

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

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

« ____ » _____ 20 __р.

Дипломни проект

На здобуття ступення бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та технології
формутворення деталей»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: « Фреза торцева для обробки чавуну»

Виконав (-ла):

Студент (-ка) IV курсу, групи МІ-71

Іванов Олександр Анатолійович _____

Керівник:

доц. Глоба О.В. _____

Рецензент:

директор Макаров А.С. _____

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

Студент (-ка) _____

Київ 2021 року

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Фреза торцева для обробки чавуну»

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології
формування деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«__»_____20__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Іванову Олександрю Анатолійовичу

1. Тема проєкту «Фреза торцева для обробки чавуну», керівник проєкту Глоба Олександр Васильович, доцент, затверджені наказом по університету від «18» травня 2021 р. №1203-с
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту: згідно технічного завдання ПП «Основа Центр» та технічного завдання до проєкту
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз існуючих конструкцій торцевих

фрез, розрахунок геометричних параметрів торцевої фрези, розрахунок режимів різання та припусків на обробку, проектування технологічного процесу, визначення режимів різання, вплив сил різання на дану конструкцію фрези

5.Перелік графічного матеріалу: Аналіз конструкцій, складальний кресленик торцевої фрези, кресленик корпусу фрези, кресленик корпусу різця, кресленик універсально-складального пристрою, аналіз напружено-деформованого стану.

6.Дата видачі завдання_____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Первинний аналіз існуючих конструкцій торцевих фрез. Розробка аналізу конструкцій фрез.		
2	Вибір матеріалу ріжучої частини. Вибір матеріалу корпусу фрези.		
3	Розрахунок геометричних та конструкторських параметрів фрези виходячи з параметрів обрюблюваного матеріалу та розмірів заготовки. Розробка 3д моделі фрези. Розробка складального креслення торцевої фрези.		
4	Аналіз первинної технології виготовлення торцевих фрез. Модернізація технологічного процесу під сучасні виробництва. Розробка технологічного процесу.		
5	Розрахунок та проектування поворотного пристосування, аналіз напружено-деформованого стану фрези		

Студент

Олександр ІВАНОВ

Керівник

Олександр ГЛОБА

Технічне завдання до проекту	
Тема проекту	Фреза торцева для обробки чавуну
Зміст проекту	Розробити торцеву фрезу для обробки чавуну
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оброблення площини 2. Матеріал деталі – ВЧ40 3. Заготовка отримана литвом 4. Шорсткість поверхні – Ra 3.2 мкм 5. Різальна частина фрези – ротаційні різці зі змінними елементами з твердого сплаву. 6. Кріплення різального елемента – механічне. 7. Підведення охолоджувальної рідини – зовнішнє. 8. Верстат для оброблення – HAAS VF-6/50
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	1. Аналіз конструкцій фрез торцевих зі змінними різальними елементами
ОП	1. Робочий кресленик фрези. 2. 3D модель фрези
СС	1. Робочий кресленик різця. 2. 3D модель різця.
ТС	Ескіз технологічних операцій: Токарна обробка поверхні корпусу фрези, Фрезерування шпонкового пазу та свердління отворів, нарізання різьби;
КС	Складальний кресленик та 3D-модель пристосування спеціального поворотного.
ДС	Дослідження впливу різальних сил на конструкцію під час операції торцювання.

АНОТАЦІЯ

Метою дипломного проекту є проектування торцевої фрези для обробки площин.

Для обробки площин використовують торцеві фрези. Під час обробки площин торцеву фрезу встановлюють так щоб його вісь була перпендикулярна до поверхні деталі, яку оброблюють. Торцеві фрези забезпечують плавну роботу при великій величині припуску, дають велику продуктивність.

Фреза складається з корпусу, в який встановлюють ротаційний різець з твердосплавною круглою пластиною. Таке компонування дозволяє підвищити якість та продуктивність обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій.
2. Вибрати заготовку.
3. Розрахувати припуски на обробку.
4. Розробити технологічний процес виготовлення фрези.
5. Розрахувати режими різання.
6. Підібрати оснащення для затиску корпусу оброблюємої деталі.
7. Дослідити вплив сил різання на конструкцію спроектованої фрези.

Ключові слова: торцева фреза, ротаційні різці, круглі твердосплавні пластини, технологічний процес, сили різання.

ABSTRACT

The purpose of the diploma project is to design an end mill for machining planes.

End mills are used for machining planes. When machining planes, the end mill is set so that its axis is perpendicular to the surface of the workpiece. End mills provide smooth operation at the big size of an allowance, give the big productivity.

The cutter consists of the case in which establish the rotary cutter with a hard-alloy round plate. This layout allows you to improve the quality and productivity of processing.

To achieve this goal it is necessary to solve the following tasks:

1. Analyze existing structures.
2. Select the workpiece.
3. Calculate processing allowances.
4. To develop the technological process of making a cutter.
5. Calculate cutting modes.
6. To select equipment for a clip of the case of the processed detail.
7. Investigate the influence of cutting forces on the design of the designed cutter.

Key words: face milling cutter, rotary cutters, round carbide inserts, technological process, cutting forces.

Зміст

Вступ.....	11
1 Аналіз конструкцій фрез для торцевого фрезерування	
1.1 Вихідні дані до аналізу	12
1.2 Торцеве фрезерування.....	14
1.3 Огляд існуючих конструкцій торцевих збірних фрез.....	16
1.4 Різальні пластини для обробки чавуну.....	24
1.5 Схеми ротаційного різання.....	25
1.6 Вибір кроку фрези.....	27
2 Проектний розрахунок торцевої фрези	
2.1 Вибір та обґрунтування матеріалу інструмента	29
2.2 Аналіз геометричних параметрів фрези.....	32
2.3 Проектування торцевої фрези.....	32
2.4 Опис конструкції фрези.....	37
3 Технологія виготовлення торцевої фрези	
3.1 Технологія виготовлення корпусу фрези.....	38
3.2 Розрахунок припусків для корпусу фрези	40
3.3 Технологія виготовлення корпусу різця.....	42
3.4 Розрахунок припусків для корпусу різця.....	43
3.5 Розрахунок режимів різання.....	44
3.6 Розрахунок посадки.....	48
4 Конструкторський розділ	
4.1 Постановка завдання.....	50
4.2 Проектування спеціального пристрою.....	52
4.3 Визначення похибки базування.....	54
4.4 Визначення зусиль затиску заготовки.....	56

5 Аналіз напружено-деформованого стану при роботі фрези

- 5.1 Розрахунок сили різання при обробці заготовки фрезою.....62
- 5.2 Розрахунок напружено-деформованого стану.....63

6 Керуюча програма для обробки на верстатах з ЧПК

- 6.1 Керуюча програма для операції 010.....67
- 6.2 Керуюча програма для операції 020.....68
- Висновки.....69
- Список використаних джерел.....70
- Додатки.....72

ВСТУП

Машинобудування – одна з найважливіших галузей промисловості не тільки України, а й всього світу.

Інструментальне виробництво – напрямок машинобудування, яка виготовляє різальний інструмент, технологічну оснастку. Різальні інструменти використовують в усіх галузях народного господарства, а також у побуті. Основні види інструментів – різці, свердла, фрези, протяжки, зенкери, мітчики, плашки, розвертки, ключі, викрутки, патрони, втулки, призми, калібри-скоби, калібри, штампи, пресформи.

Ще на кінці ХХ століття використовували суцільні різці, фрези, працювали за верстакami з ручним керуванням, а зараз розроблено безліч інструментів нового покоління і станків з ЧПК.

З кожним роком інструментальне виробництво розвивається, адже галузь машинобудування не стоїть на місці і постійно створюється щось нове, і тому для того, щоб спростити і покращити виробництво стандартні інструменти не завжди підходять.

Основними завданнями сучасного інструментального виробництва є:

- Підвищення якості інструментів;
- Підвищення продуктивності;
- Підвищення точності та надійності інструментів;
- Постійне удосконалення конструкцій інструментів;
- Безперервне забезпечення виробництва інструментом.

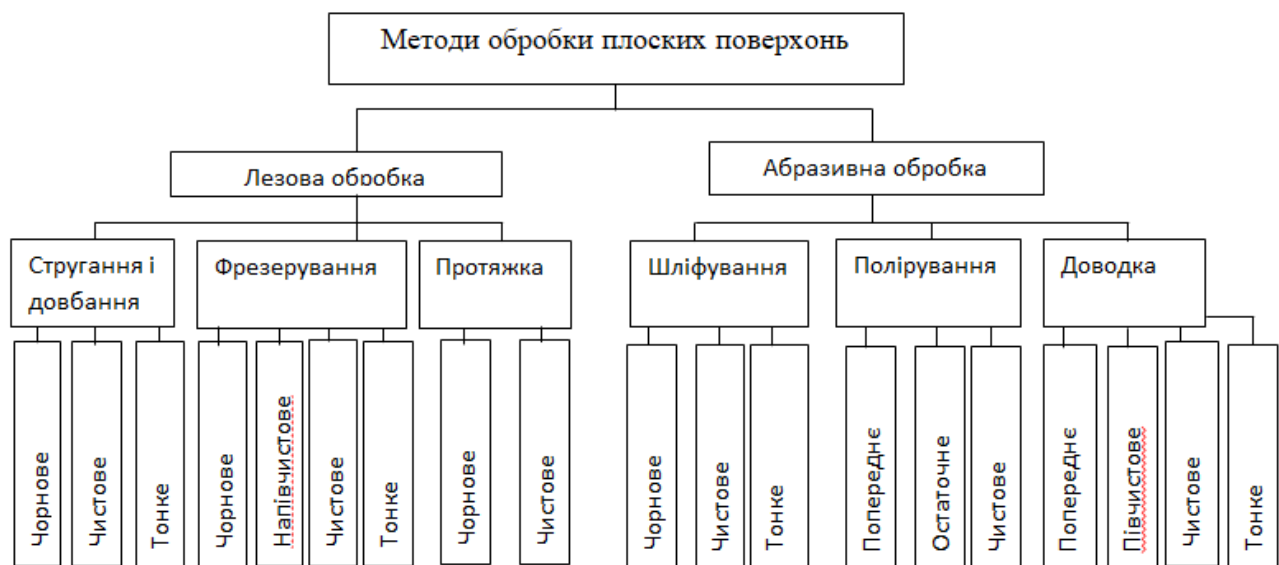
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ФРЕЗ ДЛЯ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

1.1 Вихідні данні до аналізу:

- Поверхня обробки – площина;
- Матеріал оброблення – ВЧ 40;
- Шорсткість поверхні – Ra 3.2 мкм;
- Верстат – HAAS VF-6/50

Методи обробки плоских поверхонь [1]

Для обробки плоских поверхонь можуть бути використані різні методи: стругання, довбання, фрезерування, протягування та інші (Табл. 1).



Таблиця 1 – Методи обробки плоских поверхонь

Найбільше застосування мають фрезерування, протягування, стругання і шліфування.

В даний час найбільше застосування одержало фрезерування плоских поверхонь, яке здійснюється на горизонтально-фрезерних, вертикально-фрезерних, універсально-фрезерних, поздовжньо-фрезерних, карусельнофрезерних, барабанно-фрезерних верстатах.

У більшості випадків плоскі поверхні обробляються циліндричної або торцевої фрезою. При циліндричному фрезеруванні вісь обертання фрези паралельна оброблюваної поверхні, а при торцевому фрезеруванні - перпендикулярна.

Як циліндричний, так і торцеве фрезерування можуть бути зустрічним, коли напрямок подачі протилежно напрямку обертання фрези, і попутним, коли напрямок подачі збігається з напрямком обертання фрези. При попутному фрезеруванні робота зуба фрези починається зі зрізання шару найбільшої товщини, а при зустрічному фрезеруванні навантаження на зуб збільшується поступово. При чорновій обробці слід використовувати метод зустрічного фрезерування для запобігання передчасного зношування фрези. При чистовій обробки при використанні попутного фрезерування збільшується стійкість інструменту і поліпшується якість обробленої поверхні.

Торцеві фрези найкращими є в порівнянні з циліндричними, оскільки забезпечують рівномірний фрезерування, оскільки довжина дуги контакту у них більше, крім того, вони не вимагають довгих оправок при їх кріпленні на верстаті.

В даний час використовуються високопродуктивні ротаційні торцеві фрези з обертовими ріжучими пластинами циліндричного типу, торцеві фрези зі спіральним багаторядним розташуванням змінних ріжучих пластин, та ін.

Ротаційні фрези були розроблені Всесоюзним науково-дослідним інструментальним інститутом (ВНДІ) і фізико-технічним інститутом АН УРСР.

Вони відрізняються від звичайних торцевих фрез тим, що різальна кромка зуба (чашка) під час різання повертається на деякий кут за рахунок тангенціальної складової сили різання. Різальним елементом в них є швидкорізальні або твердосплавні чашки, встановлені на опорах ковзання або кочення. Ці фрези призначені для чистового і напівчистового фрезерування відкритих площин при обробці важко оброблюваних матеріалів на основі титану та вольфраму, нержавіючих, жароміцних сталей, чавуну і т. п.

Ротаційні фрези з поворотними різальними кромками відрізняються високою стійкістю, що в окремих випадках є важливим фактором, так, при обробці довгих площин стандартна торцева фреза з недостатньою розмірною стійкістю не дозволяє забезпечити безперервність обробки без переточки її або заміни пластинок. Після заміни фрези на оброблюваній площині обов'язково утворюється уступ. Фрези з поворотними ріжучими крайками забезпечують отримання площин 7-го класу шорсткості і неплоскостинність в межах 0,01 мм на 500 мм довжини [2].

1.2 Торцеве фрезерування

Найбільш прогресивним методом для обробки плоских поверхонь деталей машин є лезова обробка, а саме – торцеве фрезерування, яке забезпечує високу продуктивність і оптимальні показники якості обробки. В той же час торцева обробка багатоступінчастими фрезами характеризується переривчастим процесом врізання різальних ножів і виходу їх із зони різання, змінними глибинами обробки на кожному ступіні і товщинами зрізу і, таким чином, є нестационарним різанням. Суттєвим резервом підвищення продуктивності обробки є можливість створення нових конструкцій торцевих фрез, які б дозволили поєднати декілька операцій обробки (чорнову, напівчистову і чистову) за один прохід. В умовах високої вартості верста на сучасних верстатах це має велике значення на сучасному етапі розвитку інструментального виробництва та машинобудування [3].

Торцеві фрези поділяються на насадні з дрібними (рис. 1.1, а) і з великими зубами (рис.1.1, б) та насадні зі вставними ножами (рис.1.1, в) [4].

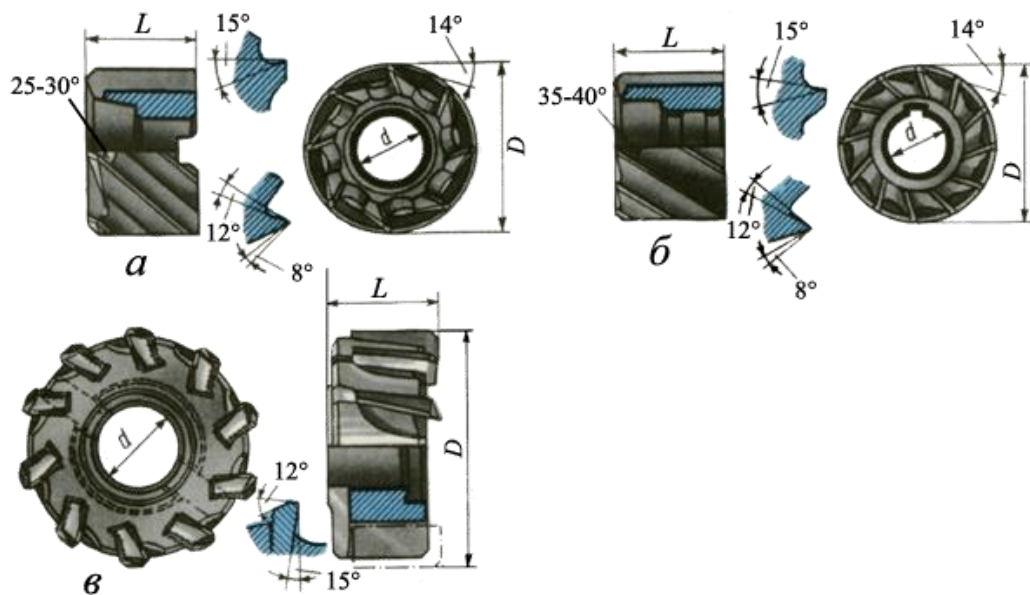


Рисунок 1.1– Торцеві фрези насадні [4]:

а — торцева фреза з дрібними зубами; б — торцева фреза з великими зубами; в — насадна фреза зі вставними ножами

Основними розмірами торцевих фрез є: діаметр — D , довжина фрези — L , діаметр отвору — d і кількість зубів — z .

Торцеві фрези мають ряд переваг, головними з яких є:

- більш жорстке кріплення на оправці або шпинделі;
- більш плавна робота через більшу кількість одночасно працюючих зубів.

Тому оброблення площин у більшості випадків доцільно проводити торцевими фрезами.

Торцеві фрези, поділяються на праворізальні та ліворізальні (рис.1.2) [4].

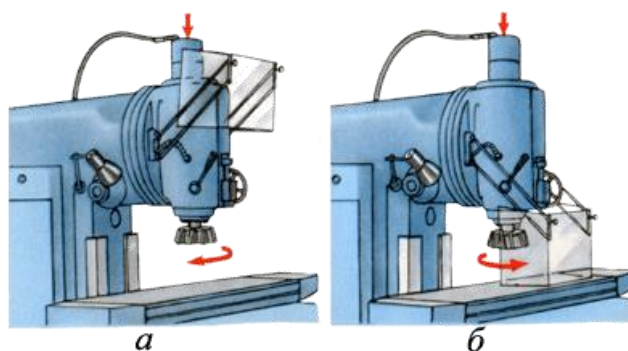


Рисунок 1.2 – Напрямок обертання фрез[4]:

а — праворізальна фреза; б — ліворізальна

Поширилися торцеві фрези, оснащені пластинками твердих сплавів. Фрезерування площин торцевими твердосплавними фрезами є продуктивнішим, ніж фрезерування циліндричними фрезами.

Останнім часом поширилися торцеві фрези з непереточуваними твердосплавними пластинками [4].

1.3 Огляд існуючих конструкцій торцевих збірних фрез

Торцева фреза (рис. 1.3), має корпус та дві ступіні з різальними ножами, які встановлені з можливістю регулювання взаємного положення в осьовому напрямку, ступіні виконані відносно рухомими і зв'язані між собою за допомогою рівноплечого важеля, вісь якого закріплена в корпусі фрези [3].

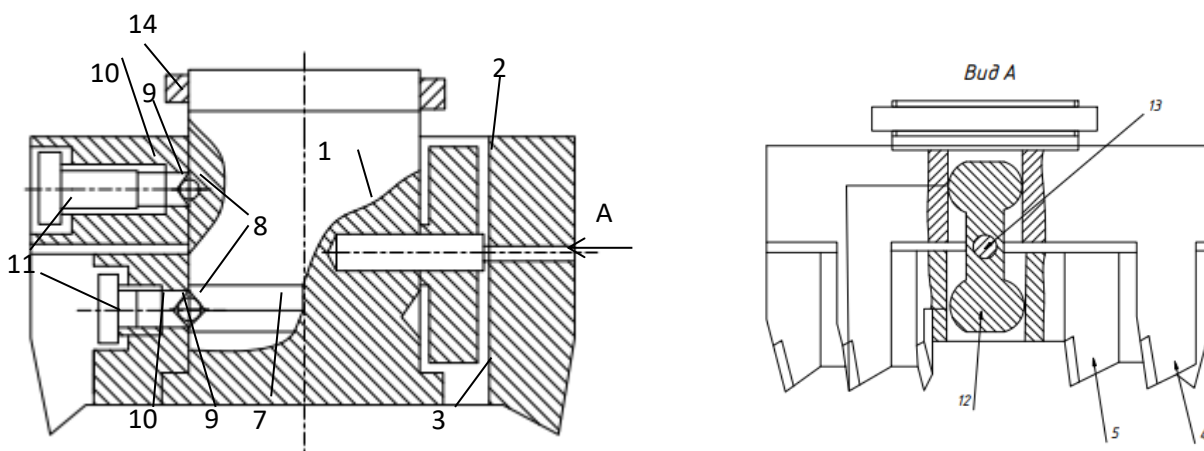


Рисунок 1.3 – Торцева фреза по а.с. 1053983 МКИ В 23 С 5/06 [3]

Торцева ступінчаста фреза складається з корпусу 1 та двох ступіней з різальними ножами – верхньої 2 та нижньої 3, встановлених на корпусі таким чином, що кожний різальний ніж 4 верхньої ступіні входить у виріз між різальними ножами 5 нижньої ступіні. Верхня ступінь має можливість обертатися навколо вісі фрези та одночасно переміщуватися вздовж її по похилим направляючим канавкам 6 корпусу, орієнтація яких відповідає орієнтації результуючої R, осьової та колової складової сили різання. Нижня ступінь має можливість обертатись навколо вісі фрези по кільцевим направляючим канавкам 7 корпусу. Переміщення ступіней по направляючим відбувається за допомогою шарів 8, що піджимаються до направляючих пальцями 9 та пружинами 10. Зусилля підтиску регулюються пружинами 11. Ступіні зв'язані між собою та з корпусом через рівноплечий важіль 12, який обертається навколо вісі 13, що закріплена в корпусі фрези. На корпусі встановлено також запобіжне кільце 14, яке при необхідності може служити в якості обмежувача глибини різання, що припадає на нижню ступінь для поліпшення якості поверхні обробленої деталі [3].

Конструкція фрези (рис.1.4) не є ступінчастою, але реалізує багато прохідну обробку завдяки конструктивним особливостям за рахунок автоматичного поділу припуску. Виліт регулюється за допомогою клинових ножів 4 та гвинтів 5. В якості осьової опори різальних вузлів використовуються пелюстки 6 корпусу, які в силу своєї різної товщини мають різну жорсткість.

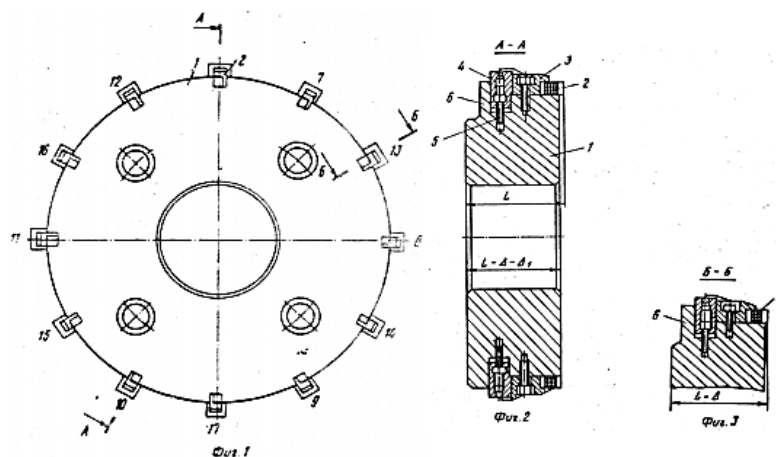


Рисунок 1.4 – Торцева фреза по а. с. 623311 Рис.1.19. МКИ В 23 С 5/06 17 [3]

Першу групу складають ножі 7-12. Торцева фреза складається з корпуса 1, в пазах якого встановлені різальні ножі 2, що піджимаються до опорних поверхонь пазів закріплюючими елементами 3. Різальні ножі розподілені на групи, кожна з яких має свій осьовий установки та максимальну жорсткість відповідних пелюстків корпуса 1. Другу групу складають ножі 13-16. Ця група має проміжний розмір осьової установки та проміжну жорсткість відповідних пелюстків корпуса. Третю групу складають ножі 2 та 17, що мають максимальний виліт та мінімальну жорсткість пелюстків корпуса фрези. Суттєвим недоліком цього інструмента є складність різальних вузлів та настройки [3].

Фреза за авт. свід. №1445870 (Рис.1.5.), складається з корпуса 1, в ступінчастих отворах 2 якого встановлені гофровані тонкостінні втулки 3 з різальними ножами 4.

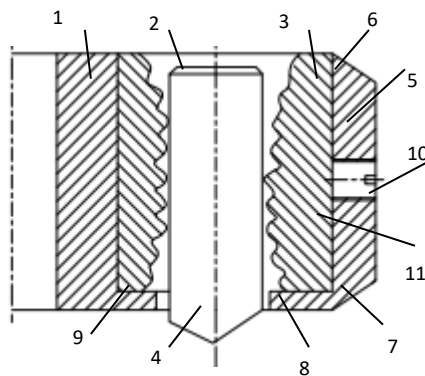


Рисунок 1.5 – Торцева фреза за а. с. 1445870 МКИ В 23 С 5/06 [3]

Втулки 3 мають циліндричні пояски 6 та 7 і встановлюються до упора в торець 9 ступені. Кріплення втулок 3 здійснюється зі сторони верхнього циліндричного пояска. Утворена отвором корпуса та тонкостінною гофрованою втулкою порожнина 10 заповнюється пружним середовищем. Для закріплення різальних ножів фреза оснащена гвинтом 11, що взаємодіє з пружним середовищем в замкненій порожнині [3].

Фреза з круглими пластинами (Рисунок 1.6) [6]



Рисунок 1.6 – Фреза з круглими пластинами [6]

Товщина стружки, h_{ex} , змінюється при використанні круглих пластин і залежить від глибини різання, a_p . При високопродуктивному фрезеруванні з використанням круглих пластин глибина різання повинна бути невеликою (не більше 10% діаметра пластини, iC , в іншому випадку ефект стоншення стружки буде знижений і подачу доведеться зменшити, див. Рисунок 1.7 [5].

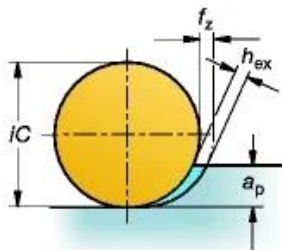


Рисунок 1.7[5]

Примітка: При використанні фрез з круглими пластинами важливо зменшувати подачу при підході до стінки / уступу, оскільки глибина різання різко збільшується.

Міцні пластини для чорнової обробки. При використанні фрез з круглими пластинами товщина стружки і кут в плані залежать від глибини різання. Найкраща працездатність досягається при глибині різання менше $25\% * iC$ (Рисунок 1.8) [5].

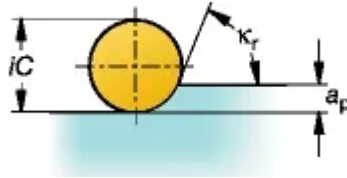


Рисунок 1.8 [5]

Ротаційна торцева фреза (Рисунок 1.9), виконана у вигляді корпусу з підшипниковими вузлами, закріпленими на торці. Ріжучі чашки з легованого хромистого чавуну мають по два ріжучих леза.

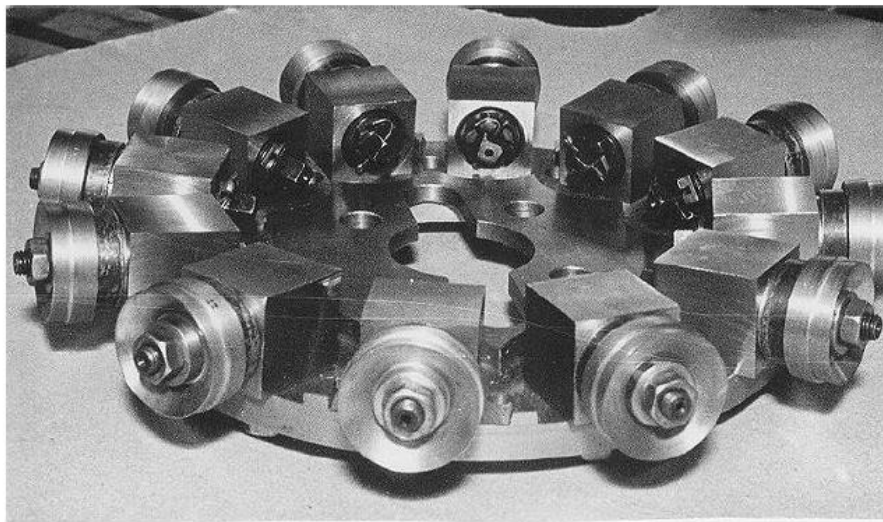


Рисунок 1.9 – Ротаційна торцева фреза [7]

Фреза кріпиться на шпинделі верстата. При обертанні шпинделя і подачі заготовки ріжучі чашки виробляють її фрезерування, обертаючись разом зі шпинделем; під дією сил різання чашки одночасно самообертаються в підшипникових вузлах. Ротаційна фреза може містити механічний привід на кожну чашку, що забезпечує її примусове планетарне обертання і в робочому і в холостому режимах. Оновлення ріжучого леза зменшує швидкість ковзання по заготівлі незалежно від окружної швидкості леза спільно з корпусом фрези [7].

Конструкція ротаційної фрезерної головки, показана на рис. 1.10 [8].

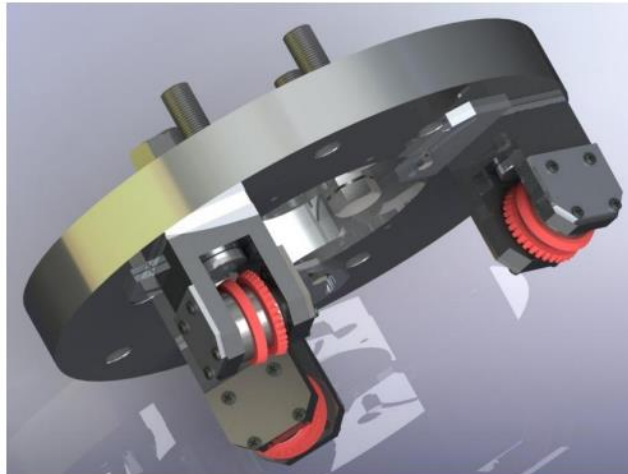


Рисунок 1.10 – 3D модель ротаційної головки [8]

Забезпечити в одній конструкції гідності різних схем можливо шляхом створення комбінування ротаційних вузлів, які є змінними модулями. При цьому корпус фрези служить базою, на яку в певній послідовності встановлюються вузли, що працюють за різними схемами різання [8].

Ротаційні фрези на підшипниках ковзання [9]

На рисунку 1.11 б показана фреза в якій різальні пластини 1 встановлені на нерухомому вісь 3 з підп'ятником 2. Вісь зафіксована в змінних пальцях 4 положення яких в корпусі фрези 5 може регулюватися як по висоті, так і по куту повороту. Для забезпечення стійкого самообертання пластин площина їх різальних лез повертається відносно осевої площини фрези на кут $15-20^\circ$. Кожен зуб фрези знімає припуск 2-3 мм. Різцеві вузли можуть бути розташовані на різних відстанях від центру фрези.

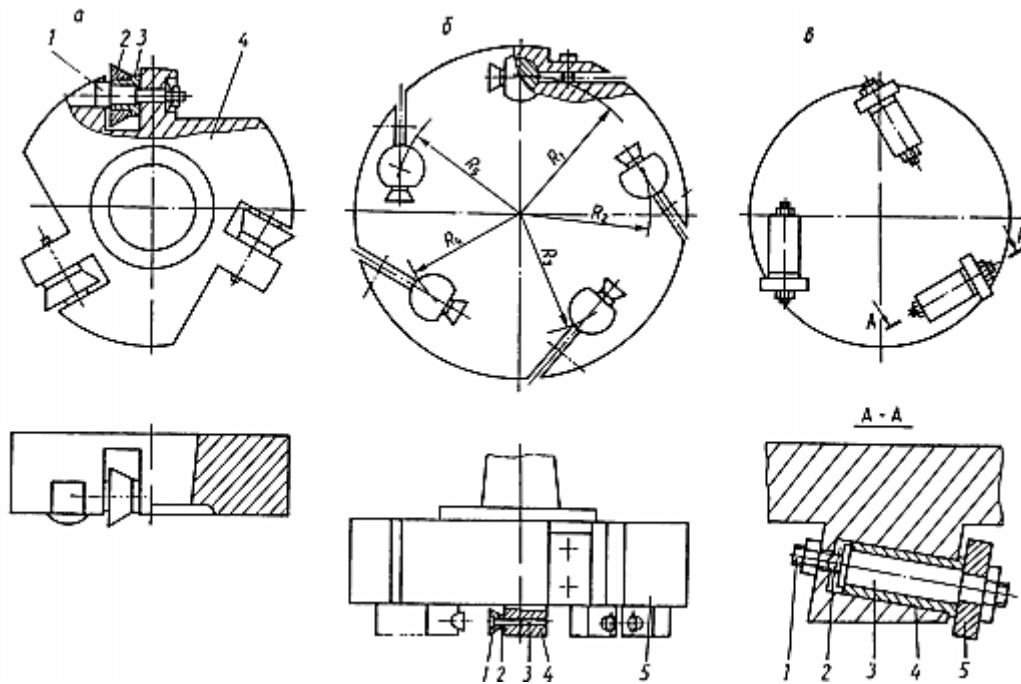


Рисунок 1.11 – Ротаційні фрези на підшипниках ковзання[9]

В конструкції фрези створеною інженерами компанії «Локхид Айркрафт» (рис. 1.11 в), різальні пластини 5 встановлені на підшипниках ковзання 4. Шпиндель 3 з різальними пластинами торцем впирається на регульований гвинт 1 з шариком 2. Радіальна та осева ступінчатість різців дає їм змогу робити в відповідній послідовності.

Збільшити жорсткість інструмента можна шляхом ліквідації консольного кріплення різальної пластини. У фрезі (рис. 1.11 а) різальні пластини 2 з запресованими підшипниками ковзання 3 встановлені на ексцентричній осі 1, яка кріпиться в пазах корпуса 4. Таке положення різальної пластини дозволяє вести обробку на високих режимах різання та із значною глибиною різання.

Широкі технологічні можливості має фреза зі змінними різальними вузлами (рис. 1.12). Фреза складається з корпусу 2 з направляючі елементи, в які встановлюються державки 4. За допомогою прихватів 3 вони фіксуються в корпусі. В клемовому затиску державок вздовж направляючих регулюють кут повороту площини різального леза. Нахил осі різця задається конструкцією державки. Для операції тонкого чистового фрезерування, особливо кольорових металів і сплавів, а також пластмас, рекомендується застосування примусового

обертання різальної пластини, котрі в описаній конструкції здійснюється безпосередньо пневмотурбінок 5 закріплених на шпинделі різців. Подача повітря від пневмомережі здійснюється через порожнисті штрівелі, канали в корпусі фрези і патрубку 6. [9]

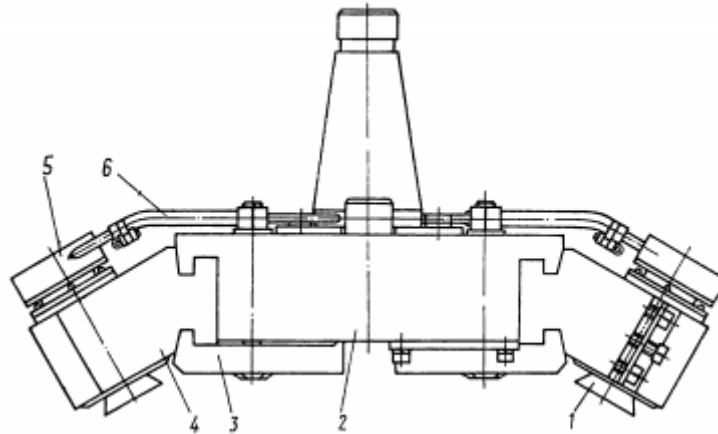


Рисунок 1.12 – Ротаційна фреза з підкруткою різальних пластин [9]

Ротаційна фреза (рис. 1.13) [10]

Містить механічний привід на кожну чашку. Це забезпечує її примусове планетарне обертання в робочому і в холостому режимах.



Рисунок 1.13 – Ротаційна фреза [10]

Комбінована фрезерно-шліфувальна головка (рис.1.14) відрізняється від фрези (див. рис. 1.13) наявністю ріжучої чашки (праворуч) і алмазного інструменту (зліва). В процесі обробки вони обертаються з різними окружними швидкостями, оптимальними для свого інструментального матеріалу. Твердим сплавом проводиться фрезерування заготовки зі зніманням основного припуску, алмазні зерна шліфують заготовку, забезпечуючи їй високу якість обробленої поверхні. [10]

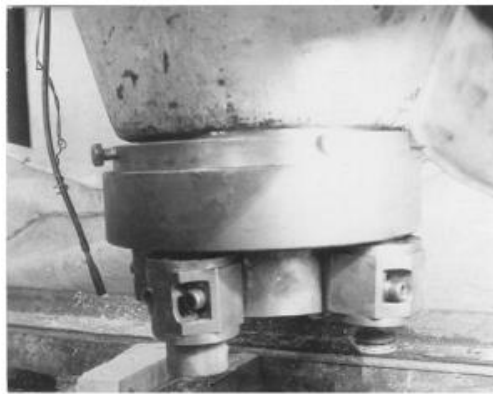


Рисунок 1.14 – Комбінована фрезерно-шліфувальна головка [10]

1.4 Різальні пластини для обробки чавуну [11]

GC3330

Сплав високої твердості з покриттям CVD великої товщини, призначений для чорнового і напівчистового фрезерування всіх типів чавуну при стабільних і середніх умовах, з MOP і без MOP. Перший вибір для обробки сірого чавуну і різних матеріалів групи ISO K [11].

GC3220

Сплав високої твердості з покриттям CVD дуже великої товщини, призначений для чорнового і напівчистового фрезерування сірого чавуну з високою швидкістю різання в стабільних умовах без MOP [11].

K20W

Сплав високої твердості з покриттям CVD невеликої товщини, призначений для напівчистового і чистового фрезерування всіх типів чавуну в стабільних умовах з МОР. Ідеально підходить для фрез великого діаметру [11].

GC1020

Сплав високої твердості з тонким покриттям PVD, призначений для напівчистової і чистової обробки чавуну з кулястим графітом з МОР і без МОР і для обробки сірого чавуну з МОР в стабільних і середніх умовах. Перший вибір для обробки чавуну з кулястим графітом і / або для фрез невеликого діаметру [11].

GC3040

Сплав середньої твердості з покриттям CVD великої товщини, призначений для чорнового і напівчистового фрезерування сірого чавуну в умовах підвищених вимог до міцності без МОР [11].

K20D

Сплав високої твердості з покриттям CVD дуже великої товщини, призначений для чорнового і напівчистового фрезерування сірого чавуну з високою швидкістю різання в стабільних умовах без МОР [11].

1.5 Схеми ротаційного різання [10]

Різноманіття ознак ротаційного різання з поділом їх на кінематичні, конструктивні та установчі досить повно відображено в роботі . Найбільш важливими класифікаційними ознаками для виявлення особливостей ротаційного різання у відповідність з роботами є: орієнтація ріжучого елемента щодо векторів головного руху (перша і друга геометричні схеми) і руху подачі інструменту (пряма і зворотна схеми) (рис.1.15).

Розглянемо геометричні схеми ротаційного різання при фрезеруванні. Ріжучий елемент спільно з корпусом фрези обертається навколо осі шпинделя зі

швидкістю ω_r , а також обертається навколо своєї осі швидкістю ω_o . Заготовка робить поступальний рух зі швидкістю подачі D_s

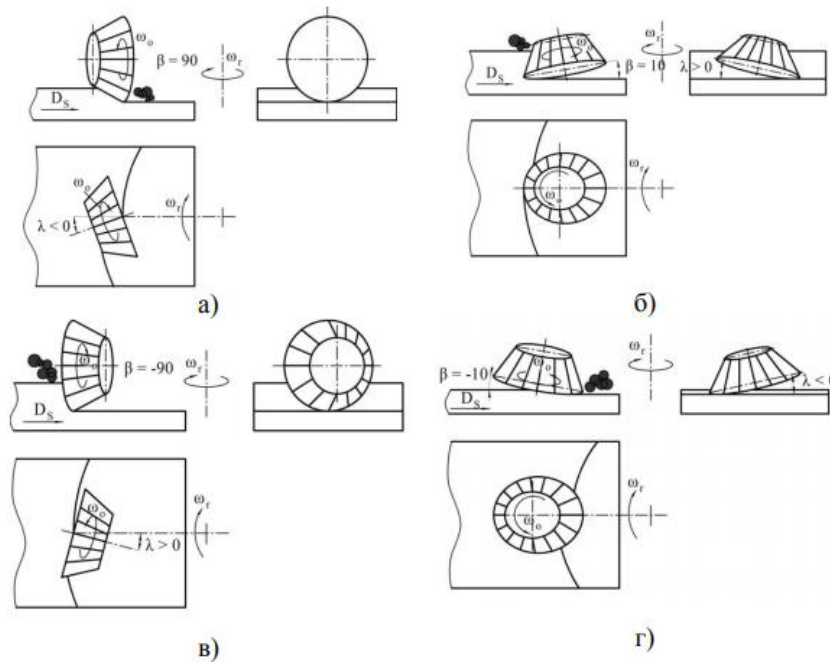


Рисунок 1.15 – Схеми ротаційного різання [10]

Перша пряма схема (рис. 1.15а) забезпечує можливість зняття значного припуску, що дозволяє використовувати ротаційний інструмент на її основі для конструювання бурової техніки, фрезерування дорожнього полотна, на чорнових операціях механічної обробки. Друга пряма схема (рис. 1.15б) при конструюванні фрезерного інструменту має переваги перед першою, так як знімає обмеження на розміри підшипникового вузла, що позитивно позначається на його жорсткості. У разі комбінування в одному підшипниковому вузлі кількох ріжучих елементів дана схема може використовуватися в тих же областях, що і перша пряма. Зворотня геометрична схема (рис. 1.15в, г) може бути застосована для чистових операцій механічної обробки. Підвищення продуктивності в порівнянні з традиційним інструментом досягається в цьому випадку суттєвим збільшенням подачі ротаційного інструменту [10]

1.6 Вибір кроку фрези

При збільшенні кількості різальних крайок збільшується хвилинна подача при збереженні швидкості різання і подачі на зуб на тому ж рівні і без зайвого нагріву ріжучої кромки. [13]

Однак збільшення кількості зубів впливає на конструкцію фрези. Зменшення відстані між пластинами означає обмеження простору для евакуації стружки. У більшості випадків цим визначається необхідність виготовлення фрез з рівномірним кроком зубів. [13]

Нерідко чинником, що обмежує можливу кількість зубів, що одночасно беруть участь в процесі різання, є вимоги до потужності. [13]

Розрізняють такі види кроку зубів фрезерного інструменту: нерівномірний, великий, середній і дрібний. [12]

Нерівномірний крок: [13]

Фрези з нерівномірним кроком характеризуються різною відстанню між зубами по всьому колу фрези. Такі фрези мають певні переваги, так як вони обмежують гармонійні коливання, що в свою чергу сприяє підвищенню стабільності та зниження ризику виникнення вібрації. Це особливо цінно при фрезеруванні з великою шириною контакту і великим вильотом.

Великий крок:

Для фрез з великим кроком характерна невелика кількість зубів і за рахунок цього широкі канавки для відводу стружки. Відповідно, це ідеальний варіант для обробки металів, що дають довгу зливну стружку під час різання. Цим властивістю уславлений алюміній. Крім того, зуби фрези зазвичай розташовані нерівномірно. Це дозволяє звести до мінімуму можливі вібрації, ніж у інструментів з рівномірним кроком. Зуби фрезерного інструменту з великим кроком мають підвищену міцність, що допускає більшу кількість переточувань. Крім того, вони добре відводять нагрів від місця різання, що

дозволяє фрезерувати на повну глибину навіть на верстатах з невеликою потужністю. Великий крок рекомендований при великому вильоті фрези і великій ширині фрезерування. [12]

Середній крок:

Такий крок передбачає невелику кількість зубів. Ідеально підходить для чорнової обробки і дозволяє забезпечити високу продуктивність. Зазвичай використовується при фрезеруванні матеріалів, які вимагають достатньої ширини канавок для відведення стружки. Наприклад, нержавійки, титану і жароміцних сталей. [12]

Дрібний крок:

Таким параметром володіють фрези з великою кількістю зубів. При цьому вони рівномірно розподілені на інструменті - на рівній відстані один від одного. Фрези з дрібним кроком гарні для підвищення продуктивності, тому що в процесі різання завжди бере участь більше одного зуба. Вони зазвичай застосовують для різання крихких матеріалів, типу чавуну, а також металів, що дають елементну стружку. Найчастіше - це чистова обробка з малим зніманням. [12]

2 ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК ТОРЦЕВОЇ ФРЕЗИ

2.1 Вибір та обґрунтування матеріалу інструмента

Металообробний інструмент працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Тому інструментальні матеріали повинні володіти певними експлуатаційними фізико-механічними властивостями. Інструментальний матеріал повинен володіти високою твердістю. Твердість інструментального матеріалу повинна бути вищою від твердості оброблюваного матеріалу не менше ніж в 1,5 – 2 рази. Важливою вимогою є висока міцність інструментального матеріалу. Якщо висока твердість матеріалу робочої частини інструмента не забезпечується необхідною міцністю, то це призводить до руйнування інструменту і викришування різальних кромки. Таким чином, інструментальний матеріал повинен мати достатній рівень ударної в'язкості і чинити опір появі тріщин. Інструментальний матеріал повинен мати високу зносостійкість при підвищеній температурі, тобто мати хороший опір стиранню оброблюваним матеріалом, що дозволяє довше забезпечувати первинне налаштування інструменту на розмір. Інструментальний матеріал повинен володіти технологічними властивостями, що забезпечують оптимальні умови виготовлення інструментів. [14]

Для чорнової обробки деталей із чавуна доцільно використати твердий сплав, а саме ВК6. [14,с.16]

Склад та властивості твердого сплаву ВК6: [16]

WC %	Co %	Міцність на згин (σ), МПа	Твердість, HRA	Теплопровідність, Вт/(м·°С)
94	6	1550	88,5	62,8

Зарубіжні аналоги матеріалу ВК6 [16]

Німеччина	Швеція	Болгарія	Польща	Чехія
DIN, WNr	SS	BDS	PN	CSN
HG20	MC318 MC321	BK4 BK6	B0 H15X H20 H20S	G1

Застосування ВК6:

Для обробки матеріалів різанням: Чорнового і получернового точіння, попереднього нарізування різьблення токарськими різцями, напівчистового фрезерування суцільних поверхонь, розсвердлювання і розточування отворів, зенкерування сірого чавуну, кольорових металів і їх сплавів і неметалічних матеріалів. [17]

Для виготовлення корпусу фрези було взято конструктивну леговану сталь 40X (ГОСТ 1055-88)

Склад сталі 40X [18]:

Вуглець	Кремній	Марганець	Нікель	Хром	Мідь	Фосфор	Сірка
C	Si	Mn	NI	Cr	Cu	P	S
0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	≤0.3	0.8-1.1	≤0.3	≤0.035	≤0.035

Механічні властивості сталі 40X [18]:

Термічна обробка	Межа плинності, (МПа)	Тимчасовий опір, (МПа)	Мінімальне відносне подовження, %	Відносне звуження, %
Загартування від 860°C в маслі, відпуск при 500°C	≥785	≥980	≥10	≥45

Аналоги сталі 40X [18]:

США	5135, 5140, 5140H, 5140RH, G51350, G51400, H51350, H51400
Японія	SCr435, SCr435H, SCr440, SCr440H
Євросоюз	37Cr4, 37Cr4KD, 41Cr4, 41Cr4KD, 41CrS4
Китай	35Cr, 38CrA, 40Cr, 40CrA, 40CrH, 45Cr, 45CrH, ML38CrA, ML40Cr
Швеція	2245
Польща	38HA, 40H
Румунія	40Cr10, 40Cr10q
Чехія	14140
Австралія	5132H, 5140
Південна Корея	SCr435, SCr435H, SCr440, SCr440H

2.2 Аналіз геометричних параметрів фрези:

Геометричні параметри фрези залежать від її призначення і конструкції. Передній кут γ приймають залежно від властивостей оброблюваного матеріалу [19]:

Матеріал заготовки	γ°
сталь конструкційна	15. . . 20
сталь легована	10. . . 15
чавун ковкий	15
чавун міцний	10

Задній кут α приймають залежно від типу фрези:

Тип фрези	α°
циліндричні та торцеві	12. . . 16
дискові	12. . . 20
кінцеві	14. . . 25
T-подібні	20. . . 25

2.3 Проектування торцевої фрези

Завдання: спроектувати торцеву ротаційну фрезу з вставними пластинами з твердого сплаву, для обробки площин.

Вихідні данні приведені в таблиці 2:

Таблиця 2

Розміри заготовки		Припуск h, мм	Параметри шорсткості, мкм	Оброблюваний матеріал		
L, мм	B, мм			марка	Міцність σ_B , МПа	Твердість НВ
500	85	3	3.2	ВЧ40	400	140...202

Порядок проектування

1. Визначити номінальний зовнішній діаметр фрези D

Зовнішній діаметр фрези $D=(1.2\dots 1.5) \cdot B$,

де B – ширина оброблюваної поверхні, мм.

$$D=(1.2\dots 1.5) \cdot B= 1.45 \cdot 85=123,25\text{мм}$$

Отримане значення зовнішнього діаметра D округлити до найближчого зі стандартного ряду, приймаємо $D=125$ мм.

2. При проектуванні фрез для конкретних умов роботи, кількість зубців вибираємо $Z=4$, з конструктивних міркувань.

3. Вибрати марку твердого сплаву пластини, подачу на зуб S_z і швидкість різання V .

Вибираємо марку твердого сплаву пластини – ВК6;

Подача на зуб S_z при глибині різання 4. . . 8 мм, мм/зуб [19,с.297]:

Тип фрези	S_z , мм/об
дискові	0,04 – 0,02
торцеві	0,10 – 0,04
циліндричні	0,07 – 0,04
кінцеві.	0,08 – 0,01
дискові фасонні.	0,08 – 0,05

Подача на зуб $S_z=0.1$ мм/зуб

Швидкість різання v , м/хв. [19,с.297]:

$$v = \frac{60 * D^{0.25}}{T^{0.2} * t^{0.15} * S_z^{0.2} * Z^{0.1} * B^{0.1}}$$

$$v = \frac{60 * 125^{0.25}}{180^{0.2} * 3^{0.15} * 0.1^{0.2} * 4^{0.1} * 85^{0.1}} = 53 \text{ м/хв}$$

де T – прийнятий період стійкості фрези; $T=180$ хв. [23,с.290];

t – глибина різання;

sz – подача на зуб;

z – кількість зубів фрези;

B – ширина фрезерування.

4. Визначення частоти обертання за хвилину [19,с.297]:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}$$
$$n = \frac{1000 * 53}{\pi * 125} = 136 \text{ об/хв}$$

5. Вибрати форму і розміри твердосплавних пластини в залежності від числа граней глибини різання t і кутів, а також вказати її позначення. Вибираємо марку твердого сплаву – по ГОСТ 3882-74.

Вибираємо форму і розміри твердосплавної пластини – по ГОСТ 1905280.

Вибираємо позначення твердосплавної пластини по ГОСТ 19042-80. Обираємо пластину круглої форми класу допуску U з отвором і стружколомними канавками для торцевих фрез, з довжиною ріжучої кромки $l = 16$ мм, товщиною пластини $S = 6,35$ мм і радіусом при вершині $r = 8$ мм, з заднім кутом 7° , зі сплаву ВК6.

Форма пластини – пластини круглої форми з отвором для прохідних різців та торцевих фрез.

Позначення пластини ISO RCNT 16 06 M0-KL H13A [20]:

R-форма пластини,

C-задній кут,

H- допуски,

T-тип пластини

16-довжина ріжучої кромки,

06-товщина пластини,

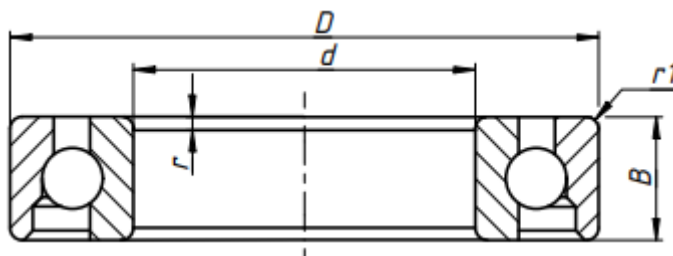
M0-радіус при вершині.

6. Вибір підшипників для різця:

Найбільш доцільними підшипниками для ротаційних різців є радіально- упорні підшипники. Тому враховуючі розміри пластини ті самого різця візьмемо підшипник 1006095 ГОСТ 831-75 з такими розмірами [21]:

Габаритні розміри і маса

Внутрішній діаметр підшипника d	5	мм
Зовнішній діаметр підшипника D	13	мм
Висота (ширина) підшипника в зборі B	4	мм
Вантажопідйомність підшипника динамічна C	895	Н
Вантажопідйомність підшипника статична C_0	336	Н
маса	0.0025	кг
Радіуси r	0.4	мм
r_1	0.2	



Кінематичні схеми різання ротаційного інструмента (рис.2.1) [9]

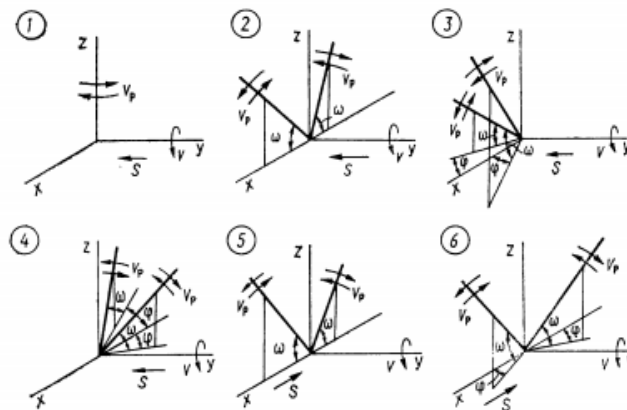


Рисунок 2.1–Кінематичні схеми різання ротаційного інструмента [9]

Схема 1 реалізується в токарному ротаційному інструменті з примусовим приводом, 2 схема реалізується в ротаційному інструменті в якому різальна пластина або самообертається або обертається вимушено. Схеми 3,4 використовуються при розробці токарних і розточних ротаційних різців. 5,6 схеми використовують при розробці торцевих фрез з різальними пластинами які обертаються.

Нахил зубців[19].

Для забезпечення рівномірності фрезерування (під час роботи фрези) зуби фрези розташовані під кутом ω нахилу зубу відносно осі інструмента:

Тип фрези	ω°
циліндрична	20. . . 30
кінцева	30. . . 40
шпонкова	15
дискова	10. . . 15
торцева	10

Для забезпечення стійкого самообертання пластин в ротаційному інструменті площину різальної частини повертають відносно осевої площини фрези на кут 15-20° [9].

Вибираємо $\omega=15^\circ$ з конструктивних міркувань.

2.4 Опис конструкції фрези

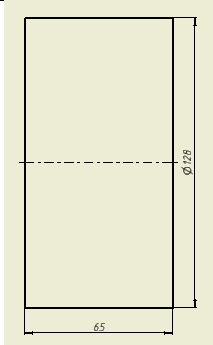
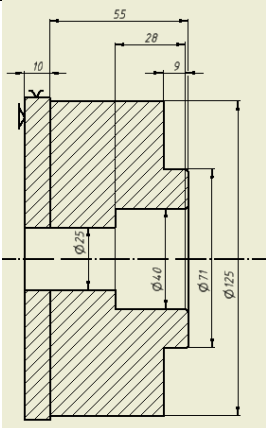
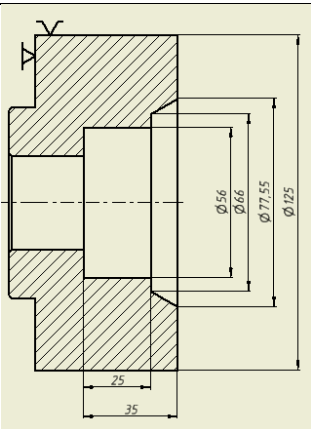
Після аналізу відомих конструкцій торцевих фрез, я розробив нову торцеву фрезу. В ній я поєднав корпус та ротаційний різець.

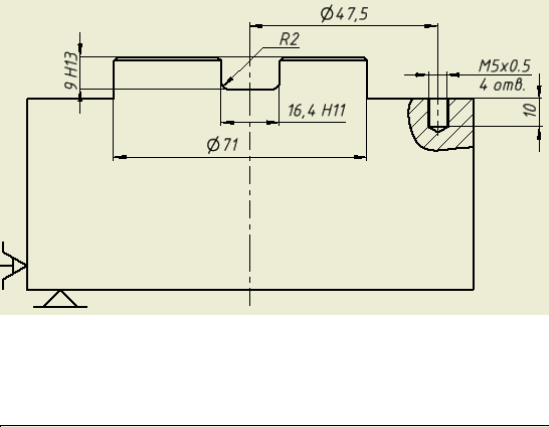
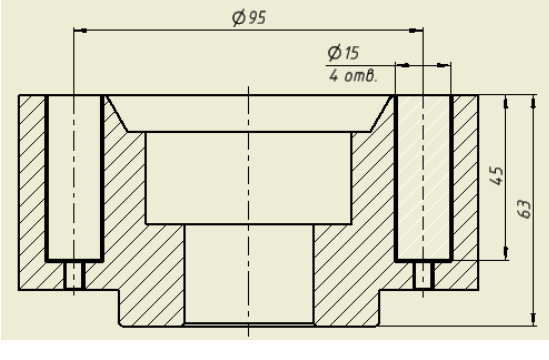
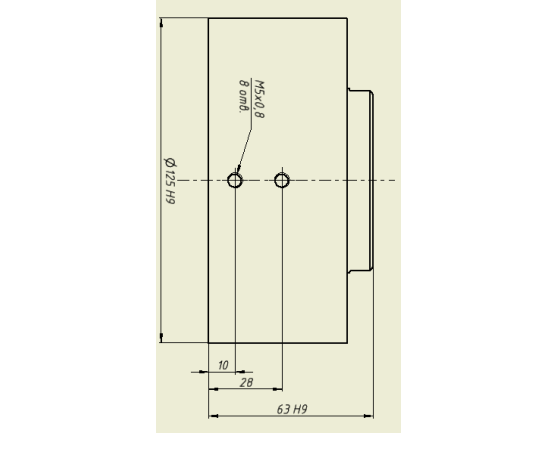
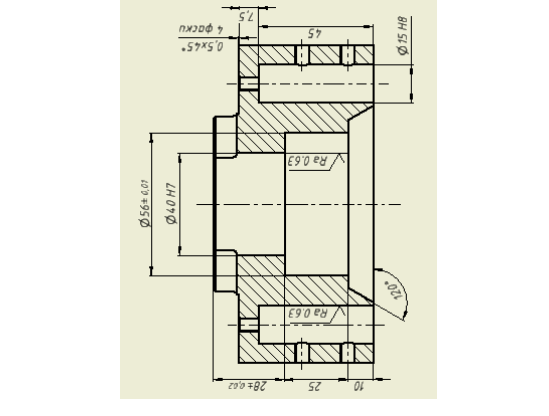
Корпус фрези та корпус різця буде виготовлено із Сталі 40Х ГОСТ 1055-88. Корпус простий у виготовлені. Корпус матиме отвори для різця, який буде затискатися двома гвинтами які розташовані на торці корпусу, також буде регулюватися болтом зверху.

Різальна частина нашої фрези – ротаційний різець. Він складається з корпусу різця в якому зроблено отвори для двох радіально-упорних підшипників та отвір для осі. Різальний елемент – це кругла пластина ISO RCHT 16 06 M0-KL H13A зі сплаву ВК-6 . Пластина з підшипниками встановлюються на вісь. Вісь в свою чергу встановлюють в корпус різця та зажимають гайкою та контргайкою, також між пластиною і підшипником, так само як і між другим підшипником та гайкою встановлюються прокладки. Пластина із усіма елементами встановлені в корпусі на кут 15° . Цей кут забезпечує стійке самообертання пластини.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТОРЦЕВОЇ ФРЕЗИ

3.1 Технологія виготовлення корпусу фрези

№	Назва операції	Операційний ескіз	Обладнання. Прийосування. Інструмент	Режими різання	
				V м/хв	S мм/об
005	Відрізання заготовки корпусу фрези L=65, Ø 128		Стрічкова пила по металу JET HVBS912 Штангельциркуль ГОСТ 166-89	90	0.2
010	Токарна 1.обточування торця; 2.обточування по зовнішньому діаметру; 3.свердління отвору; 4.розточування отвору; зняття фаски по отвору		Токарний верстат СТХ-400 Трикулачковий патрон. Свердло спіральне; різці прохідний, розточний	157 3,4 84	0,8 0,58 0,2
015	Токарна 5.Обточування по зовнішньому діаметру залишкової частини; 6. точіння другого торця; 7.розточування отворів		Токарний верстат СТХ-400 Трикулачковий патрон. Різець підрізний. Свердло спіральне; різці прохідний, розточний	157 157 84	0,8 0,8 0,2

020	<p>Фрезерна</p> <p>8.Фезерування шпонкового пазу</p> <p>9.Свердління отворів Ø 4.5</p> <p>10.нарізання різьби M5x0,5</p> <p>L=8</p>		<p>Фрезерний верстат HAAS VF-6/50; фреза шпонкова, Свердло спіральне; Мітчик</p>	110	0,16
025	<p>Фрезерна</p> <p>11.Свердління отворів з другого боку</p> <p>Ø 15</p> <p>L=45</p>		<p>Фрезерний верстат HAAS VF-6/50; Свердло спіральне</p>	1,2	0,35
030	<p>Фрезерна</p> <p>12.Свердління отворів по зовнішньому діаметру Ø 4,5;</p> <p>13.нарізання різьби M5x0,8</p> <p>L=4</p>		<p>Фрезерний верстат HAAS VF-6/50; Свердло спіральне; Мітчик</p>	26,4	0,14
035	Термообробка				
040	<p>Шліфувальна</p> <p>14.Шліфування отворів;</p> <p>15.шліфування торців</p>		<p>Внутрішньо-шліфувальний верстат ЗК227А. Трикулачковий патрон. Шліфувальні круги.</p>	30	0,16
045	<p>Вимірвальна операція. Контрольні вимір. Штангельциркуль ГОСТ 166-89, прилад для контролю биття ПРИ-1 М</p>				
050	Складальна				

Заготовку для фрези одержуємо з гарячекатаного прокату, матеріал заготовки - сталь 40Х ДСТУ 4543-80

3.2 Розрахунок припусків для корпусу фрези

Розрахунок припусків.

Точіння $\varnothing 125$ мм

Припуск на чорнове точіння визначається по формулі:

$$2Z(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{ei-1})_{1min}$$

де R_{zi-1} – висота шорсткості заготовки, мкм;

$$R_{zi-1} = 150 \text{ мкм};$$

h_{i-1} – глибина дефектного шару заготовки, мкм;

$$h_{i-1} = 250 \text{ мкм};$$

Δ_{ei-1} – просторове відхилення, мкм;

$$\Delta_{ei-1} = 192 \text{ мкм}$$

$$2Z_{1min} = 2(200 + 300 + 192) = 1384$$

При чистовому точінні припуск дорівнює:

$$2Z_{2min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{ei-1})$$

$$\Delta_{ei-1} = 9,6 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2min} = 2(150 + 150 + 9,6) = 781 \text{ мкм};$$

Загальний припуск на обробку:

$$2Z_{zar(min)} = 2Z_{1min} + 2Z_{2min} = 1384 + 781 = 2165 \text{ мкм}$$

Розточування $\varnothing 40$ мм

Чорнове

$$2Z_{1min} = 2(R_{zi-1} + T_{деф} + \rho + \varepsilon)$$

$$R_{zi-1} = 40\text{мкм}$$

$$T_{деф} = 60\text{мкм}$$

$$\rho = 90\text{мкм}$$

$$\varepsilon = 0$$

$$2Z_{1min} = 2(40 + 60 + 90 + 0) = 380\text{мкм}$$

Півчистове

$$2Z_{2min} = 2(R_{zi-1} + T_{деф} + \rho + \varepsilon)$$

$$R_{zi-1} = 10\text{мкм}$$

$$T_{деф} = 40\text{мкм}$$

$$\rho = 45\text{мкм}$$

$$\varepsilon = 0$$

$$2Z_{2min} = 2(10 + 40 + 45 + 0) = 190\text{мкм}$$

Шліфування

$$2Z_{3min} = 2(R_{zi-1} + T_{деф} + \rho + \varepsilon)$$

$$R_{zi-1} = 5\text{мкм}$$

$$T_{деф} = 20\text{мкм}$$

$$\rho = 30\text{мкм}$$

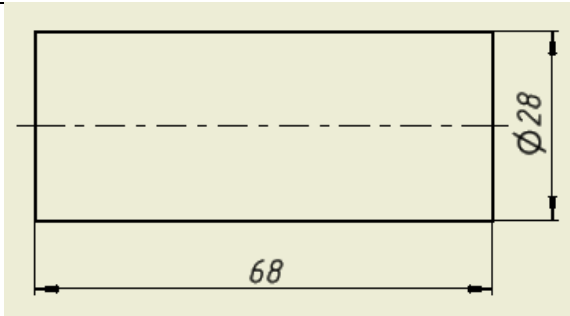
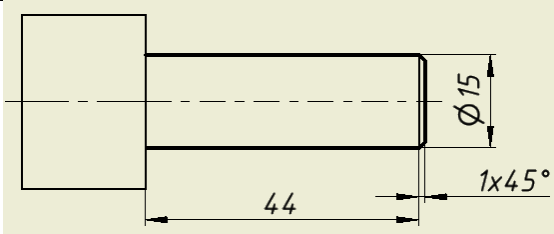
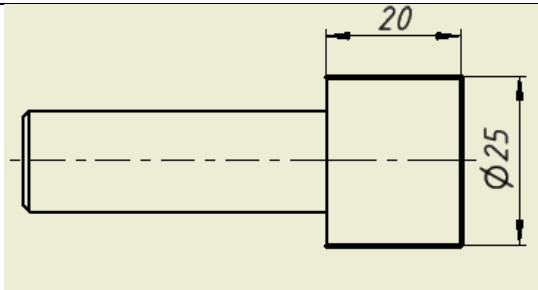
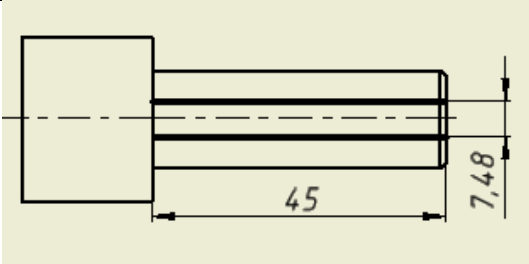
$$\varepsilon = 0$$

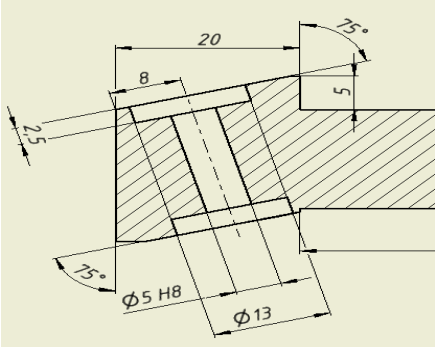
$$2Z_{3min} = 2(5 + 20 + 30 + 0) = 110\text{мкм}$$

Загальний припуск на обробку: $2Z_{zar(min)} = 2Z_{1min} + 2Z_{2min} +$

$$2Z_{3min} = 380 + 190 + 110 = 680 \text{ мк}$$

3.3 Технологія виготовлення корпусу різця

№	Назва операції	Операційний ескіз	Обладнання. Прийомування. Інструмент	Режими різання	
				V м/хв	S мм/об
005	Відрізання заготовки корпусу різця L=68, Ø 28		Стрічкова пила по металу JET HVBS912 Штангельциркуль ГОСТ 166-63	110	0.2
010	Токарна 1.обточування торця; 2.обточування по зовнішньому діаметру.		Токарний верстат СТХ-400 Трикулачковий патрон. Різець прохідний.	157	0,8
015	Токарна 3.обточування торця; 4.обточування по зовнішньому діаметру.		Токарний верстат СТХ-400 Трикулачковий патрон. Різець прохідний.	157	0,8
015	Фрезерна 5.Фезерування лиски.		Фрезерний верстат HAAS VF-6/50; фреза кінцева	110	0,16

020	<p>Фрезерна</p> <p>6.Фезерування передньої поверхні різця,</p> <p>7. свердління отворів Ø 12 та Ø 5.</p>		<p>Фрезерний верстат НААС VF-6/50; фреза кінцева, свердла спіральні.</p>	112	0,21
025	Вимірювальна операція. Контрольні виміри. Штангельциркуль ГОСТ 166-89			1,2	0,35
030	Складальна				

3.4 Розрахунок припусків для корпусу різця

Розрахунок припусків.

Точіння ø15 h7

Припуск на чорнове точіння визначається по формулі:

$$2Z(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{ei-1})_{1min}$$

де R_{zi-1} – висота шорсткості заготовки, мкм;

$$R_{zi-1} = 150 \text{ мкм};$$

h_{i-1} – глибина дефектного шару заготовки, мкм;

$$h_{i-1} = 150 \text{ мкм};$$

Δ_{ei-1} – просторове відхилення, мкм;

$$\Delta_{ei-1} = 110 \text{ мкм}$$

$$2Z_{1min} = 2(150 + 150 + 110) = 820$$

При чистовому точінні припуск дорівнює:

$$2Z_{2min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{ei-1})$$

$$\Delta_{ei-1} = 3,2 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2min} = 2(150+150+3,2) = 606 \text{ мкм};$$

$$\text{Загальний припуск на обробку: } 2Z_{\text{зар}(\min)} = 2Z_{1min} + 2Z_{2min} = 820+606=1426 \text{ мкм}$$

3.5 Розрахунок режимів різання

Режими різання при операції 010

Токарно-револьверний верстат СТХ-400

Для чорнового точіння:

Визначаємо глибину різання для чорнового точіння: $t_{\text{чорн}} = 2 \text{ мм}$, Назначаємо подачу $S = 0,8 \text{ мм/об.}$; [24.с.267,табл.12],

Визначаємо швидкість різання [24.с.265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v$$

де: $C_v = 340$, $x = 0,15$, $y = 0,45$, $m = 0,20$;

T – середнє значення стійкості, $T = 60 \text{ хв}$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{pv} \cdot K_{fv} \cdot K_{\phi 1 v} \cdot K_{rv};$$

де: K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки на швидкість різання, $K_{mv} = K_{\Gamma}(750/\sigma_B)^{nv} = 1,2(750/655)^{1.75} = 1,52$;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{iv} = 1$;

$$K_{pv}=0,8; \cdot K_{fv}=0,7; K_{\phi 1 v}=1,0; \cdot K_{rv}=1,0;$$

Тоді:

$$V = \frac{340}{60^{0.2} * 2^{0.15} * 0.8^{0.45}} * 1.52 * 1 * 0.8 * 0.7 * 1 * 1 * 1 = 127.44 \text{ м/хв}$$

Визначаємо число обертів за формулою:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi D} = 324.69 \text{ хв}^{-1}$$

$n=400$ об./хв.

Тоді:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 * 125 * 400}{1000} = 157 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * S^y * v^n * K_p$$

де C_p, x, y, n визначаємо з [24.с.273,табл.22],

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання, визначимо за [24.с.264,табл.9,23],

$$P_z = 10 * 300 * 2^1 * 0.8^{0.75} * 157^{-0.15} * 1.99 = 473.08 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 * 243 * 2^{0.9} * 0.8^{0.6} * 157^{-0.3} * 1.76 = 153.15 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 * 339 * 2^1 * 0.8^{-0.4} * 157^{-0.4} * 2.14 = 171.72 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{473 * 157}{1020 * 60} = 1.2 \text{ кВт}$$

Режими різання при свердлінні отвора $\varnothing 25$

Глибина різання $t=0.5*D=12.5$ мм.

Назначимо подачу $S=0.58$ мм/об.; [24.с.277,табл.25],

Визначимо швидкість різання [24.с.276],

$$V = \frac{C_v * D^4}{T^m * S^y} * K_v = \frac{9.8 * 390625}{50^{0.2} * 0.58^{0.5}} * 1.52 = 34 \text{ м/хв.},$$

де $C_v=9.8$; $y=0.5$; $m=0.2$; $T=50$ хв;

$K_v = K_{mv} * K_{iv} * K_{lv}=1.5 \cdot 1 \cdot 1=1.52$;

де: K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки на швидкість різання, $K_{mv} = K_{\Gamma}(750/\sigma_B)^{nv} = 1.2(750/655)^{1.75} = 1.52$;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{iv} = 1$;

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [24.с.280,табл.31],

$$K_{lv}=1$$

Крутний момент і осьова сила розраховується по формулах:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^4 * s^y * K_p = 133 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_0 = 10 * C_p * D^4 * s^y * K_p = 2,6 \text{ кН};$$

де C_M і C_p та показники степеня беремо з [24.с.281,табл.32],

$$C_M = 0,0345; C_p = 68; y=0,8; K_p = K_{MP} = 1,52.$$

Частота обертання визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi D} = 540 \text{ об./хв.}$$

Потужність різання визначаємо по формулі:

$$N_e = \frac{M_{кр} * n}{9750} = 1 \text{ кВт}$$

Режими різання при розсвердлюванні отвора $\varnothing 40$

Глибина різання $t=0.5*(D-d)=7.5$ мм.

Назначимо подачу $S=0.58$ мм/об.; [24.с.277,табл.25],

Визначимо швидкість різання [24.с.276],

$$V = \frac{C_v * D^4}{T^m * t^x * S^y} * K_v = \frac{9.8 * 390625}{50^{0.2} * 7.5^{0.2} * 0.58^{0.5}} * 1.52 = 15 \text{ м/хв.},$$

де $C_v=9.8$; $y=0.5$; $m=0.2$; $T=50$ хв;

$$K_v = K_{mv} * K_{iv} * K_{lv}=1,5 \cdot 1 \cdot 1=1,52 ;$$

де: K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки на швидкість різання, $K_{mv} = K_{\Gamma}(750/\sigma_b)^{nv} = 1,2(750/655)^{1.75} = 1,52$;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{iv} = 1$;

Крутний момент і осьова сила розраховується по формулах:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^4 * t^x * s^y * K_p = 200 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_0 = 10 * C_p * D^4 * t^x * s^y * K_p = 4 \text{ кН};$$

Частота обертання визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi D} = 800 \text{ об./хв.}$$

Потужність різання визначаємо по формулі:

$$N_e = \frac{M_{кр} * n}{9750} = \frac{200 * 9000}{9750} = 1,6 \text{ кВт}$$

Режими різання на інші операції було розраховано згідно [24.с.261-300] і вписані в таблицю Режими різання на технологічні операції

Режими різання при операції 025

Режими різання при свердлінні отвора $\varnothing 15$ мм

Фрезерний верстат HAAS VF-6/50

Глибина різання $t=0.5*D=7.5$ мм.

Назначимо подачу $S=0.35$ мм/об.; [24.с.277,табл.25],

Визначимо швидкість різання [24.с.276],

$$V = \frac{C_v * D^4}{T^m * S^y} * K_v = \frac{17,1 * 50625}{45^{0.125} * 0.35^{0.4}} * 1.52 = 12 \text{ м/хв.},$$

де $C_v = 17.1$; $y=0.4$; $m=0.125$; $T=45$ хв;

$K_v = K_{mv} * K_{iv} * K_{lv} = 1,5 * 1 * 1 = 1,52$;

де: K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки на швидкість різання, $K_{mv} = K_{\Gamma}(750/\sigma_v)^{nv} = 1,2(750/655)^{1.75} = 1,52$;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{iv} = 1$;

K_{lv} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [24.с.280,табл.31],

$K_{lv}=1$

Крутний момент і осьова сила розраховується по формулах:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^4 * S^y * K_p = 7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$P_0 = 10 * C_p * D^4 * S^y * K_p = 1,4 \text{ кН};$$

де C_M і C_p та показники степеня беремо з [24.с.281,табл.32],

$$C_M = 0,021; C_p = 42,7; y=0,8; K_p = K_{MP} = 1,52.$$

Частота обертання визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi D} = 500 \text{ об./хв.}$$

Потужність різання визначаємо по формулі:

$$N_e = \frac{M_{кр} * n}{9750} = 0,5 \text{ кВт}$$

3.6 Розрахунок посадки $\varnothing 15 \frac{H8}{h7}$

$\varnothing 15 H8$

$$IT_D = 27 \text{ мкм}$$

$$EI = 0$$

$$ES = EI + IT_D = 27 \text{ мкм}$$

$$D_{max} = D + ES = 15 + 0.027 = 15.027 \text{ мм}$$

$$D_{min} = D + EI = 15 + 0 = 15.0 \text{ мм}$$

$\varnothing 15 h7$

$$IT_d = 18 \text{ мкм}$$

$$es = 0$$

$$ei = es - IT_d = -18 \text{ мкм}$$

$$d_{max} = d + es = 15 + 0 = 15.0 \text{ мм}$$

$$d_{min} = d + ei = 15 - 0.018 = 14.982 \text{ мм}$$

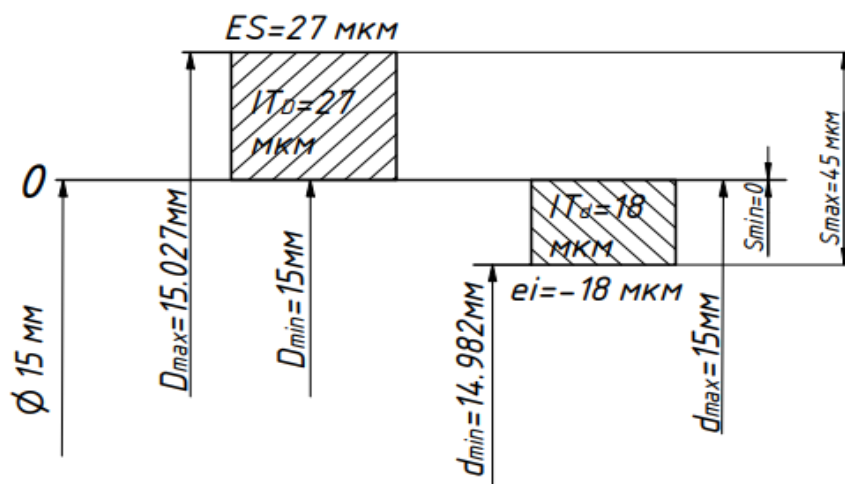
$$\varnothing 15 \frac{H8}{h7}$$

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 15.027 - 14.982 = 0.045 \text{ MM}$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 15 - 15 = 0 \text{ MM}$$

$$S_c = \frac{S_{max} - S_{min}}{2} = \frac{0.045 - 0}{2} = 0.0225 \text{ MM}$$

$$T_s = S_{max} - S_{min} = 0.045 \text{ MM} = 45 \text{ MKM}$$



4 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Постановка завдання

Аналізуючи технологічний процес виготовлення корпусу фрези, виникає необхідність в створенні спеціального поворотного пристрою, котрий буде використовуватись під час виконання операції 030 Фрезерна.

Під час даної операції здійснюється свердління 8-ми отворів та нарізання в них різьби M5x0,8. Ескіз деталі з зображенням даних отворів зображена на рис. 4.1.

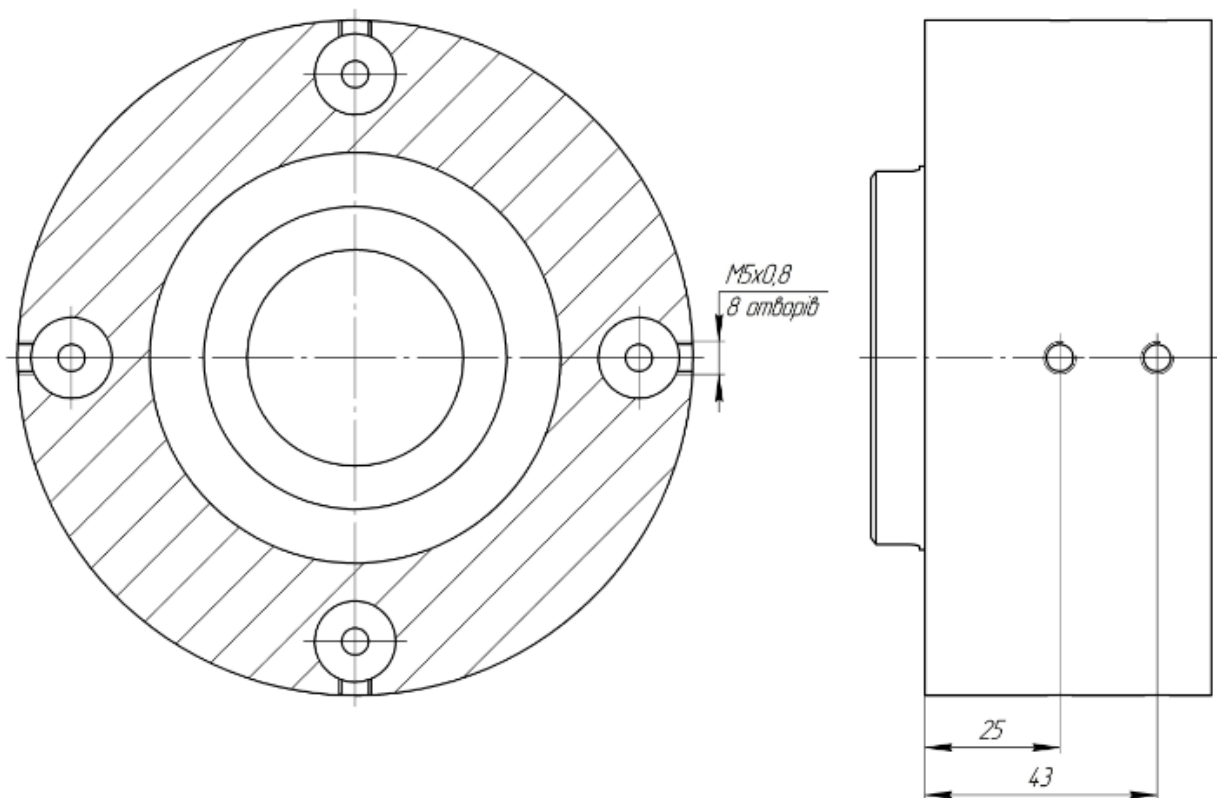


Рисунок 4.1 – Ескіз корпусу фрези

Дані отвори розташовані попарно під кутом 90° , на відстані від одного з торців 25 мм та 43 мм.

Різьбові отвори M5x0,8 використовуються під гвинти *DIN EN ISO 4026 – M5x6* для затиску різців з змінними різальними пластинками в отворах корпусу фрези.

Дана операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК HAAS VF – 6/50. Фотографія верстату зображена на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 – Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК
HAAS VF – 6/50

Оскільки даний верстат може виконувати операції за допомогою числового програмного керування, необхідно спроектувати пристрій, який би забезпечив правильне положення корпусу фрези відносно різального інструменту, а також, щоб поворот для обробки інших отворів здійснювався автоматично.

Таким чином, створення спеціального пристосування для використання в даному верстаті під час виконання операції 030 Фрезерна є доцільним, оскільки зможе здешевити дану операцію й, безпосередньо, може бути досягнутий економічний ефект від його впровадження.

4.2 Проектування спеціального пристосування

Виконаємо проектування спеціального поворотного пристрою для використання його під час операції 030 Фрезерна.

Для цього задаємось наступними вимогами до пристосування:

- Надійний затиск заготовки в пристосуванні;
- Мала похибка базування внаслідок установки заготовки в пристосуванні;
- Можливість автоматичного повороту заготовки навколо своєї вісі;
- Відносна простота конструкції.

Враховуючи всі вищевказані вимоги, було спроектовано пристосування, котре зображене на рис. 4.3.

Схема пристосування зображена на рис. 4.4.

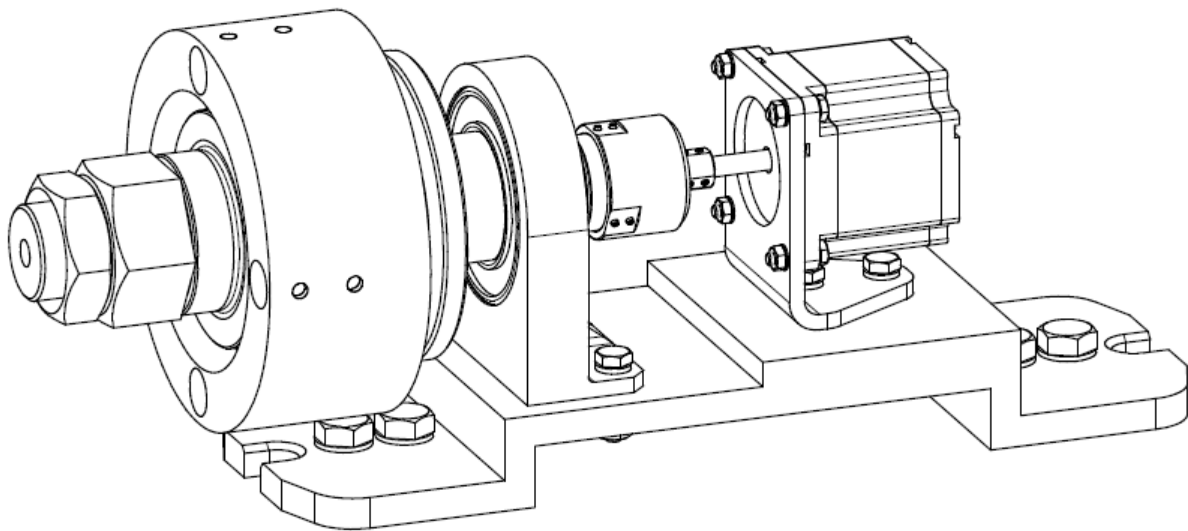


Рисунок 4.3 – 3D модель спеціального поворотного пристрою

Основою пристосування являється корпус, на котрий встановлений кутник установлювальний за допомогою 2-ох комплектів: болт М6х25 ГОСТ Р 50793-95, гайка М6-6Н ГОСТ 5927-70, дві шайби С6,37 ГОСТ 10450-78.

В лапах корпусу виконано виріз під встановлення пристосування на столі верстату. Також для затиску та базування на столі верстату пристосування

використовуються два комплекти: два болти М10х28 (S16) ГОСТ 15589-70, дві шайби С10,37 ГОСТ 10450-78 та сухарь 3228N11 McMaster.

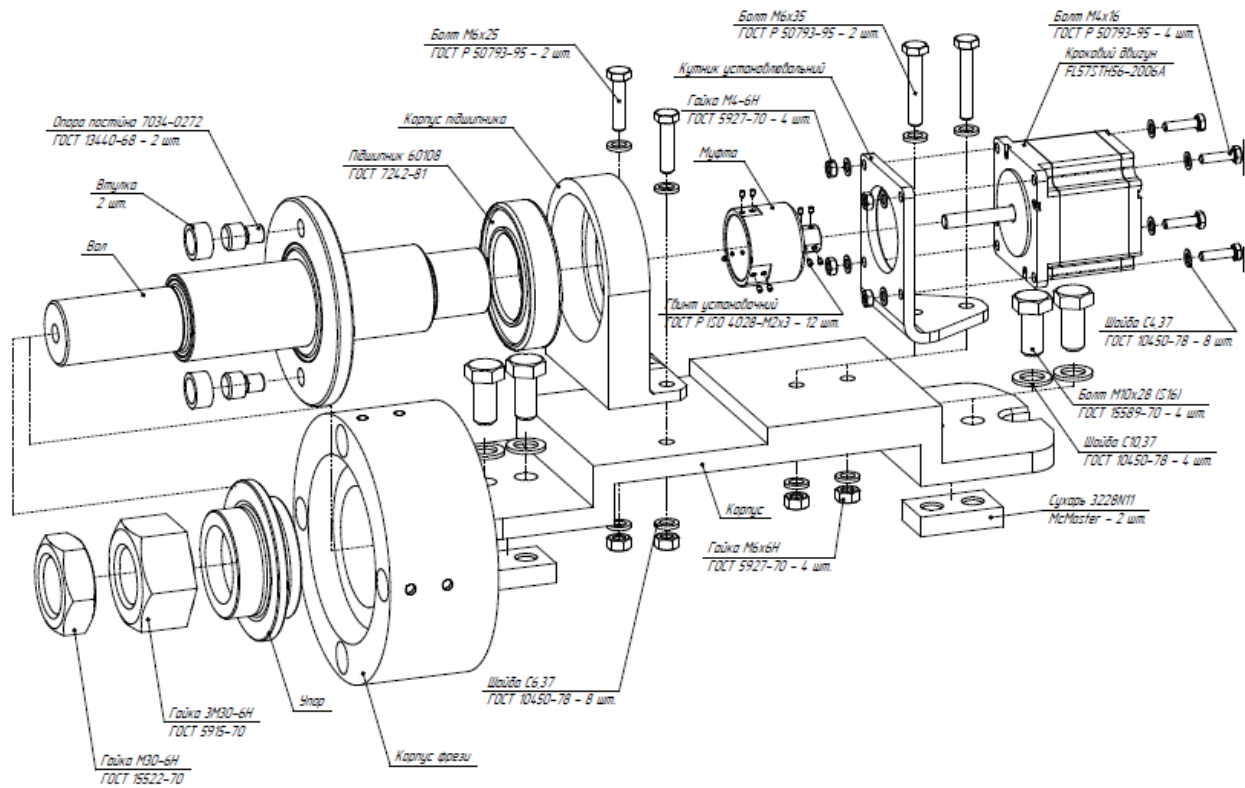


Рисунок 4.4 – Схема спеціального поворотного пристосування

До кутника установлювального приєднується кроковий двигун FL57STH56-2006A за допомогою 4-ьох комплектів: болт М4х16 ГОСТ Р 50793-95, гайка М4-6Н ГОСТ 5927-70, дві шайби С4,37 ГОСТ 10450-78.

Вал крокового двигуна через муфту з'єднаний з валом завдяки 12-ьом установочним гвинтам ГОСТ Р ISO 4028-M2x3, котрі розташовані під кутом 120° по 6 для валу електродвигуна та валу.

Даний вал опирається на підшипник 60108 ГОСТ 7242-81, котрий запресований в корпус підшипника. Корпус підшипника закріплений на корпусі за допомогою 2-ох комплектів: болт М6х35 ГОСТ Р 50793-95, гайка М6-6Н ГОСТ 5927-70, дві шайби С6,37 ГОСТ 10450-78.

В один із ступенів валу встановлюються два опори постійні 7034-0272 ГОСТ 13440-68. В головку даних опор впресовані по втулці, котрі забезпечуються

контакт з поверхнею пазу корпусу фрези. Також корпус фрези опирається торцем в ту ж ступінь валу.

Корпус фрези встановлюється центральним отвором на один із ступенів валу.

Фіксується корпус за допомогою упору, гайки 3М30-6Н ГОСТ 5915-70 та контргайки М30-6Н ГОСТ 15522-70, котрі вгвинчується в різьбу, що виконана на кінці валу.

Процедура встановлення корпусу фрези в пристосування наступна:

1. Зняти з пристосування гайку 3М30-6Н ГОСТ 5915-70, контргайку М30-6Н ГОСТ 15522-70 та упор;
2. Встановити корпус фрези центральним отвором на вал;
3. Виставити положення корпусу фрези таким чином, щоб заготовка торцем впиралась в один із ступенів валу, а в паз заготовки були вставлені втулки, що впресовані в постійні опори;
4. Зафіксувати положення корпусу фрези за допомогою упору, гайки 3М30-6Н ГОСТ 5915-70 та контргайки М30-6Н ГОСТ 15522-70.

Як видно, встановлення заготовки та зняття деталі після операції з використання даного пристосування є достатньо швидким та безпечним.

Складальний кресленик пристосування зображений в додатках.

5.3 Визначення похибки базування

Визначимо похибку базування.

Для цього зобразимо схему базування корпусу фрези при встановленні її в спеціальному поворотному пристосуванні.

Схема базування зображена на рис. 4.5.

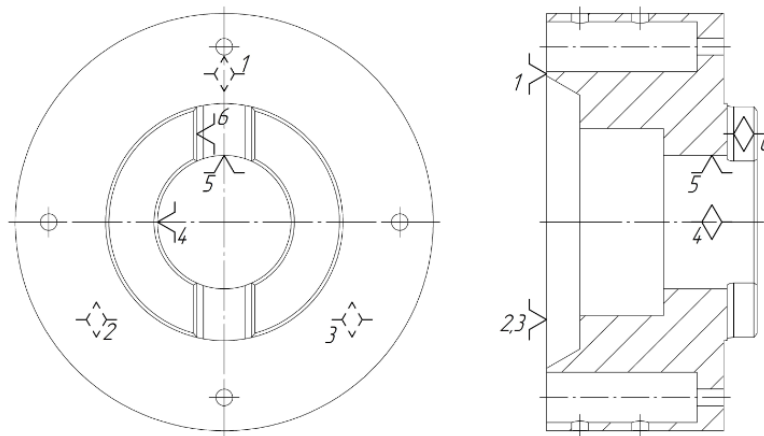


Рисунок 4.5 – Схема базування корпусу фрези

Для базування заготовки в пристосуванні використовуються наступні поверхні – торець заготовки, внутрішня циліндрична поверхня та поверхня пазу.

Торець заготовки являється установочною базою та позбавляє заготовку трьох рухів – одного поздовжнього та двох обертальних рухів. На схемі базування (рис. 4.5) дана база позначена як 1 – 3.

Внутрішня циліндрична поверхня являється подвійною опорною базою та позбавляє заготовку двох рухів – двох поздовжніх рухів. На схемі базування (рис. 4.5) дана база позначена як 4 та 5.

Поверхня пазу являється опорною базою та позбавляє заготовку одного руху – одного обертального руху. На схемі базування (рис. 4.5) дана база позначена як 6.

Отже, заготовка позбавлена всіх шести можливих рухів – трьох поздовжніх та трьох обертальних. Таким чином виконано повне базування заготовки відносно різального інструменту.

Для визначення похибки базування, проаналізуємо всі можливі причини її виникнення.

Похибка зі сторони торця заготовки може виникнути внаслідок відхилення від перпендикулярності торця ступеню валу. Розміри 25 мм та 43 мм будуть виконані без похибки, тому що вимірювальна та конструкторська база для них

співпадають. Також, приймаємо до уваги, що вал виконано максимально точно, тому торець ступеню валу виконано перпендикулярно до вісі обертання.

Отже, згідно вищезазначених суджень, можна прийти до висновку, що пристосування забезпечує виконання необхідних розмірів на кресленику корпусу фрези при свердлінні отворів без похибки базування.

5.4 Визначення зусиль затиску заготовки

Для визначення зусиль затиску заготовку, необхідно розрахувати силу різання, що виникає внаслідок свердління отворів під різьбу М5х0,8.

При свердлінні отвору під різьбу М5х0,8, діаметр котрого становить $\varnothing 4,2$ мм, глибина різання рівна:

$$t = \frac{d}{2} = \frac{4,2}{2} = 2,1 \text{ мм} \quad (4.1)$$

Межа міцності Сталі 40Х ГОСТ 1050-88 становить $\sigma_b = 980$ МПа, твердість по Брінелю НВ 326.

Подача за ([24, т. 25, с. 277]) при діаметрі свердління $d = 4,2$ мм, при твердості по Брінелю сталі 40Х ГОСТ 1050-88, становить:

$$S^* = 0,06 \dots 0,09 \text{ мм/об}$$

Приймаємо значення подачі рівним:

$$S = 0,09 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання при свердлінні визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_V \quad (4.2)$$

де, C_v, q, m, y – коефіцієнт та показники степенів для швидкості різання при свердлінні;

T – стійкість свердла;

K_V – поправочний коефіцієнт для швидкості різання при свердлінні.

Коефіцієнт та показники степенів для швидкості різання при свердлінні C_v, q, m, y за ([24], т. 28, с. 278) сталі 40Х ГОСТ 1050-88, подачі інструменту $S = 0,09$ мм/об, становлять $C_v = 7, q = 0,4, m = 0,2, y = 0,7$.

Стійкість свердла T за ([24], т. 30, с. 279) при обробці сталі 40Х ГОСТ 1050-88 свердлом, що виготовлена з швидкорізальної сталі та при свердлінні $d = 4,2$ мм, становить $T = 15$ хв.

Поправочний коефіцієнт для швидкості різання при свердлінні K_V визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV}K_{UV}K_{LV} \quad (4.3)$$

де, K_{MV} – коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{UV} – коефіцієнт на інструментальний матеріал;

K_{LV} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління.

Коефіцієнт на оброблюваний матеріал K_{MV} , а саме для сталі 40Х ГОСТ 1050-88 за ([24], табл. 1, с. 261) визначається як:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \quad (4.4)$$

де, K_r - коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності;

n_V - показник степеню;

σ_B - межа міцності.

Коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності K_r та показник степеню n_V за ([24], т. 2, с. 262) при обробці сталі 40Х ГОСТ 1050-88, становлять:

$$K_r = 1, n_V = 1.$$

Тоді, коефіцієнт на оброблюваний матеріал становитиме:

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{950} \right)^1 = 0,79$$

Коефіцієнт на інструментальний матеріал K_{UV} за ([24], т. 6, с. 263) свердлом, що виготовлено зі швидкорізальної сталі становить:

$$K_{IV} = 0,3$$

Коефіцієнт, що враховує глибину свердління K_{IV} за ([24], т. 31, с. 280) при відношенні діаметру свердління до глибини $l/D = 3$, становить:

$$K_{IV} = 1$$

Отже, поправочний коефіцієнт для швидкості різання при свердлінні K_V за (4.3) буде рівним:

$$K_V = 0,79 \cdot 0,3 \cdot 1 = 0,24$$

Тоді, швидкість різання буде за (5.2) буде рівна:

$$V = \frac{7 \cdot 4,2^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,09^{0,7}} \cdot 0,24 = 9,36 \text{ м/хв}$$

Осьове зусилля різання, котре виникає під час свердління визначається за формулою:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p \quad (4.5)$$

де, C_p, q, y – коефіцієнт та показники степенів для осьового зусилля різання;

K_p – поправочний коефіцієнт для осьового зусилля різання.

Коефіцієнт та показники степенів для осьового зусилля різання C_p, q, y за ([24], т. 32, с. 281), при обробці сталі 40Х ГОСТ 1050-88 свердлом, що виготовлено зі швидкорізальної сталі, становлять $C_p = 68, q = 1, y = 0,7$.

Поправочний коефіцієнт для осьового зусилля різання K_p є рівним коефіцієнту, котрий враховує матеріал, що обробляється K_{MP} та визначається за формулою:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (4.6)$$

Показник степеню при розрахунку коефіцієнта n за ([24], т. 9, с. 264) при обробці сталі 40Х ГОСТ 1050-88, свердлом, що виготовлено зі швидкорізальної сталі, становлять, становить $n = 0,75$.

Отже, поправочний коефіцієнт для осьового зусилля різання K_P за (4.6) становитиме:

$$K_P = K_{Mp} = \left(\frac{950}{750}\right)^{0,75} = 1,19$$

Тоді, осьове зусилля різання, котре виникає під час свердління за (4.5) становитиме:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 4,2^1 \cdot 0,09^{0,7} \cdot 1,19 = 630 \text{ Н}$$

Визначивши зусилля різання, що виникає при свердлінні, виникає можливість визначення необхідного зусилля затиску, що визначається за формулою:

$$Q = \frac{kP_o}{f_1 + f_2} \quad (4.7)$$

де, k – коефіцієнт запасу;

f_1 – коефіцієнт тертя між заготовкою та установочними елементами;

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою та затискними елементами.

Коефіцієнт запасу k визначається за формулою:

$$k = \prod_0^6 k_i \quad (4.8)$$

де, k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні різального інструменту;

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривистому різанні;

k_4 – коефіцієнт, що враховує постійність сил затиску;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток в ручних затискних пристосуваннях;

k_6 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку.

Гарантований коефіцієнт запасу k_0 за ([24], с. 85) становить:

$$k_0 = 1,5$$

Коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки k_1 за ([24], с. 85) при свердлінні становить:

$$k_1 = 1,2$$

Коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні різального інструменту k_2 за ([24], с. 85) при свердлінні становить:

$$k_2 = 1$$

Коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривистому різанні k_3 за ([24], с. 85) при свердлінні становить:

$$k_3 = 1$$

Коефіцієнт, що враховує постійність сил затиску k_4 за ([24], с. 85) для затискних механізмів з ручним приводом становить:

$$k_4 = 1,3$$

Коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток в ручних затискних пристосуваннях k_5 за ([24], с. 85) при затиску гайкою становить:

$$k_5 = 1,2$$

Коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку k_6 за ([24], с. 85) при повному базуванні заготовки становить:

$$k_6 = 1$$

Тоді коефіцієнт запасу k буде становити за (4.8):

$$k = \prod_0^6 k_i = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,81$$

Коефіцієнт тертя між заготовкою та установочними елементами f_1 за ([24], т. 10, с. 85) при контакті обробленими поверхнями становить:

$$f_1 = 0,16$$

Коефіцієнт тертя між заготовкою та затискними елементами f_2 за ([24], т. 10, с. 85) при контакті обробленими поверхнями становить:

$$f_2 = 0,16$$

Отже, необхідне зусилля затиску Q буде становити за (4.7):

$$Q = \frac{kP_0}{f_1 + f_2} = \frac{2,81 \cdot 630}{0,16 + 0,16} = 5532,18 \text{ Н}$$

5 АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РОБОТІ ФРЕЗИ

Вихідні данні:

Матеріал оброблювальної заготовки – ВЧ40;

Межа міцності матеріалу заготовки - $\sigma_b = 400$ МПа (40 кг

мм²);Ширина оброблювальної поверхні заготовки, В – 85

мм; Довжина оброблювальної поверхні заготовки, L-

500мм;

Тип верстату – вертикально фрезерний HAAS VF-6/50

Характеристики даного верстата представлені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики верстату HAAS VF-6/50

Параметри		Од.вим	Величини
Кількість інструменту			30
Потужність шпинделя		кВт	22,4
Швидкість шпинделя		Об/хв	7500
Розмір столу	Довжина	мм	1626
	Ширина	мм	711
Подача по осі X/Y/Z		мм	1626/813/762
Швидка подача по осі X/Y/Z		м/хв	15,2/15,2/15,2

5.1 Розрахунок сили різання при обробці заготовки даною фрезою

1. Сила різання

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * z}{D^q * n_d^w} * K_{mp}$$

де $K_{mp} = 1.52$ – з пункту 3.4;

$C_p = 491$; $x = 1$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$ [24, табл. 41, с. 291].

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^u * z}{D^q * n_d^w} * K_{mp} = 990 \text{ Н}$$

2. Крутний момент на шпинедлі [24, табл. 41, с. 290];

$$M_{кр} = \frac{P_z * D}{2 * 100} = \frac{990 * 125}{200} = 618.75 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3. Ефективна потужність різання [24, табл. 41, с. 290];

$$N_e = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = 5,1 \text{ кВт}$$

Потужність верстата HAAS VF-6/50 з паспорту 22,4 кВт, отже, обрані режими різання задовольняють паспортним даним верстата.

5.2 Розрахунок напружено-деформованого стану

Проведемо аналіз напружень на фрезу за допомогою програми «Autodesk Inventor Professional 2020». Зформуємо сітку для обрахунку за допомогою команди « Вид сітка» (рис. 5.1) встановили параметри:

- Середній розмір елементів - 1 мм;
- Мінімальний розмір - 1 мм;
- Коефіцієнт різномірності - 1.5;
- Максимальний кут повороту - 60 град.

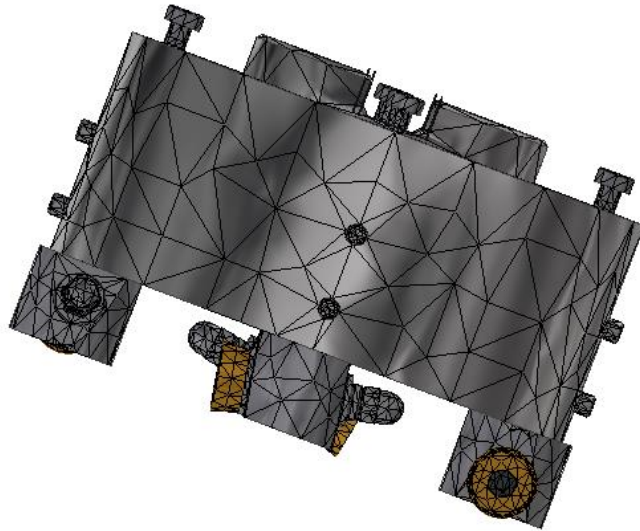


Рис. 5.1. Сітка

Далі потрібно вибрати площини фіксації. В нашому випадку це буде шпонковий паз та торцева площина фрези (рис.5.2)

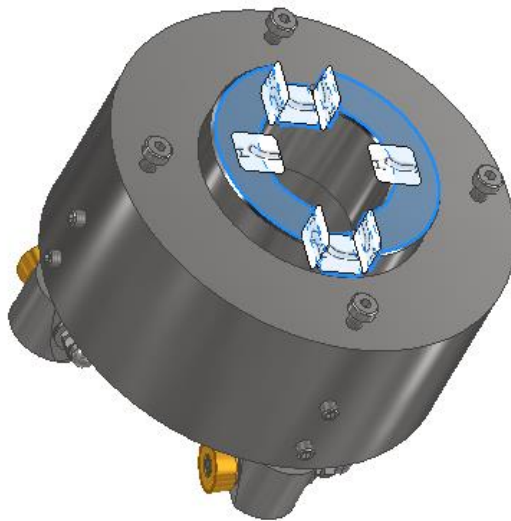
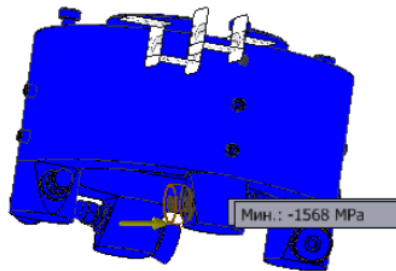
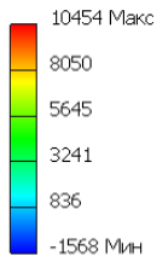


Рис. 5.2. Фіксація

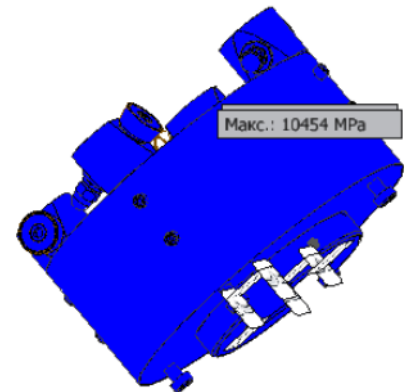
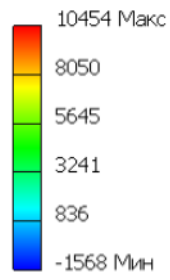
Далі потрібно обраховану силу різання $P_z = 990$ Н прикласти до різальної пластини. І моделюємо.

1-ше основне напруження

Тип: 1-ое основное напряжение
Единица: МПа
29.05.2021, 14:22:51

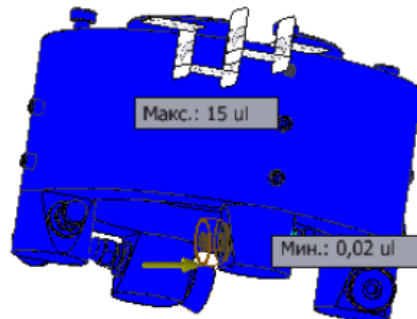
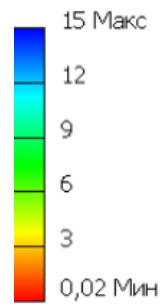


Тип: 1-ое основное напряжение
Единица: МПа
29.05.2021, 14:22:51



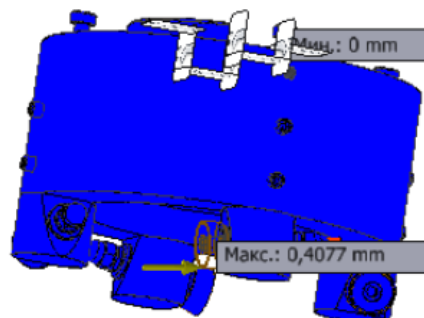
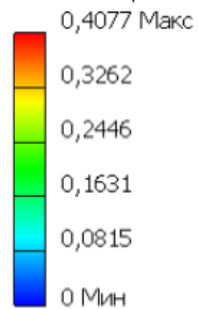
Коефіцієнт запасу міцності

Тип: Коэфф. запаса прочности
Единица: ul
29.05.2021, 14:22:59



Зміщення

Тип: Смещение
Единица: mm
29.05.2021, 14:23:00



В цьому розділі, були розраховані режими різання для торцевої фрези при обробці чавуну ВЧ40, для обробки обраний вертикально фрезерний верстат з ЧПК - HAAS VF-6/50. Після необхідних розрахунків програма Inventor, допомогла промодельовати вплив сил на фрезу.

З результатів моделювання видно:

- Матеріали підібрані правильно;
- Режими підібрані правильно.

Дана фреза цілком підходить для обробки чавуну.

6 Керуюча програма для обробки на верстатах з ЧПК

6.1 Керуюча програма для операції 010

Керуюча програма для операції 010 корпусу фрези для токарного верстата
CTX-400 з системою ЧПК Heidenhain 3190

N1 G54	N20 T2 (Сверло Ø25 мм)	N27 T3 (Розточний різець)
N2 G97 S324 M3 M7 M17	N21 G91 S1500 M4 M7	N28 G97 S1500 M4 M7
N3 T1 (Проходний різець)	N22 G0 X0 Z10	N29 G0 X25 Z5
N4 G0 X130 Z2	N23 G1 Z1 F1	N30 G1 Z1 F1
N5 G82 X-1.85 Z0 K0.8 F0.2	N24 G74 X0 Z-70 P25 A10 B70 I8 F0.1	N31 G81 X38 Z-28 I1 F0.2
N6 G1 X132 Z1 F1	N25 G1 Z5 F1	N32 G1 X 38 Z1 F1
N7 G81 X126 Z-48 I1.5 F0.3	N26 G0 X150 Z100	N33 G1 X41
N8 G1 X126 Z1 F1		N34 G1 Z0 F0.2
N9 G81 X71 Z-10 I1.5 F0.3		N35 G1 X40 Z-0.5 F0.1
N10 G1 X69 Z1 F1		N36 G1 Z-28 F0.2
N11 G1 Z0 F0.2		N37 G1 X26 F0.15
N12 G1 X71 Z-1 F0.15		N38 G1 X24.95 Z-28.5 F0.1
N13 G1 Z-10 F0.25		N39 G0 Z5
N14 G1 X124 F0.15		N40 G0 X 150 Z150 M5 M9 M16
N15 G1 X126 Z-11 F0.15		N41 M30
N16 G1 Z-48 F0.2		
N17 G1 X130 F0.5		
N18 G0 Z5		
N19 G0 X150 Z150 M5		

6.2 Керуюча програма для операції 020

Керуюча програма для операції 020 корпусу фрези для фрезерного верстата HAAS VF-6/50 з системою ЧПК HAAS

Привязка інструментата вісь деталі X0 Y0 торець деталі Z0 G54 T1 M06 (Фреза Ø16.4 мм) S4000M03 M08 G0 Y45 Z50 X0 G1 Z-3 F2000 G1 Y-45 F200 G1 Z-6 F2000 G1 Y45 F200 G1 Z-9 F2000 G1 Y-45 F200 G1 Z10 F2000 G0 X150 Z100 M05	T2 M06 (Сверло Ø4.5 мм) S430 M03 M08 G0 Y52.5 Z5 X0 G1 Z-8 F1000 G1 Z-20 F27 G1 Z5 F2000 G0 Y0 Z5 X52.5 G1 Z-8 F1000 G1 Z-20 F27 G1 Z5 F2000 G0 Y-52.5 Z5 X0 G1 Z-8 F1000 G1 Z-20 F27 G1 Z5 F2000 G0 Y0 Z10 X-52.5 G1 Z-8 F1000 G1 Z-20 F27 G1 Z5 F2000 G0 X150 Z100 X0 M05	T3 M06 (Мітчик M5x0.5) M08 S20 M03 G0 Y52.5 Z5 X0 G1 Z-8 F1000 G84 X0 Y52.5 Z-18 R0.2 F5 G1 Z5 F2000 G0 Y0 Z5 X52.5 G1 Z-8 F1000 G84 X52.5 Y0 Z-18 R0.2 F5 G1 Z5 F2000 G0 Y-52.5 Z5 X0 G1 Z-8 F1000 G84 X0 Y-52.5 Z-18 R0.2 F5 G1 Z5 F2000 G0 Y0 Z10 X-52.5 G1 Z-8 F1000 G84 X-52.5 Y0 Z-18 R0.2 F5 G1 Z5 F2000 G0 X150 Z100 X0 M05 M09 M30
--	--	--

ВИСНОВКИ

Під час проектування дипломної роботи, в першому розділі було зроблено аналіз конструкції торцевих фрез відомих виробників, як закордонних так і вітчизняних, розглянув сплави різальних пластин для обробки чавуну, та розглянуто схеми ротаційного різання.

В другому розділі я обрав конструкцію для свого інструменту виходячи з аналізу торцевих фрез. Також розглянув хімічний склад обраних матеріалів та їх механічні властивості для корпусу фрези та різця.

В третьому розділі було розглянуто базовий технологічний процес виготовлення корпусу торцевої фрези та корпусу різця. Технологічний процес був зроблений за новими технологіями, тобто було максимально скорочено кількість операцій.

В четвертому розділі було розроблено пристрій спеціальний. Пристрій використовується для оброблення отворів на торці корпусу фрези.

В п'ятому розділі був зроблений аналіз напружено-деформованого стану при обробці чавуну даною фрезою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. https://stud.com.ua/161777/tehnika/metodi_obrobki_ploskih_poverhon
2. <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-53/13.htm>
3. Підвищення ефективності обробки плоских поверхонь торцевим фрезеруванням / П.П. Мельничук, Г.М. Виговський, О.А. Громовий, В.М. Бушля, В.Ю. Лоєв
4. <http://bcpl.pto.org.ua/index.php/dopomoga/itemlist/category/253-4-frezeruvannya-ploshchin>
5. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/default.aspx>
6. https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill_200/pages/assortment.aspx
7. <https://izron.ru/articles/aktualnye-voprosy-nauki-i-tehniki-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-nauchno-praktich/seksiya-7-materialovedenie-i-metallurgicheskoe-oborudovanie-i-tehnologii-spetsialnost-05-16-00/rotatsionnyy-instrument-iz-khromistogo-chuguna-dlya-polucheniya-metallicheskih-poroshkov/>
8. <https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/6023/7.pdf?sequence=1>
9. Ротационное резание материалов / П. И. Ящерицын, А. В. Борисенко, И. Г. Дривотин, В. Я. Лебедев Мн.: Наука и техника, 1987. – 229 с.
10. http://literstinuz.narod.ru/21/Progres_tehnolog_v_mashinostroen_Sbornik_naushn_trudov_2005.pdf
11. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/milling-inserts-grades-cast-iron/pages/default.aspx>
12. <https://tigroteh.ru/blog/vybor-frezy-kakoy-shag-zubev-luchshe/>
13. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/how-to-choose-cutter-pitch.aspx>
14. <https://core.ac.uk/download/pdf/268924262.pdf>
15. Металлорежущие инструменты / Петр Родионович Родин
16. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3003

17. <https://mashinform.ru/marochnik/poroshkovaia-metallurgii/vk6-byvsh-vp3115-obj1918.html>
18. <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/40x>
19. Основи формоутворення поверхонь різанням [Електронний ресурс]:
підручник для студентів технічних спеціальностей / В.І. Солодкий, Д.О. Красновид, О.А. Плівак. – Електронні текстові дані (1 файл 14,3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 440 с.
20. https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill_200/pages/assortment.aspx
21. <https://docs.cntd.ru/document/1200012724>
22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.

Додатки

Затверджую:
Директор ГП «Основа Центр»
_____ (Макаров А.С.)

«» _____ 20__ р.

М. П.

Технічне завдання
на науково-дослідну роботу
« Торцева фреза для обробки чавуну »

Замовник:



_____ Макаров А.С.

Виконавець:

Завідувач кафедру ІТМ
_____ Пасічник В.А.

Студент групи МІ-71
Іванов О.А.

Київ 2021

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повна назва розробки та її умовне позначення

«Розробка конструкції та технології виготовлення торцевої фрези для обробки чавуну»

1.2 Назви підприємств розробника та замовника системи та їх реквізити

Замовник:

ПП «Основа Центр»
Вул. О.Теліги 41

Виконавець:

Кафедра інтегрованих технологій
машинобудування НТУУ "КПІ"
імені П.Р. Родіна

1.3 Порядок оформлення та пред'явлення замовникові результатів робіт

По закінченню роботи подається: креслення фрези торцевої, робоче креслення корпусу фрези торцевої, креслення різця для фрези, технологія виготовлення корпусу фрези та корпусу різця, креслення пристрою для обробки отворів на торці корпусу.

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ

2.1 Мета створення розробки

Розробити фрезу торцеву для обробки чавуну

2.2. Вихідні дані

- оброблюваний матеріал - ВЧ40,
- оброблювана поверхня – площина,
- шорсткість поверхні – Ra 3.2 мкм,
- верстат для оброблення - HAAS VF-6/50

3. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

3.1 Середовище розробки 3D моделей та креслень – Autodesk Inventor.

4. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Етап та його зміст	Термін виконання	Результат
Аналіз конструкцій торцевих фрез, розробка складального креслення фрези та робочого креслення корпусу фрези та корпусу різця.	15.04.2021	Креслення фрези та корпусу різця та фрези.
Розробка технології виготовлення корпусу фрези та різця.	18.05.2021	Маршрутна технологія виготовлення корпусу фрези та різця.

Розробка складального креслення пристрою для обробки отворів у корпусі фрези.	01.06.2021	Креслення пристрою.
---	------------	---------------------

5. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

- 5.1 Підвищення продуктивності оброблення площин з чавуну.
- 5.2 Підвищення якості оброблення поверхонь.

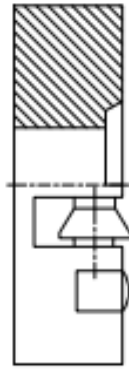
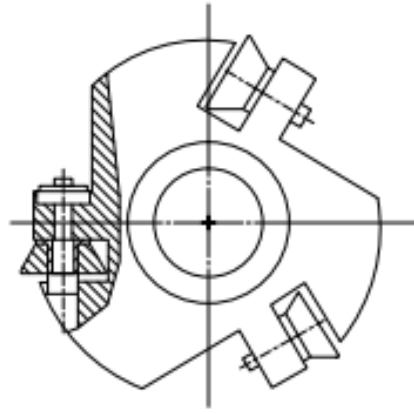
6. МАТЕРІАЛИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

- 6.1 Креслення фрези торцевої, робочі креслення корпусу фрези та корпусу різця.
- 6.2 Технологія виготовлення корпусу фрези та корпусу різця.
- 6.3 Креслення пристрою для обробки отворів у корпусі фрези.

7. ПОРЯДОК РОЗГЛЯДУ ТА ПРИЙМАННЯ РОБОТИ

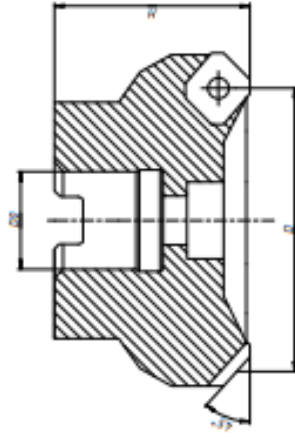
- 7.1 Результати роботи передаються по акту приймання робіт.

Аналіз конструкції торцевих збірних фрез



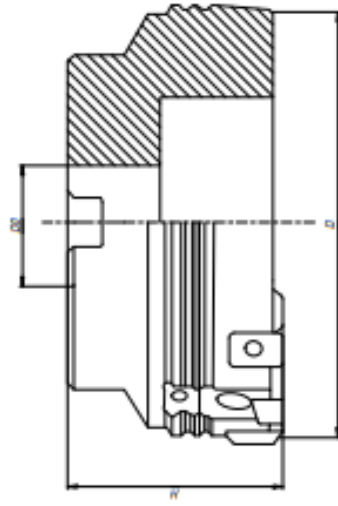
Фреза компанії "Локхид Аїкрафт"

- Різальні чаши з запресованими підшипниками ковзання встановлені на осі яка кріпиться в пазах корпусу.
- Висока жорсткість конструкції.
- Така конструкція дозволяє проводити обробку при високих режимах різання та великій глибині.
- Висока якість обробки.



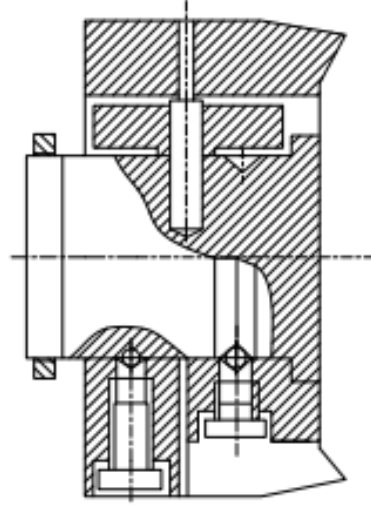
Фреза торцева CoroMill 365

- Висока жорсткість конструкції.
- Внутрішня подача ЗОТР.
- Швидкість та якість оброблення.



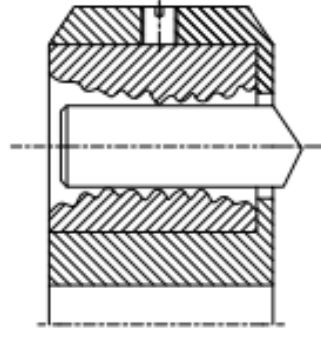
Фреза торцева CoroMill 425

- Фреза торцева для чистої обробки чавуна.
- Висока якість обробки.
- Проста у використанні.
- Точна та надійна система регулювання.
- Швидка заміна пластини.



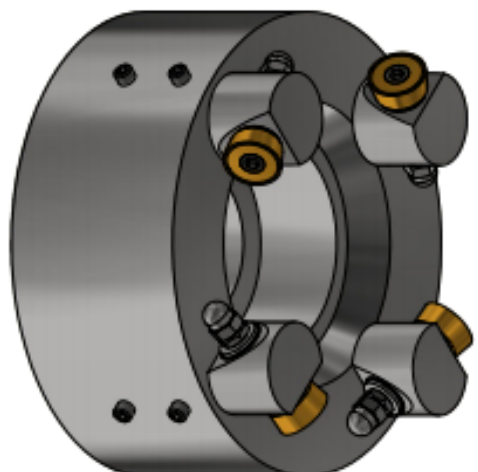
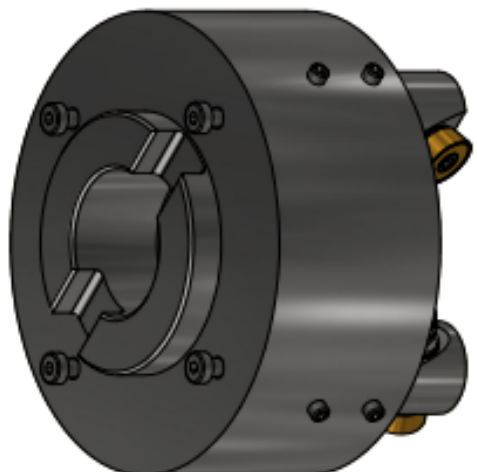
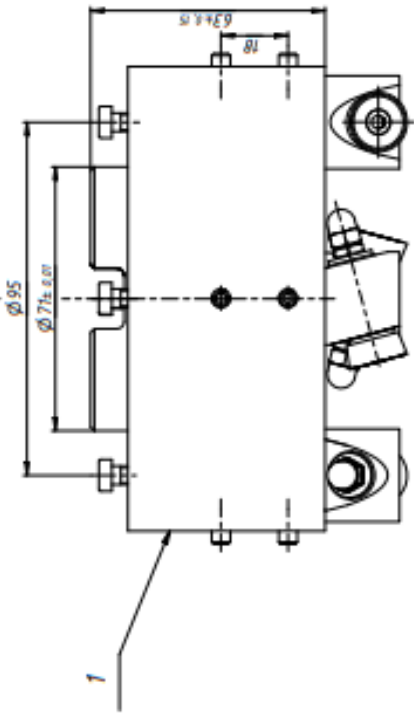
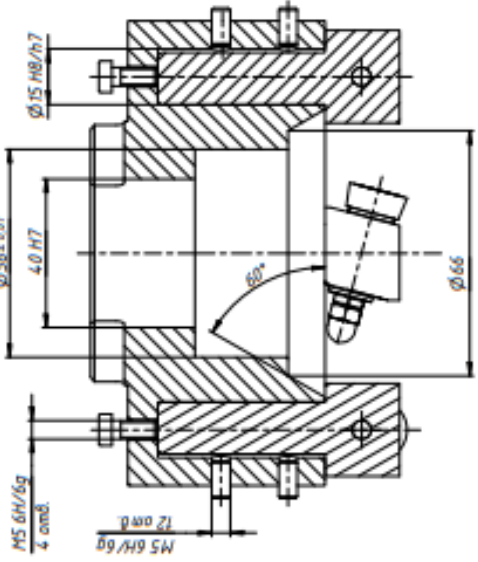
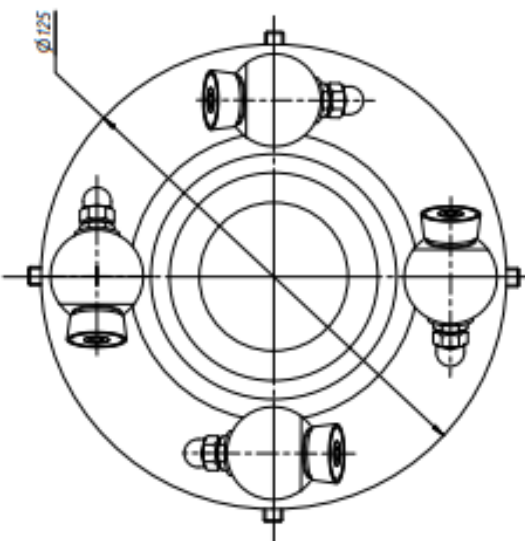
Торцева фреза по а.с. 1053983 МКИ В 23 С 5/06

- Фреза ступінчаста дозволяє швидко обробити деталь.
- Жорстка конструкція.
- Якість оброблення.
- Точне регулювання ножів.

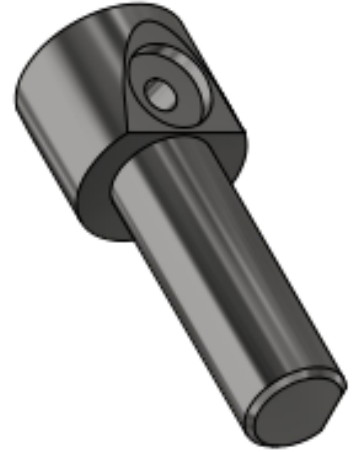
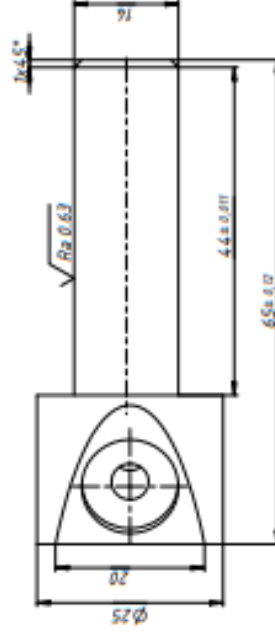
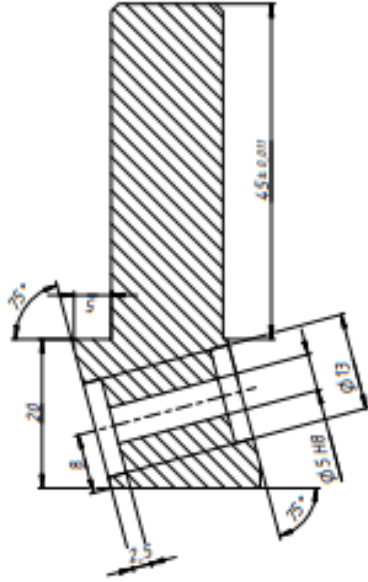
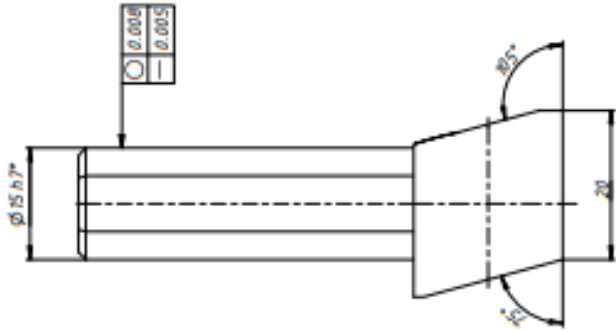


Торцева фреза за а.с. 1445870 МКИ В 23 С 5/06

- Різальні ножі із гофрованими втулками встановлені в корпус.
- Ножі прижимаються до корпусу гвинтами.
- Порожина отвора заповнена пружним середовищем.
- Продуктивність обробки.
- Якість обробки.



ДПБ.ММЛМЛ-71.002.01СК		Лист	Масса	Материал
Фреза торцеда		Лист	11	11
		Лист	3	3
		НТ 50 КТ 10 И.Лозов		
		Синергика		
		Фигурал 21		



1. НД 220. 250
2. Мейсани зразкові відхилення розмірів: отвори Н14, валів Н14, інших ± 0,01
3. Маркування
4. Розміри для обробки*

ДПБ.ММІ.МІ-71.002.04.		Лист	Колір	Розмір
Корпус різця		Лист	Колір	Розмір
Сталь 40Х ГОСТ 1055-88		Лист	Колір	Розмір
НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського		Лист	Колір	Розмір
Київ		Лист	Колір	Розмір
Україна		Лист	Колір	Розмір
Європа		Лист	Колір	Розмір
Світ		Лист	Колір	Розмір

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A2			ДПБ.ММІ.МІ-71.001.04	Пристрій спеціальний поборотний		
<u>Сборочные единицы</u>						
		1		Кроковий двигун FL57STH56-2006A	1	
<u>Детали</u>						
		2		Вал	1	
		3		Втулка	2	
		4		Корпус	1	
		5		Корпус підшипника	1	
		6		Кутник цстановлювальний	1	
		7		Муфта	1	
		8		Упор	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
		9		Болт М4х16 ГОСТ Р 50793-95	4	
		10		Болт М6х25 ГОСТ Р 50793-95	2	
		11		Болт М6х35 ГОСТ Р 50793-95	2	
			ДПБ.ММІ.МІ-71.002.05			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Иванов О.А.				Лист	Листов
Проб.	Глоба О.В.				1	2
Исполн.					НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського	
Утв.					Формат А4	

Затверджую:
Директор ПП «Основа Центр»
(Макаров А.С.)
_____ 20__ р.

М. П.

Акт
приймання робіт
науково-дослідній роботі
«Торцева фреза для обробки чавуну»

В результаті виконання робіт з розробки торцевої фрези для обробки чавуна, виконавець надав:

- Креслення фрези торцевої.
- Робоче креслення корпусу фрези торцевої, креслення корпусу різця.
- Технологія виготовлення корпусу фрези та корпусу різця.
- Креслення пристрою для обробки отворів на торці корпусу.

Результати роботи планується реалізувати при обробці заготовки з чавуну.

Від Замовника

Макаров А.С.

Від Виконавця

Завідувач кафедри ІТМ

_____ Пасічник В.А.

Студент групи МІ – 71

Іванв О.А.