11. Фрезерувати 2 шпоночних паз. 7 витримуючи параметри згідно ескізу; 12. Точити пов. 8 в розмір $\text{Ø}80$ на прохід; 13. Точити пов. 10 витримуючи розміри згідно ескізу; 14. Розточити отв. $\text{Ø} 13,5$ до $\text{Ø} 20$ на глибину 20 мм.		Кінцева фреза з циліндричним хвостовиком $\text{Ø}22, \text{Ø}8$ ГОСТ 18879-73	110 32,1 7 68,3 3 49	0,16 1,2 0,1 0,6
	15. Фрезерувати канавки 11; 16. Фрезерувати 10 пазів під пластини;		2300-6972 Свердло ГОСТ 886-77; Мітчик М6 ГОСТ 3266-81	112 110 26,4	0,21 0,16 0,14

№ операції	Найменування і зміст операції	Операційний ескіз	Найменування устаткування та інструменту	Режими різання	
				V м/с	S мм/об
	17. Свердлити 10 отв. В розмір 12. 18. Нарізня різьби М4				
020	Термічна. Лазерне маркування				
025	Внутрішліфувальна 1. Шліфувати пов. 6 в розмір 1		Універсальний внутрішліфувальний верстат мод. 3К228В Шліфувальний круг ГОСТ 2424-83 Тип ПП Ø32; М3100-1 Мікрометр ГОСТ 6507-90 Нутромір індикат-орний ГОСТ 862-82	30	0,16
030	Плоскошліфувальна 1. Шліфувати пов. в розмір 1.		Торцекруглошліфувальний мод.3Т153Е Шліфувальна головка АW-циліндрична Ø4 ГОСТ 2447-82; Мікрометр ГОСТ 6507-90	22	0,33
035	Мийна				
040	Контрольна				

4 Проектування спеціального пристосування для фрезерування торцевою фрезою

Для операції торцевого фрезерування перехідника плити карбюратора до деяких іномарок під моно-інжектор, необхідно спроектувати пристрій верстатний з універсально-складального пристосування.

4.1 Збірно – розбірні пристосування. Застосування і вимоги до ЗРП

Дані пристосування зазвичай збирають із універсальних елементів виготовлених по ГОСТ та нормалізованих деталей. Як приклад, спец пристосування для фрезерних робіт в системі ЗРП збираються з перевірених і нормованих, функціонально взаємозамінних деталей і вузлів. [15, с.324-330]

Після виведення з експлуатації машини, при виготовленні яких використовувалися монтажно-розбірні пристрої, їх розбирають, а їх частини і вузли використовують для складання нових спеціальних пристроїв для кріплення заготовки під час обробки деталей. [15, с.324-330]

У комплект ЗРП входять допоміжні деталі, елементи корпусних деталей, силові гідро або пневмоциліндри для затиску заготовок і т. д. Елементи корпусних деталей пристосувань виготовляють як правило з сірого чавуну СЧ 18 - 24. Збірка корпусів застосувань здійснюється переважно без додаткової обробки або з невеликим обсягом обробки, що не впливає на їх подальше використання. [15, с.324-330]

У ЗРП використовуються затискні силові вузли які стандартизовані за ГОСТом, що дає нам можливість багаторазового використання. Близько 90% всіх складальних застосувань мають механізовані затискні з пневмо або гідроприодом. У системі ЗРП використовуються також спеціальні деталі, які виготовляються в залежності від форми і розміру заготовки деталі. [15, с.324-330]

До спеціальних частин в основному відносяться елементи установки пристосування; але затрата часу на виготовлення яких має дуже маленький

відсоток. Можна зробити висновок з вище написаного що систему ЗРП є прогресивною технологією сьогодення та з точки зору економічної вигоди її краще за все проміняти для серійного та масового виробництва. [15, с.324-330]

Техніко-економічна ефективність використання системи ЗРП пояснюється великою економією виробничих витрат на проектування та виготовлення, пристроїв із гостьових деталей і вузлів у порівнянні з витратами на виготовлення пристроїв із нерозміщених деталей і вузлів. [15, с.324-330]

Застосування системи ЗРП істотно скорочує цикл підготовки виробництва, зокрема проектування та виготовлення технологічного обладнання при переході до випуску продукції нового виду. [15, с.324-330]

Переваги використання системи УЗП:

1 Можливість використання УЗП на таких технологічних операціях, де використання спеціальних пристроїв є не вигідним.

2 Значне зниження трудомісткості та собівартості виготовлення технологічного обладнання при переході на виробництво нової машини, оскільки слюсарі виконують складання УЗП безпосередньо у виробничих цехах за кресленнями деталей або за їх дослідні зразки.

3 В результаті багаторазового використання деталей УЗП - більша економія металу.

4 Підвищення ефективності виробництва, технічного рівня робітників основних цехів заводу; у спільній творчій праці дизайнера та монтажника УЗП стирає межу між розумовою та фізичною працею. [15, с.324-330]

Деталі застосування УЗП повинні мати хорошу міцність, зносостійкість та великий термін зберігання, правильний форму та стандартизовані розміри. Як показує практика експлуатації УЗП на механообробних підприємствах за термін використання контактних поверхонь 10 років знос становить менше 0,01 мм. При наявності комплекту деталей УЗП виготовлення приладу зводиться до його складання за наведеною схемою складання. [15.с.324-330]

У деяких випадках потрібне виготовлення спеціальних деталей, але їх кількість зазвичай не перевищує 1-1,5% від загальної кількості деталей системи. Використовуючи систему УЗП, час виготовлення приладів скорочується в рази. [15, с.324-330]

Система УЗП забезпечує значне скорочення часу та витрат на підготовку до виробництва нових потужностей. Ця система дає можливість використовувати прилади на виробництвах з невеликою продуктивністю, де здійснюється їх виготовлення зазвичай неекономно. Останнім часом УЗП використовують і для групової обробки. [15, с.324-330]

4.2 Схема установки заготовки

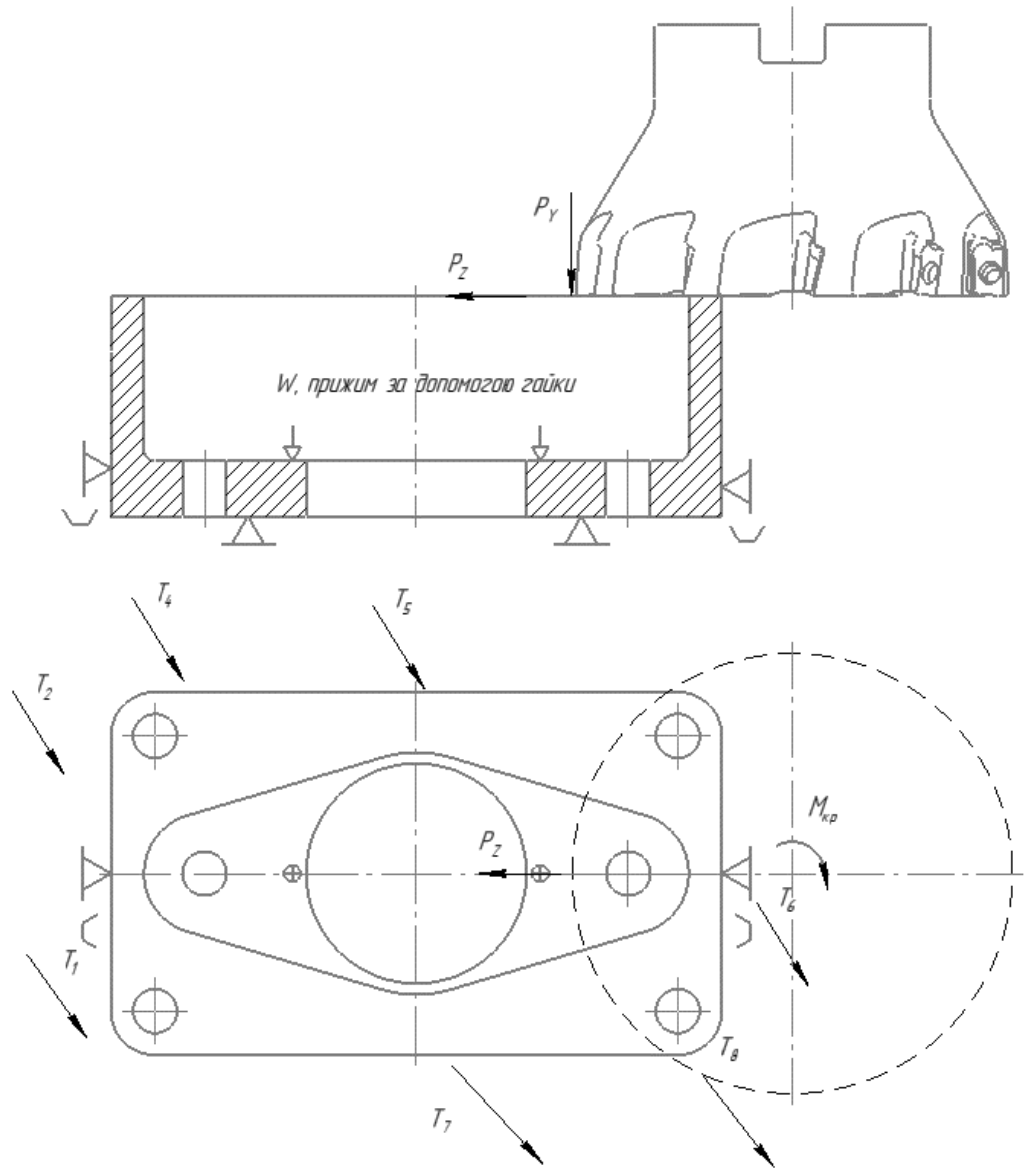


Рисунок 4.1 – Схема базування заготовки

4.3 Зусилля затиску пристосування

Силовий розрахунок пристосування виконаємо при фрезеруванні поверхні (див. рис. 4.1) так як при цьому виді обробки діють найбільші сили різання. Сили різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{M_{кр} \cdot 2 \cdot 100}{D} = \frac{26,8 \cdot 2 \cdot 100}{80} = 67\text{Н.}$$

$M_{кр}$ – крутний момент визначаємо за допомогою калькулятора представленого в [23]

Складаємо розрахункову схему (рис. 4.1), при цьому на схемі показуємо базування заготовки, діючі сили різання P_z і P_y сили тертя а також точки застосування сили затиску Q.

Зміщення заготівлі під дією сил P_z і P_y запобігається силою затиску Q та силами тертя $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8$.

Умови рівноваги заготівці:

$$P < T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8,$$

$$\text{де } P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2},$$

P_z – дотична складова сили різання;

P_y -радіальна складова сили різання,

$$P_y = 0,4 \dots 0,6 \cdot P_z = 0,4 \cdot 67 = 26,8\text{Н,}$$

звідси

$$P = \sqrt{67^2 + 26,8^2} = 72,2 \text{ Н;}$$

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6 = \frac{2Q}{6} f_1,$$

$$T_7 = T_8 = \frac{2Q}{2} f_2,$$

де f_1 -коефіцієнт тертя між поверхнями заготівлі та настановних елементів пристосування, $f_1 = 0,16$ [13];

f_2 -коефіцієнт тертя між поверхнями заготівлі та затискними елементами, $f_2 = 0,2 \dots 0,5, f_2 = 0,225$ [13].

Ввівши коефіцієнт запасу K і підставивши значення сил тертя, отримаємо:

$$K \cdot \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = 6 \cdot \left(\frac{2 \cdot Q}{6} f_1 \right) + 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot Q}{2} f_2 \right);$$

$$K \cdot \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = 2 \cdot Q \cdot f_1 + 2 \cdot Q \cdot f_2.$$

$$K \cdot \sqrt{P_z^2 + P_y^2} = 2 \cdot Q \cdot (f_1 + f_2).$$

Коефіцієнт запасу До розраховали за такою формулою [13]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де K_0 - гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 - коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на заготовці; при остаточній обробці $K_1 = 1,0$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту залежно від методу обробки, $K_2 = 1,2 \dots 1,4, K_2 = 1,3$;

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастій обробці, $K_3 = 1,2$;

K_4 - коефіцієнт, що враховує мінливість зусилля затиску; для ручних затискних пристроїв $K_4 = 1,3$;

K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних пристроїв; при незручному розташуванні рукояток управління $K_5 = 1,2$;

K_6 - коефіцієнт, що враховує наявність моменту, що прагне повернути заготовку на опорах; при встановленні заготовки на опорні пластини

$$K_6 = 1,5. K = 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 4,38.$$

Таким чином, сила затиску при фрезеруванні:

$$Q = \frac{K \cdot \sqrt{P_z^2 + P_y^2}}{2(f_1 + f_2)} = \frac{4,38 \cdot 72,2}{2(0,16 + 0,225)} = 410,7 \text{ Н.}$$

Розраховавши значення сили затиску Q , визначимо зусилля на ключі P , яке необхідно докласти для її реалізації.

Знайдемо мінімально допустиме значення розрахункового діаметра гвинта:

$$d = c \cdot \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_p]}} = 1,41 \cdot \sqrt{\frac{410,7}{180}} = 2,13 \text{ мм.}$$

де c - Коефіцієнт для основних метричних різьблень, $c = 1,41$;

$[\sigma_p]$ - допустима напруга при розтягуванні для сталі 40, $[\sigma_p] = 180$ МПа.

Приймаємо із конструктивних міркувань зовнішній діаметр гвинта рівним 8 мм (різьба М8).

$$P = \frac{Q \cdot \left[r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi_{пр}) + \frac{1}{3} \cdot f \cdot \left(\frac{D_H^3 - D_B^3}{d_H^2 - d_B^2} \right) \right]}{l},$$

Зусилля на рукоятці ключа:

де r_{cp} - середній радіус різьблення, $r_{cp} = 3,594$ мм;

α – кут підйому витка різьблення, $\alpha = 2^\circ 30'$;

$\phi_{пр}$ - наведений кут тертя в різьбовій парі, $\phi_{пр} = 6^\circ 30'$;

f - Коефіцієнт тертя, $f = 0,2$; l - Довжина рукоятки ключа, $l = 150$ мм.

Підставивши всі значення, отримаємо:

$$P = \frac{410,7 \cdot \left[3,594 \cdot 0,158 + \frac{1}{3} \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{8^3 - 6,647^3}{8^2 - 6,647^2} \right) \right]}{150} = 11,6 \text{ Н}$$

Допустима сила на рукоятці ключа становить 150 Н, отже, отримане значення сили $P = 11,6$ Н допустимо.

5 Технологія виготовлення корпусу фрези на верстаті з ЧПК

5.1 Розрахунок та вибір режимів обробки корпусу фрези









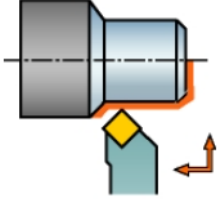


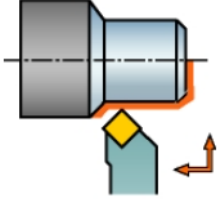


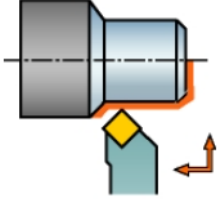


Розрахунок та вибір режимів різання – найбільш відповідальний етап проектування, що визначає продуктивність технологічного процесу і трудомісткість обробки.

Методику розрахунку режимів різання приймаємо по джерелам довідників TaeguTec, Korloy, Hoffmann Group, Seco та інші довідники стандарту ISO.

Приклад розрахунку корпусу фрези аналітичним методом наведений в розділі 3.6 цієї роботи на всі інші операції режими різання були назначені табличним методом та занесені в таблицю 3.3

5.2 Вибір різального інструменту та засобів для обробки заготовки корпусу фрези

Таблиця 5.2. – Інструмент

Номер операції	Зміст операції	Інструмент що використовується					
	Пристосування	Гідравлічний патрон 210 мм, А2-6 					
	Підрізати торець $\varnothing 85$, $l=60$	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="837 1077 954 1227"></td> <td data-bbox="970 1077 1332 1227">DSSNR 2020K 12 Інструмент</td> </tr> <tr> <td data-bbox="837 1227 954 1361"></td> <td data-bbox="970 1227 1332 1361">SNMG 12 04 16-PR 4425 Пластина</td> </tr> </table>		DSSNR 2020K 12 Інструмент		SNMG 12 04 16-PR 4425 Пластина	
	DSSNR 2020K 12 Інструмент						
	SNMG 12 04 16-PR 4425 Пластина						
	Точить заготовку по зовнішньому контуру згідно креслення	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="735 1417 842 1541"></td> <td data-bbox="850 1417 1166 1541">DSSNR 2020K 12 Інструмент</td> <td data-bbox="1182 1417 1401 1615" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 1541 842 1675"></td> <td data-bbox="850 1541 1166 1675">SNMG 12 04 16-PR 4425 Пластина</td> </tr> </table>		DSSNR 2020K 12 Інструмент			SNMG 12 04 16-PR 4425 Пластина
	DSSNR 2020K 12 Інструмент						
	SNMG 12 04 16-PR 4425 Пластина						
	Свердлити отвір $\varnothing 13,5$ $L=60$	2300-6385 ГОСТ 10902-77 					
		Чорн.					

Номер операції	Зміст операції		Інструмент що використовується	
	Розточування отвору Згідно кресленню деталі	Напічист.	 	<p>A16R-SSKCR 09-R Інструмент</p> <p>SCMT 09 T3 12-PR 4425 Пластина</p>

5.3 Розробка програми обробки на станку з ЧПК за допомогою програми FeatureCam

FeatureCAM – CAD/CAM система, що базується на принципах раціональної обробки елементів. FeatureCAM дозволяє автоматично або вручну ідентифікувати елементи в твердотільній моделі: технолог-програміст вказує, які елементи він хоче обробити і система сама готує програму для обробки цих елементів.

Модуль FeatureRECOGNITION (розпізнавання елементів) – це потужний інструмент, що дозволяє полегшити та прискорити процес програмування. Поелементне програмування у FeatureCAM базується на геометричних даних CAD моделі, що суттєво скорочує час підготовки виробництва. В системі доступне ручне, інтерактивне та повністю автоматичне розпізнавання елементів (AFR). AFR визначає всі елементи 2D, 3D, токарної, токарно/фрезерної та ерозійної обробки, включаючи наварнені та перетинаються.

Простота та зручність використання є основними принципами розробки FeatureCAM. Графічні підказки, покрокові інструкції та пояснювальна анімація відображаються прямо у діалогах програми. Завдяки відгукам наших користувачів ми продовжуємо знаходити способи зробити наше програмне забезпечення ще простіше у використанні.

Система FeatureCAM є єдиним та повноцінним рішенням для фрезерної, токарної, токарно/фрезерної та електроерозійної обробки. Всі ваші верстати можуть програмуватися в єдиному середовищі, спеціально розробленому з метою скорочення часу програмування та навчання. Вбудована 3D візуалізація, база постпроцесорів та багато інших можливостей дозволяють отримати найкращий результат за найкоротший час.

У середовищі FeatureCAM була створена 3D модель деталі «Корпус торцевої фрези».

Роботу програми починаємо з вибору типу обробки, одиниць виміру, і як отримати ми задаємо заготовку (рис. 5.1)

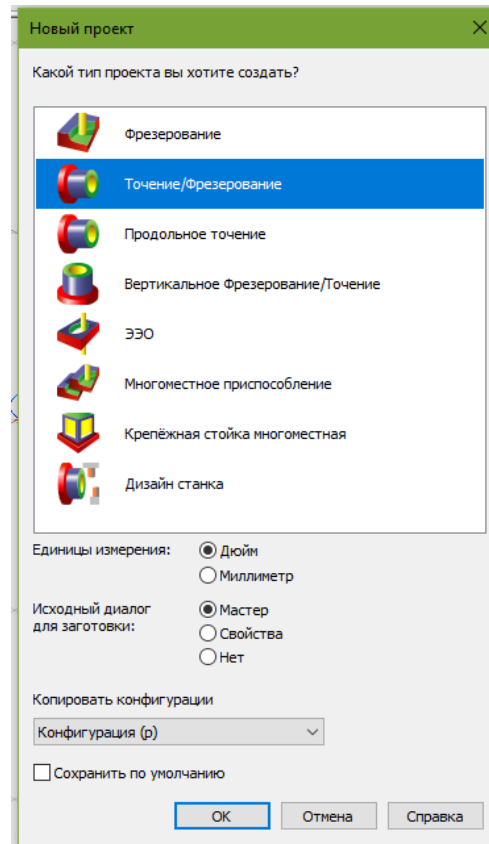


Рисунок 5.1 – Почато проектування технологічного процесу механічної обробки за допомогою програми FeatureCAM

Далі за допомогою панелі інструментів рис. 5.2 в робочому полі програми вводимо необхідні параметри заготовки та деталі (рис. 5.3), і за допомогою компонентів 3Д моделювання відтворюємо нашу задану деталь.

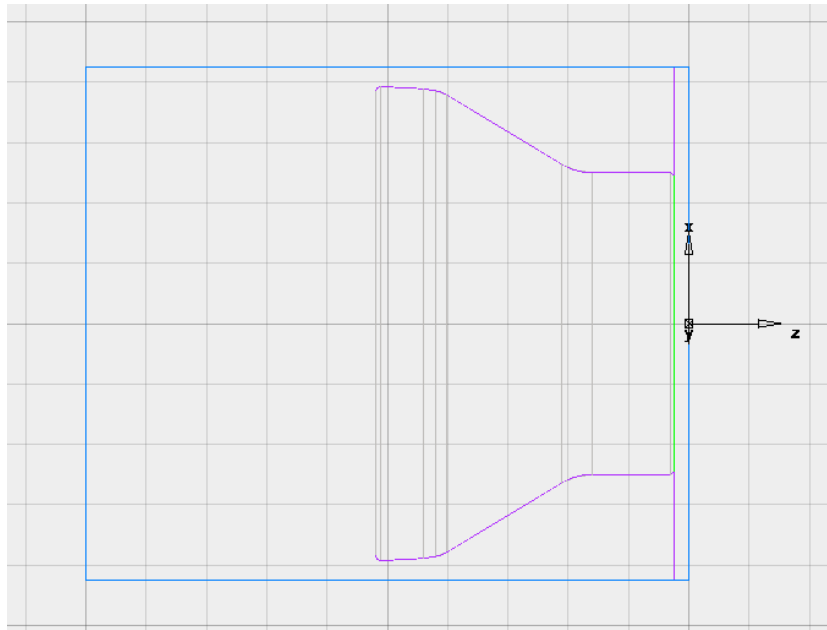


Рисунок 5.3 – Деталь та заготовка побудована в програмі

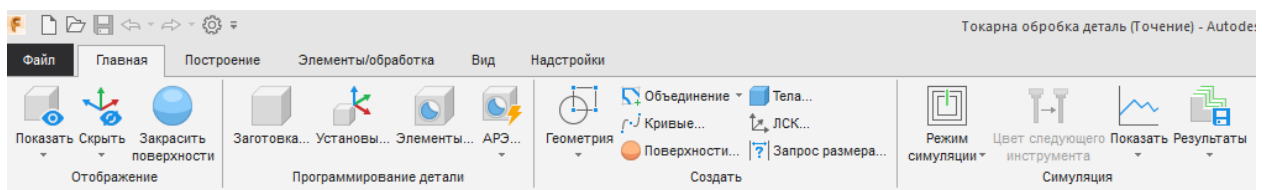


Рисунок 5.4 - Панель приборів «Элементы/обработка»

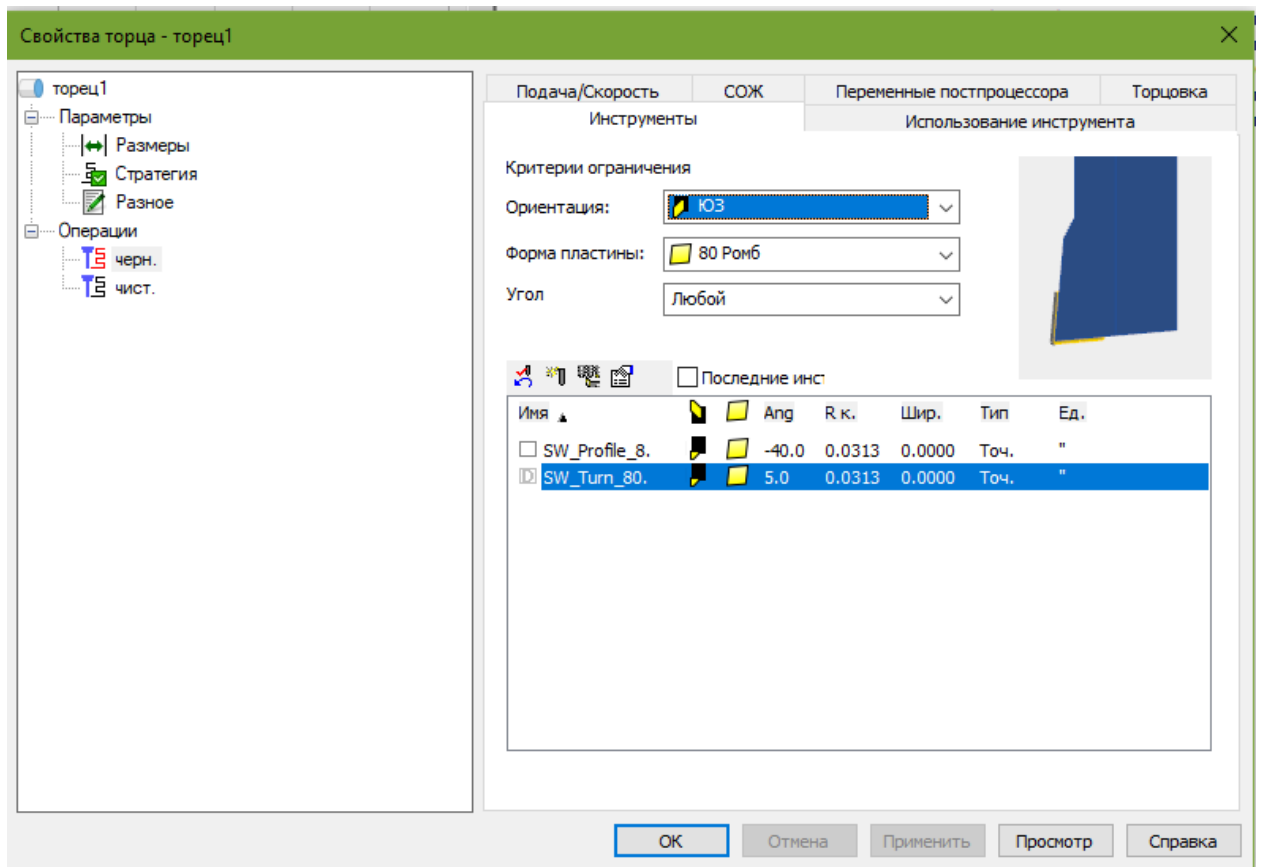


Рис. 5.5 – Диалогове вікно вибору параметрів обробки на прикладі торця деталі

В кінцевому рахунку ми отримуємо техпроцес обробки деталі, з усіма необхідними режимами різання, з підібраним інструментом рис.5.6.

Список операций

Автоматический порядок
 Упорядочить вручную

С	Операция	Элемент	Инструмент	Подача	Скорость	Глубина
	черн. проход 1	торец1	SW_Tum_80_...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 42.500 мм
	чист.	торец1	SW_Tum_80_...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 42.500 мм
	черн. проход 1	точение1	SW_Tum_80_...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 14.754 мм
	чист.	точение1	SW_Tum_80_...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 14.754 мм
	сверло	отверстие3	* Сверло ф13,5 ...	* 0.800 мм/об	* 325 об/мин	ЧС 35.746 мм
	черн. проход 1	расточка1	* WN_B_Small_...	0.381 мм/об	171 м/мин	ЧС 8.500 мм
	чист.	расточка1	WN_B_Small_...	0.152 мм/об	247 м/мин	ЧС 8.500 мм
	Результаты					

Операции
 Параметры
 Код УП
 Резцедержатели

Рисунок 5.6 – Рабочее окно программы FeatureCAM

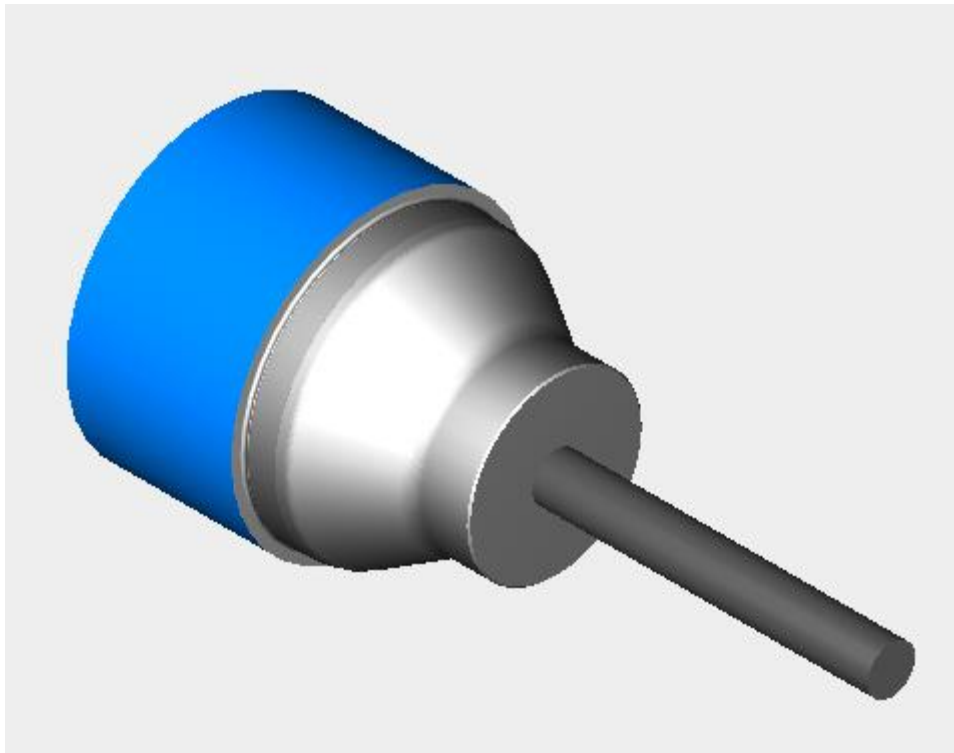


Рисунок 5.7 – Розмітка центрального отвору для подальшої обробки

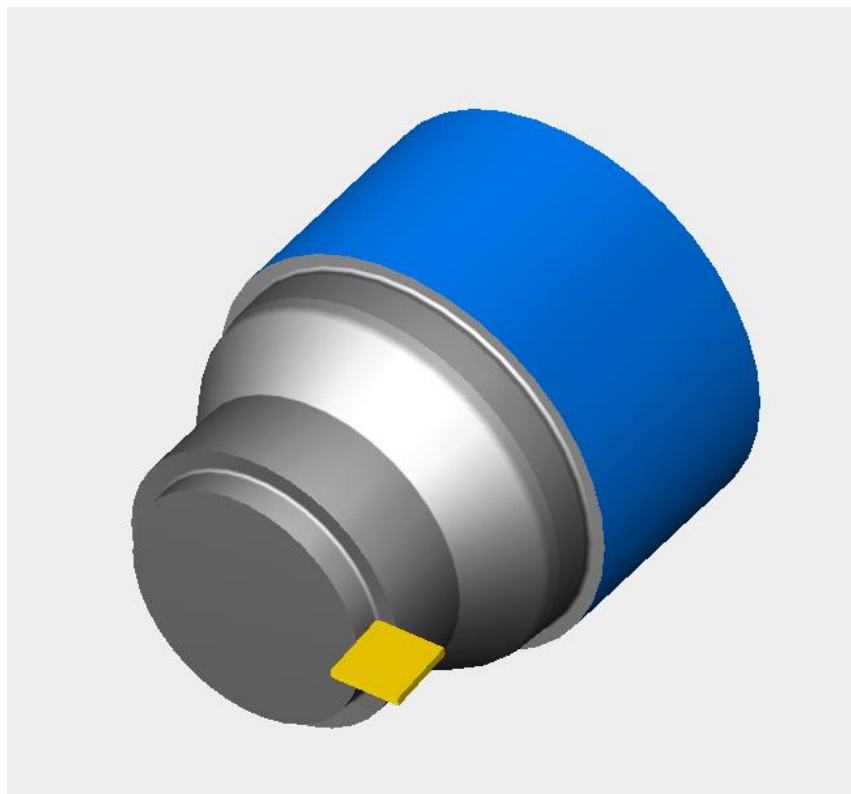


Рис. 5.8 Токарна обробка зовнішньої циліндричної поверхні деталі «Корпус фрези торцевої»

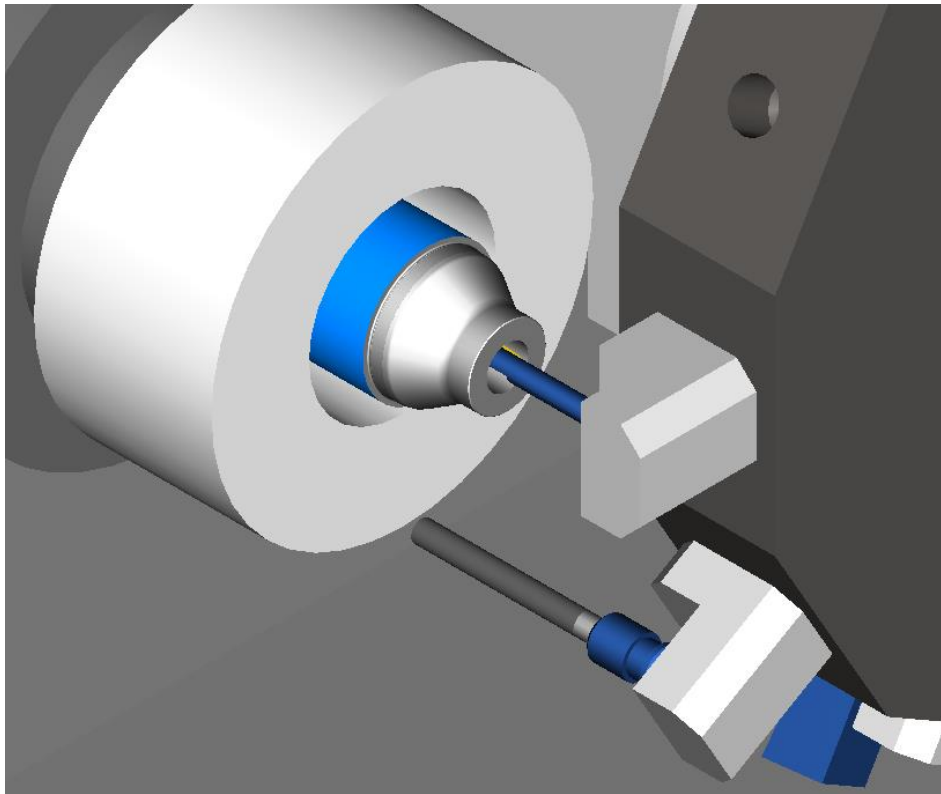


Рисунок 5.9 – Імітація обробки отвору деталі в програмі FeatureCAM

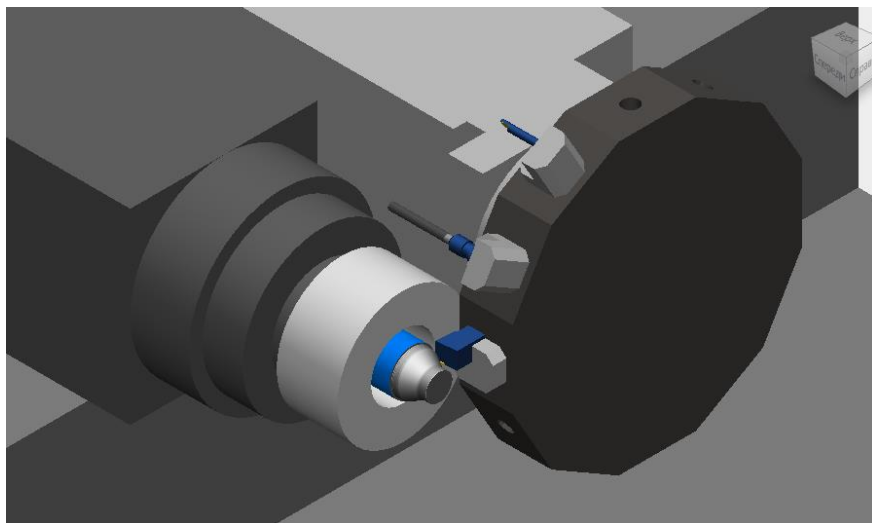


Рисунок 5.10 – Токарна імітація обробки зовнішньої поверхні деталі в програмі FeatureCAM

Після повної обробки в якості результату отримуємо не тільки графічне відображення результату але і машинний код для верстата, тобто відбувається генерація керуючої програми (Рис. 5.11).

```

Код УП
P1: Верхний резцедержатель

%
ОТокарна обработка деталь ( FILENAME = Токарна обробка деталь)
N20 G21 G40
N25 G28 U0
N30 G28 W0
( OPERATION: ROUGH FACE ТОРЕЦІ )
N40 T101
N45 G50 S3000
N50 G96 S170 M4
N55 G0 X89.412 Z-2.4 M8
N60 G1 X-1.587 F0.
N65 Z0.
N70 X-0.88 Z0.354
N75 G0 Z3.0
( OPERATION: FINISH FACE ТОРЕЦІ )
N85 G0 X91.0
N90 G50 S3000
N95 G96 S246
N100 G0 X91.0 Z3.0 M8
N105 Z-2.5
N110 G1 X-1.587 F0.
N115 X3.778 Z0.183
( OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1 )
N125 G0 X89.412
N130 G50 S3000
N135 G96 S170
N140 G0 X89.412 Z0.183 M8
N145 X91.0 Z1.132
N150 X78.708
N155 G1 Z-52.861 F0.
N160 X85.0
N165 X85.707 Z-52.508
N170 G0 Z1.132
N175 G1 X77.995
N180 Z-44.92
N185 X78.704 Z-51.806
N190 G3 X78.708 Z-51.893 R1.693
N195 X78.695 Z-52.041 R1.693
N200 G1 X78.552 Z-52.861
N205 X78.708
N210 X79.415 Z-52.508

```

Рисунок 5.10 – Генерація коду УП

Згенерований код в програмі FeatureCAM для механічної обробки деталі «Корпус фрези торцевої» представлений в додатку.

Висновки

В кінцевому результаті роботи отримано торцеву складену фрезу з твердосплавними пластинами які можна замінювати у процесі експлуатації фрези. Дана фреза призначена для обробки перехідної плити під карбюратор або моноінжектор деяких іномарок, матеріал даної плити алюміній АК12М2.

В процесі проектування складеної фрези були пройдені такі етапи:

- Розглянуто конструкції аналогічних фрез та вибрано прототип;
- Вибрано та економічно обґрунтовано заготовку корпусу майбутньої фрези, в якості якої вибрано сортовий круглий прокат звичайної якості;
- Розглянуто базовий технологічний процес виготовлення корпусу фрези та на основі його складено новий з використанням сучасного прогресивного обладнання;
- За допомогою програми FeatureCam представлено імітацію обробки корпусу фрези та згенеровано код управляючої програми.

Для реалізації технологічного процесу обробки плити перехідної на фрезерному станку було в рамках даного проекту було реалізоване пристосування для надійної фіксації. Дане пристосування зібране із стандартних та уніфікаційних деталей.

Список використаної літератури

1. <https://scraptraffic.com/splav/ak12m2/>
2. Аршинов В. А., Алексеев Г. А., Резание металлов и режущий инструмент. Изд. 3-е, перераб. и доп Учебник для машиностроительных техникумов. М «Машиностроение», 1975
3. Родин П.Р. Проектирование и производство режущего инструмента. – К.: Техника, 1968. – 358с.
4. Резание материалов. Режущий инструмент в 2 ч: учебник для среднего профессионального образования / С. Н. Григорьев [и др.] ; под общей редакцией Н. А. Чемборисова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 246 с.
5. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. – К.: Вища школа, 1986. – 455с.
6. Корытный Д.М. Фрезы. М., Машгиз, 1963 – 120 с.
7. Каталог-справочник «Металлорежущий инструмент. Часть 1. Резцы и фрезы» составлен сотрудниками Всесоюзного научно-исследовательского инструментального института (ВНИИ)
8. Справочник инструментальщика / Под ред. И.А. Ординарцева. - Л.: Машиностроение, 1987.-846 с.
9. Родин П.Р. Технология изготовления зуборезного инструмента. – К.: Техніка, 1982. – 206с.
10. Скачко Є. В. Технологія інструментального виробництва - М.:Высшая школа, 1980. – 120с.
11. Пахаренко В.Л., Марчук М.М., Пахаренко О.В. Характеристики Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство (обробка металів різанням) Рівне 2018. – 252с.
12. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков – Л.: Машиностроение, 1975. –655с.

13. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Вышэйшая школа, 1985. – 656с.

14. Родин П.Р. Різальний інструмент у прикладах і задачах. – К.: Вища школа, 1994. – 294с.

15. Пасько М.М. Технологічне оснащення: Скорочений теоретичний матеріал для студентів денної та заочної форми навчання спеціальність «Галузеве машинобудування» («Технологія обробки матеріалів на верстатах і автоматичних лініях»). [електронний ресурс] / ДДМА, 2018 Режим доступу до інтернет-сторінки: <http://mkdagma.org.ua/wp-content/uploads/2018/02/Лекції-1.pdf>

16. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/face-milling.aspx>

17. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/entering-angle-and-chip-thickness.aspx>

18. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/up-milling-vs-down-milling.aspx>

19. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/how-to-choose-cutter-pitch.aspx>

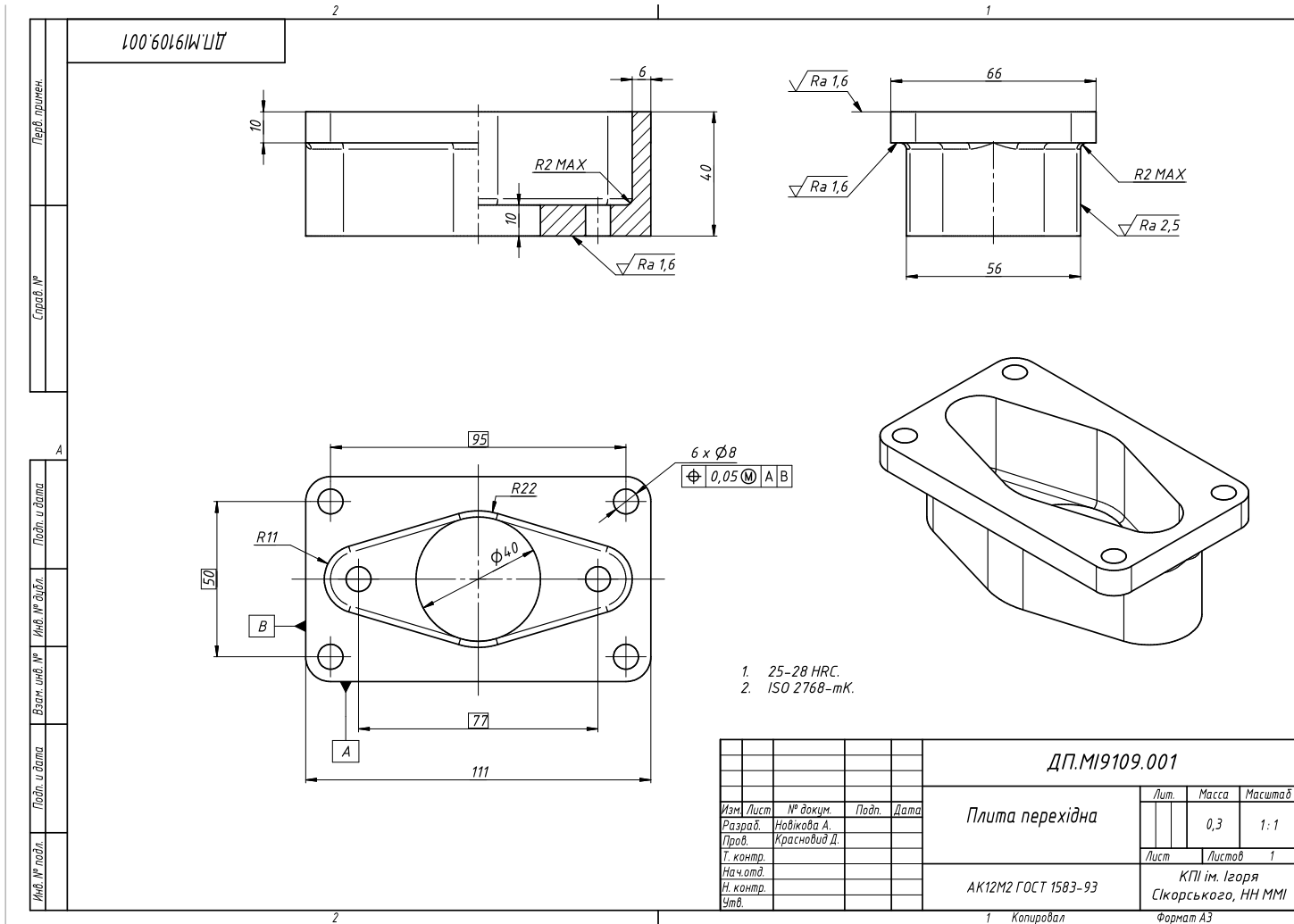
20. https://studme.org/274320/tehnika/frezy_mehanicheskim_krepleniem_mnogogrannyh_neperetachivaemyh_plastin_tverdogo_splava_sverhtverdogo_ma

21. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/productdetails.aspx?c=R390-11%20T3%2008E-NL%20%20%20H13A>

22. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. т. 1/ За ред. А.Г. Косилової та Р.К. Мещерякова, - 4-те вид, перераб. та дод. - М.: Машинобудування, 1986. 496с.

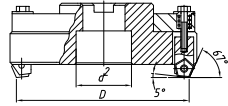
23. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/toolguide/tool-recommendation>

Додаток А «Плита перехідна»



Додаток Б «Аналіз конструкцій збірних торцевих фрез»

Аналіз конструкцій збірних торцевих фрез



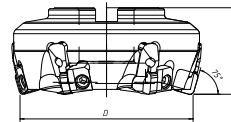
Фреза з п'ятигранними пластинами по ГОСТ 22085-76

Переваги

- Зручність встановлення пластин;
- Можливість повороту пластин без зміння інструменту;
- Швидка заміна пластин;

Недоліки

- Через малу жорсткість рекомендовано використовувати для чистої обробки;

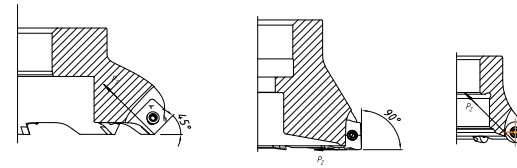


Фреза торцева Karloy MillMax

Переваги

- кут в плані 75 градусів дозволяє фрезерувати площини
- механічне кріплення пластин клином
- велика глибина різання 15 мм

Направлення сил різання в залежності від головного кута в плані



Посадковий зазор
швидка заміна пластин

Велика глибина
різання 15 мм

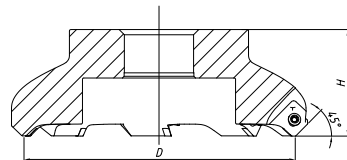
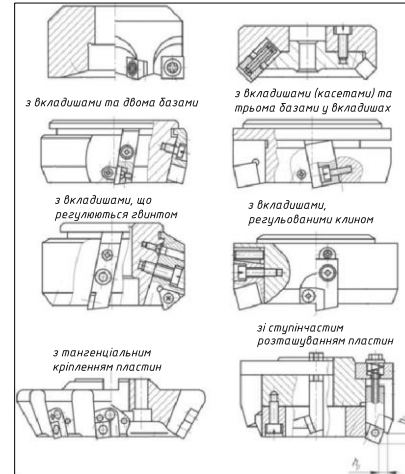
Проста використання та висока
продуктивність;
Універсальність;

Легка заміна пластин;
Використання для верстатобудування

Способи кріплення пластин

з базис під пластини у корпусі фрези

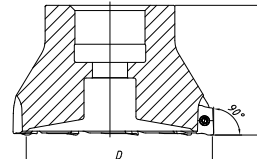
з базис під пластини складових частин корпусу



Фреза торцева CoroMill 245

Переваги

- Проста використання та висока продуктивність;
- Універсальність;
- Легка заміна пластин.

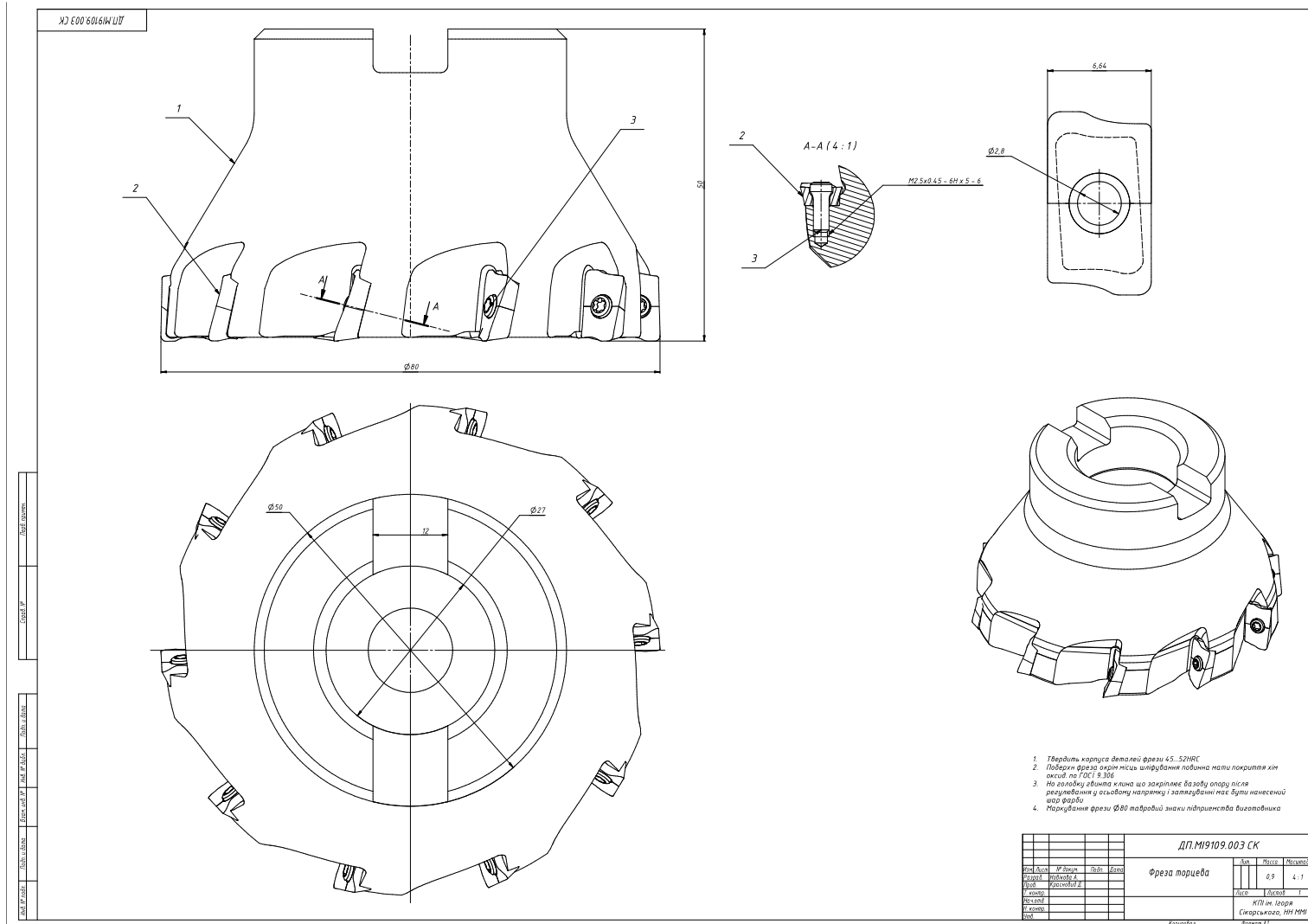


Фреза торцева CoroMill 390

Переваги

- Проста використання та висока продуктивність;
- Універсальність;
- Легка заміна пластин;

Додаток В «Результат конструювання»



Додаток Г «Технологічні процеси виготовлення»

Операция 015 – токарна з ЧПК
Токарно-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ST-8
Пристрій – патрон цанговий розтискний

2100-0565 TSK10 Розціп ГОСТ 18879	1	1	0.5	0.06	2	250	0.05	1.5
2102-0055 TSK10 Розціп ГОСТ 18877-73	2	1	0.25	0.15	3	100	0.6	2.5
Найменування різальних інструментів								
№ інст.	Г	І	С	V	п	Т _д	Т _в	Т _п
Розроб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Вироб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Галузь	І	І	І	І	І	І	І	І
ДП.МІ9109.001								
№ Док.	М.Автори	Роб.	Змін.	Лист				
Розроб.	Подоляк А.			1:1				
Вироб.	Борисов Д.			Арк.заг 1 Арк.всього 4				
Галузь								
Назва	015 Токарна							
Вид	Колетний			Формат А3				

Операция 015 – токарна з ЧПК
Токарно-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ST-8
Пристрій – патрон цанговий розтискний

Дискова прилистання фрези ГОСТ 28527-90	1	1	12	0.05	20	500	1	2
Найменування різальних інструментів								
№ інст.	Г	І	С	V	п	Т _д	Т _в	Т _п
Розроб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Вироб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Галузь	І	І	І	І	І	І	І	І
ДП.МІ9109.001								
№ Док.	М.Автори	Роб.	Змін.	Лист				
Розроб.	Подоляк А.			1:1				
Вироб.	Борисов Д.			Арк.заг 1 Арк.всього 4				
Галузь								
Назва	015 Фрезерна							
Вид	Колетний			Формат А3				

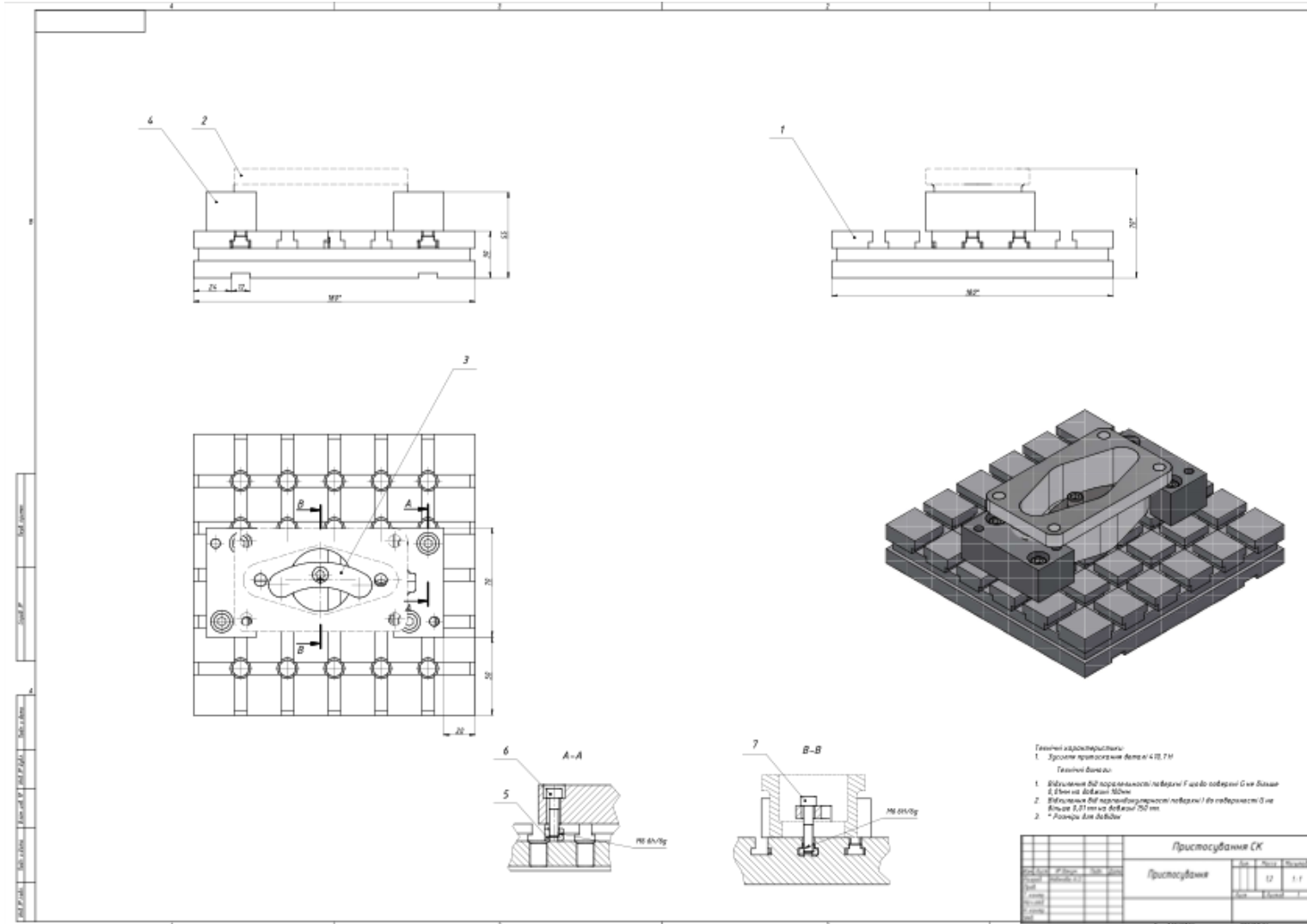
Операция 015 – токарна з ЧПК
Токарно-фрезерний верстат з ЧПК HAAS ST-8
Пристрій – патрон цанговий розтискний

Свердло #26 ГОСТ 887-77	1	1	2	0.06	314	500	2	15
Зенкер Ø26.7 ГОСТ 12489-77	2	1	0.5	0.06	5	20	1	15
Найменування різальних інструментів								
№ інст.	Г	І	С	V	п	Т _д	Т _в	Т _п
Розроб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Вироб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Галузь	І	І	І	І	І	І	І	І
ДП.МІ9109.001								
№ Док.	М.Автори	Роб.	Змін.	Лист				
Розроб.	Подоляк А.			1:1				
Вироб.	Борисов Д.			Арк.заг 1 Арк.всього 4				
Галузь								
Назва	015 Свердлильна							
Вид	Колетний			Формат А3				

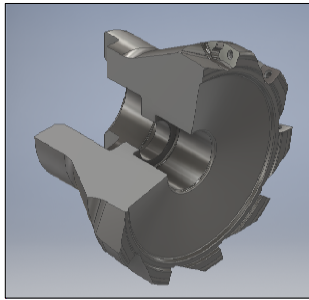
Операция 025 – Внутрішніфувальна
Внутрішніфувальний верстат ЗК228В
Патрон трьохкулачковий ГОСТ 2675-80

Шліфувальний керн ГОСТ 2424-83 Тип ПП 929	1	0.25	0.05	30	300	1	1	
Найменування різальних інструментів								
№ інст.	Г	І	С	V	п	Т _д	Т _в	Т _п
Розроб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Вироб.	І	І	І	І	І	І	І	І
Галузь	І	І	І	І	І	І	І	І
ДП.МІ9109.001								
№ Док.	М.Автори	Роб.	Змін.	Лист				
Розроб.	Подоляк А.			1:1				
Вироб.	Борисов Д.			Арк.заг 1 Арк.всього 4				
Галузь								
Назва	025 Шліфувальна							
Вид	Колетний			Формат А3				

Додаток Г «Складальне креслення пристосування»



Додаток Д «Розробка керуючої програми»

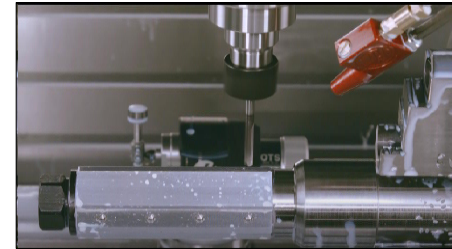


3D модель "Корпус торцевої фрези"

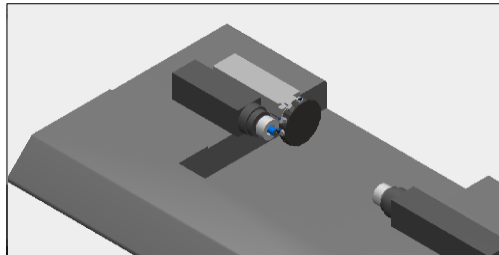
ОПЕРАЦІЯ 015 - Багатоцільва з ЧПК



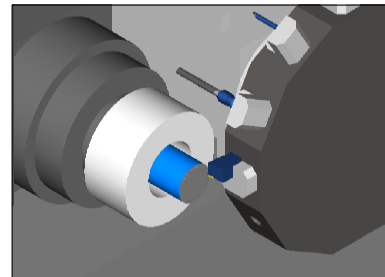
Верстат - Haas ST-28
Система ЧПК - Блок управління Haas M130



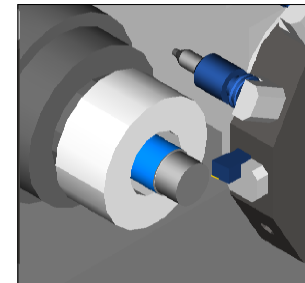
Верстат в роботі



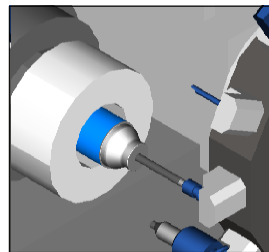
Симуляція токарної обробки на верстаті в FeatureCAM



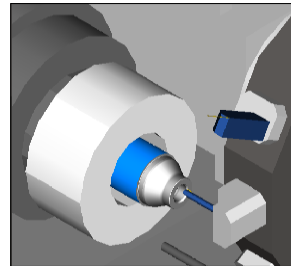
Перехід 1 - Точіння
Підрізання торця



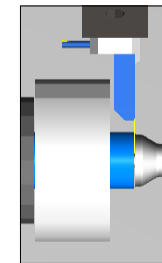
Перехід 2 - Точіння
Контурне точіння зовнішньої поверхні



Перехід 3 - Свердління
Свердління центрального отвору



Перехід 4 - Розточування
Розточування отвору, чернове, чистове



Перехід 5 - Відрізання деталі

Додаток Е Програма обробки корпусу фрези в G-кодi отримана за допомогою програми FeatureCam %

Токарна обробка деталь(FILENAME = Токарна обробка деталь)

N20 G21 G40

N25 G28 U0

N30 G28 W0

(OPERATION: ROUGH FACE ТОРЕЦ1)

N40 T101

N45 G50 S3000

N50 G96 S170 M4

N55 G0 X89.412 Z-2.4 M8

N60 G1 X-1.587 F0.

N65 Z0.

N70 X-0.88 Z0.354

N75 G0 Z3.0

(OPERATION: FINISH FACE ТОРЕЦ1)

N85 G0 X91.0

N90 G50 S3000

N95 G96 S246

N100 G0 X91.0 Z3.0 M8

N105 Z-2.5

N110 G1 X-1.587 F0.

N115 X3.778 Z0.183

(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1)

N125 G0 X89.412

N130 G50 S3000

N135 G96 S170

N140 G0 X89.412 Z0.183 M8

N145 X91.0 Z1.132

N150 X78.708
N155 G1 Z-52.861 F0.
N160 X85.0
N165 X85.707 Z-52.508
N170 G0 Z1.132
N175 G1 X77.995
N180 Z-44.92
N185 X78.704 Z-51.806
N190 G3 X78.708 Z-51.893 R1.693
N195 X78.695 Z-52.041 R1.693
N200 G1 X78.552 Z-52.861
N205 X78.708
N210 X79.415 Z-52.508
N215 G0 Z1.132
N220 G1 X68.73
N225 Z-34.699
N230 X75.733 Z-40.51
N235 G3 X77.255 Z-42.564 R5.882
N240 G1 X77.97 Z-44.677
N245 G3 X77.995 Z-44.827 R0.894
N250 X77.992 Z-44.891 R1.393
N255 G1 X77.995 Z-44.92
N260 X78.702 Z-44.567
N265 G0 Z1.132
N270 G1 X59.465
N275 Z-27.009
N280 X68.73 Z-34.699
N285 X69.437 Z-34.345
N290 G0 Z1.132

N295 G1 X50.2

N300 Z-16.802

N305 G2 X52.798 Z-21.476 R9.057

N310 G1 X59.465 Z-27.009

N315 X60.172 Z-26.656

N320 G0 Z1.132

N325 G1 X48.676

N330 Z-2.662

N335 X49.676 Z-3.162

N340 G3 X50.2 Z-3.794 R0.894

N345 G1 X50.907 Z-3.44

N350 G0 X91.0

(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1)

N360 G0 Z-0.05

N365 G50 S3000

N370 G96 S246

N375 G0 X91.0 Z-0.05 M8

N380 X43.17

N385 G1 X48.535 Z-2.732 F0.

N390 X49.535 Z-3.232

N395 G3 X50.0 Z-3.794 R0.794

N400 G1 Z-16.802

N405 G2 X52.627 Z-21.528 R9.157

N410 G1 X75.561 Z-40.562

N415 G3 X77.058 Z-42.581 R5.782

N420 G1 X77.773 Z-44.693

N425 G3 X77.795 Z-44.826 R0.794

N430 X77.792 Z-44.891 R1.293

N435 G1 X78.504 Z-51.812

N440 G3 X78.508 Z-51.893 R1.593

N445 X78.496 Z-52.032 R1.593

N450 G1 X79.813 Z-48.296

N455 G0 X91.0

N460 G28 U0

N465 G28 W125.0

(OPERATION: DRILL ОТВЕРСТИЕ3)

N475 T202

N480 G97 S325 M4

N485 G0 X0. Z3.0 M8

N490 Z0.5

N495 G83 X0 Z-35.746 Q1350 F1.

N500 G80

N505 G0 Z3.0

N510 G28 U0

N515 G28 W125.0

(OPERATION: ROUGH BORE РАСТОЧКА1)

N525 T303

N530 G50 S3000

N535 G96 S170 M4

N540 G0 X20.15 Z3.0 M8

N545 Z1.136

N550 G1 Z-24.393 F0.

N555 X13.5

N560 X12.793 Z-24.039

N565 G0 Z1.136

N570 G1 X26.8

N575 Z-24.393

N580 X20.15

N585 X19.443 Z-24.039

N590 G0 Z1.136

N595 G1 X31.327

N600 Z-2.664

N605 X27.327 Z-4.664

N610 G2 X26.8 Z-5.3 R0.9

N615 G1 X26.093 Z-4.946

N620 G0 X21.693

N625 Z-18.29

N630 G1 X26.8

N635 G2 X26.807 Z-18.368 R0.9

N640 G1 X27.3 Z-21.187

N645 Z-24.393

N650 X26.8

N655 X26.093 Z-24.039

N660 G0 X21.693

N665 G1 X20.986 Z-23.686

N670 G0 X8.0

(OPERATION: FINISH BORE РАСТОЧКА1)

N680 G0 Z-0.047

N685 G50 S3000

N690 G96 S246

N695 G0 X8.0 Z-0.047 M8

N700 X36.843

N705 G1 X27.469 Z-4.734 F0.

N710 G2 X27.0 Z-5.3 R0.8

N715 G1 Z-18.29

N720 G2 X27.006 Z-18.36 R0.8

N725 G1 X27.5 Z-21.182

N730 Z-24.493

N735 X15.6

N740 X10.226 Z-21.806

N745 G0 X8.0

N750 Z3.0

N755 G28 U0

N760 G28 W0

N765 M30

%