

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

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А.Пасічник

(підпис)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки -

6.050503 Машинобудування

(код і назва)

на тему: Фреза дискова тристороння _____

Виконав (~~ла~~): студент (~~ка~~) 4 курсу, групи МІ51 _____
(шифр групи)

Приходько Олег Олександрович _____ (підпис)
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: асист. Майданюк Сергій Володимирович _____ (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Консультант _____ (підпис)
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Рецензент _____ (підпис)
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

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

Студент _____ (підпис)

Київ – 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДПБ МІ51.11.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	78	
3	A1	ДПБ МІ51.11.01.001 ТК	Аналіз конструкцій дискових тристоронніх фрез	1	
4	A1	ДПБ МІ51.11.02.001 ТК	Визначення параметрів встановлення пластини	1	
5	A2	ДПБ МІ51.11.03.001 ТК	Корпус фрези	1	
6	A2	ДПБ МІ51.11.03.002 СК	Складальне креслення фрези	1	
7	A1	ДПБ МІ51.11.04.001 ТК	Зображення технологічної операції 040 Фрезерна з ЧПК	1	
8	A1	ДПБ МІ51.11.05.001 СК	Пристосування для довбання шпонкового пазу	1	
9	A1	ДПБ МІ51.11.06.001 ТК	Визначення параметрів затиску заготовки	1	

				ДПБ МІ51.11.00.000 ПЗ	
	ПІБ	Під п.	Дата		
Розробн.	Приходько			Пояснювальна записка	Лист
Керівн.	Майданюк				1
Консулт.					Листів
Н/контр.					78
Зав.каф.					НТУУ «КПІ» Каф. _____ Гр. _____

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Фреза дискова тристороння _____

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження та проектування при виконанні дипломного проекту послужила фреза дискова трьохстороння, яка повинна обробити закритий паз з шириною 20 мм та глибиною 10 мм в деталі, що виготовлена зі Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006. Тут спроектована конструкція інструменту, яка б забезпечила обробку пазу, розроблений технологічний процес та виконані розрахунки всіх потрібних значень для створення дискової тристоронньої фрези. До дипломного проекту входить аналіз конструкційних елементів дискових фрез, розрахунок конструкції фрези дискової тристоронньої, технологія виготовлення інструменту, конструювання технологічного пристосування, що буде використовуватись при виготовленні корпусу фрези.

Ключові слова – фреза, дискова тристороння фреза, паз закритий, обробка пазу, інструмент зі змінними пластинками

Мова – ук

Автор: ст. гр. МІ-51 Приходько О.О., під керівництвом асист. Майданюк С.В.

ANNOTATION

The object of research and design during the execution of the diploma project was a disk three-way disk, which should process a closed groove with a width of 20 mm and a depth of 10 mm in the part made of 40K steel GOST 4543-2006. The task was to design a tool design that would provide groove processing, the development of a technological process and the calculation of all necessary values for the creation of disc triple-cutters. The thesis project includes the analysis of the structural elements of the disk mills, calculation of the design of the disk three-way milling cutter, the technology of making the tool, designing a technological device to be used in the manufacture of the cutter casing

Keywords - milling cutter, disk three-way cutter, groove closed, groove processing, tool with replaceable plates

Language – en

Author: st. gr. MI-51 Prihodko O.O., assist. Maidanyuk S.V.

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВОЇ ТРИСТОРОННЬОЇ ФРЕЗИ	7
1.1 Конструктивні особливості дискових тристоронніх фрез	7
1.1.1 Схема зрізання припуску	7
1.1.2 Конструкція фрези	9
1.1.3 Матеріал різальної частини	11
1.1.4 Підвід змащувально охолоджувального технологічного середовища	13
1.2 Вибір конструкції дискової тристоронньої фрези	14
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДИСКОВОЇ ТРИСТОРОННЬОЇ ФРЕЗИ	16
2.1 Вибір інструментального матеріалу	16
2.2 Геометричні параметри фрези	17
2.3 Призначення режимів різання інструменту	18
2.4 Визначення розмірів фрези	20
2.4.1 Вибір діаметру фрези	20
2.4.2 Вибір діаметру оправки	20
2.4.3 Вибір кількості зубів	21
2.4.4 Вибір розмірів зубців	21
2.4.5 Точність конструктивних елементів фрези	23
2.5 Параметри для кріплення різальних пластин	23
2.5.1 Визначення параметрів пазу під твердосплавні пластини	23
2.5.2 Визначення зміщення осі гвинта відносно осі отвору пластини	26
3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ФРЕЗИ ДИСКОВОЇ ТРИСТОРОННЬОЇ	34
3.1 Характеристика деталі	34

3.2 Розрахунок припусків на механічну обробку	35
3.3 Розробка маршрутно-операційного процесу виготовлення корпусу фрези дискової тристоронньої	37
3.4 Розрахунок режимів різання	50
3.4.1 Свердління отвору для пазу	50
3.4.2 Фрезерування пазів під пластинки начорно	52
3.4.3 Фрезерування пазів під пластинки начисто	55
3.4.4 Свердління отвору під гвинт для кріплення пластини	56
3.4.5 Зенкування отвору під гвинт для кріплення пластини	58
3.4.6 Нарізання різьби в отворі під гвинт	59
4 ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОВБАННЯ ШПОНКОВОГО ПАЗУ	64
4.1 Розробка пристрою для довбання шпонкового пазу	64
4.2 Визначення похибки базування	66
4.3 Розрахунок сили різання	68
4.4 Визначення необхідної сили затиску	72
4.5 Визначення фактичного значення сили затиску	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Дипломний проект відноситься до галузі виробництва – машинобудування, зокрема інструментального виробництва. Від точності інструменту для обробки закритих пазів залежить точність з'єднання між деталями.

Інструмент повинен відповідати всім вимогам креслення та забезпечувати високу продуктивність, якість та точність виготовлення.

Метою даного дипломного проекту є розробка дискової тристоронньої фрези для обробки закритого пазу шириною 20 мм та глибиною 10 мм, матеріал якого Сталь 40Х ГОСТ 4543-2006.

Для досягнення поставленої мети проекту повинні бути вирішені наступні задачі:

1. Аналіз конструкційних елементів дискової тристоронньої фрези;
2. Розробка конструкції дискової тристоронньої фрези;
3. Визначення параметрів встановлення пластини;
4. Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу фрези дискової тристоронньої;
5. Розрахунок та конструювання пристрою для довбання шпонкового пазу в корпусі дискової тристоронньої фрези.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ФРЕЗИ ДИСКОВОЇ ТРИСТОРОННЬОЇ

1.1 Конструктивні особливості дискових тристоронніх фрез

Дискова тристороння фреза являється інструментом, подібним до деталей типу диск, що має в своєму складі посадковий отвір, яким даний інструмент кріпиться до пристосування верстату, та через який передається крутний момент та різальні кромки, що розташовані на периферії даного диску.

Для того щоб виконати проектування такої фрези необхідно визначитись в основних параметрах залежно від поставлених задач, які має виконувати пазова дискова фреза. До цих параметрів можна віднести:

- схема зрізання припуску;
- конструкція фрези;
- матеріал різальної частини;
- підвід змащувально охолоджувального технічного середовища (ЗОТС).

1.1.1 Схема зрізання припуску

Визначимо схему зрізання припуску матеріалу. Найбільш поширеними являються інструменти з одинарним (рис. 1.1) та груповим зрізанням припуску (рис. 1.2).

Інструменти, що працюють з одинарною схемою зрізання припуску (рис. 1.1) є найбільш застосовуваною конструкцією та найпростішою у виготовленні. При обробці такими фрезами заготовка та інструмент сприймає стале вібраційне навантаження. Недоліками такої конструкції являється велике навантаження на різальну кромку, оскільки весь припуск видаляється з матеріалу однією різальною кромкою. За рахунок великого навантаження на різальний елемент достатньо швидко піддається зношуванню [2].

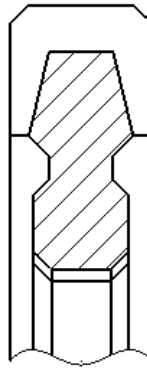


Рисунок 1.1 – Інструмент, що працює з одинарною схемою зрізання припуску

Інструмент, що працює з груповою схемою зрізання припуску (рис. 1.2) є більш прогресивним. Оскільки припуск, за рахунок шахматного розташування різальних кромки, менший, ніж при одинарній схемі, навантаження на кожну різальну кромку зменшується, що робить інструмент більш стійким. Недоліком такої схеми являються великі вібрації, які виникають при обробці та відносна важкість виготовлення інструменту [2].

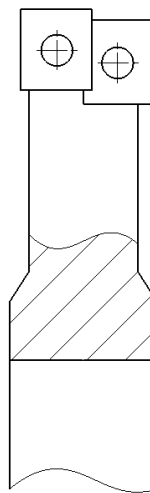


Рисунок 1.2 – Інструмент, що працює з груповою схемою зрізання припуску

Отже, виконавши аналіз переваг та недоліків інструментів, що працюють з одинарною та груповою схемою різання, можна зробити висновок, що кращим інструментом для обробки закритих пазів дисковими фрезами являється інструмент з груповою схемою зрізання припуску.

1.1.2 Конструкція фрези

Виберемо безпосередньо конструкцію фрези. Вона буває суцільною (рис. 1.3), складена (рис. 1.4) та збірна (рис. 1.5).

Суцільна конструкція фрези (рис. 1.3) є поширеною конструкцією. Вона проста виготовленні, але має ряд недоліків. Застаріла конструкція, значне використання різального матеріалу, що робить інструмент достатньо дорогим. Також виникає необхідність частого переточування різальних кромek такої фрези.

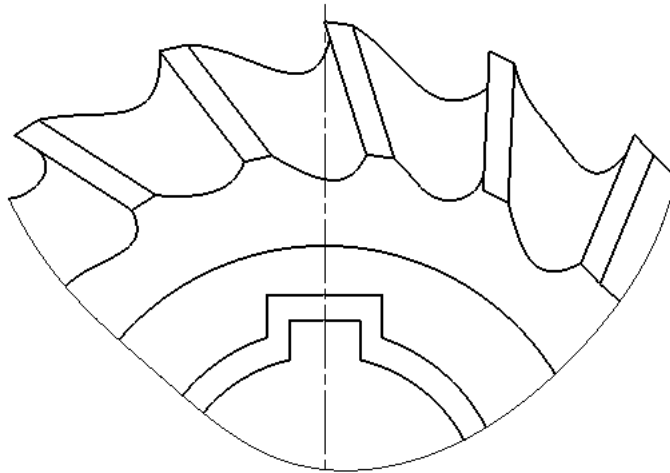


Рисунок 1.3 – Суцільна конструкція фрези

Складена конструкція фрези (рис. 1.4) значно економить різальний матеріал, за рахунок використання корпусу, що виготовлений зі конструкційної сталі, яка являється дешевшою. Але використання таких фрез також включає в себе певні недоліки, а саме важкість складання інструменту та затрати час на цей

процес, можливість неточного складання інструменту, якщо конструкція не забезпечує точність при складанні та важкість виготовлення самого корпусу фрези.

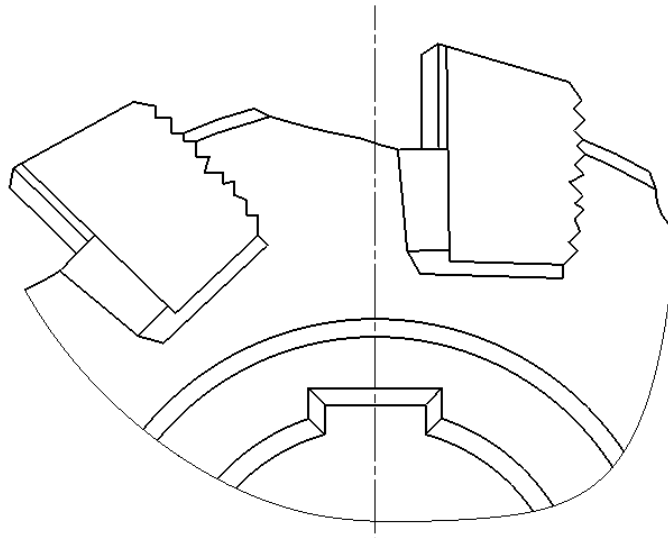


Рисунок 1.4 – Складена конструкція фрези

Збірна конструкція фрези (рис. 1.5) є більш модерною з всіх вище розглянутих конструкцій. За такої конструкції, як і в попередній конструкції, забезпечується економія різального матеріалу, здійснюється швидка зміна затупленої різальної кромки, тобто немає необхідності витратити час на переточування різальних кромки. Недоліками є важкість виготовлення безпосередньо самого корпусу інструменту.

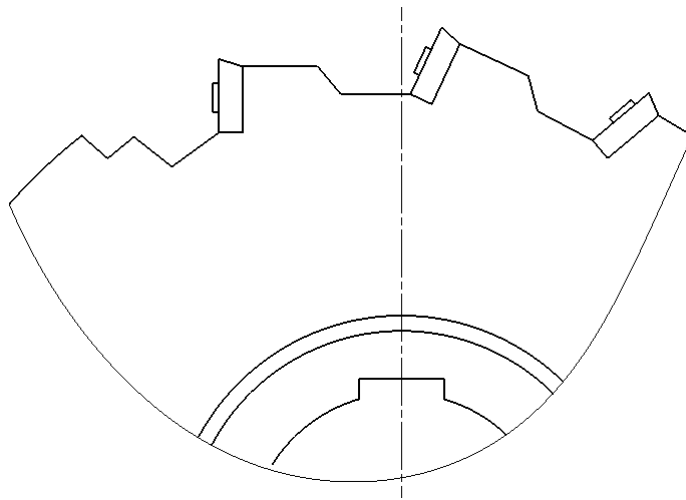


Рисунок 1.5 – Збірна конструкція фрези

Отже, виконавши аналіз переваг та недоліків різних конструкцій дискових фрез, можна зробити висновок, що кращою конструкцією інструменту для обробки закритих пазів дисковими фрезами являється збірна конструкція фрези.

1.1.3 Матеріал різальної частини

Одним із самих важливих параметрів, котрі ми повинні враховувати при проектуванні різального інструменту є матеріал різальної частини. Найбільш поширеними матеріалами різальної частини для дискових пазових фрез являються швидкорізальна сталь та твердий сплав.

Швидкорізальна сталь — високолегована інструментальна сталь, що застосовується, головним чином, для виготовлення різального інструменту, що працює на швидкостях, приблизно в 3-5 разів більших, ніж інструмент з вуглецевої інструментальної сталі. Можливість отримання такої швидкості різання обумовлена червоностійкістю швидкорізальної сталі. Інструмент з швидкорізальної сталі пом'якшується при нагріванні вище 550–650°C (в залежності від складу і обробки), в той час як з вуглецевої інструментальної сталі — при 200 °C. Червоностійкість сталі забезпечують легуючі елементи — вольфрам (W), хром (Cr), ванадій (V), які утворюють карбіди високої

витривалості. Для отримання потрібної структури і властивостей інструмент з швидкорізальної сталі піддається спеціальній термічній обробці, що полягає в гартуванні після нагрівання до температури 1240–1300°C і багаторазовому (зазвичай 3 рази) відпусканні при температурі 560–620 °C. Для підвищення стійкості швидкорізальної сталі застосовується ціанування, обробка холодом, ступеневе гартування тощо [1].

Дискові пазові фрези, різальний елемент якого виготовляється зі швидкорізальної сталі, зазвичай, виготовляються суцільними.

Тверді сплави — особливого класу зносостійкі матеріали з великою твердістю, що мало залежить від температури аж до 900...1150°C, у склад яких входять такі тугоплавкі елементи, як вольфрам, молібден, титан, хром та ін. Ці елементи утворюють з вуглецем, що входить в сплав, дуже тверді сполуки — карбіди [3].

Використання твердого сплаву в дискових пазових фрезах можуть застосовуватись в 2 варіантах – використання ножів або використання непереточуваних твердосплавних пластинок. Використання ножів є більш простим рішенням, але дана конструкція вже є застарілою та виникає необхідність витратити час на переточування. Непереточвані пластинки в своєму складі мають наявність стружколомів та можливість швидкої зміни пластинки при заточуванні.

Отже, виконавши аналіз переваг та недоліків інструментальних матеріалів, що найчастіше використовують для дискових фрези при обробці пазів, кращою конструкцією при обробці Сталі 40Х ГОС 4543-2006 являється використання твердого сплаву.

1.1.4 Підвід змащувально охолоджувального технологічного середовища

Підвід ЗОТС до зони обробки – необхідний процес, що забезпечує нормальний процес зняття стружки з оброблювального матеріалу. Існують 2 варіанти підводу ЗОТС – зовнішній (рис. 1.6) та внутрішній (рис. 1.7).

Схема зовнішнього підводу ЗОТС (рис. 1.6) являється простою та перевіреною часом схемою. Значною перевагою такого підводу являється простота виготовлення конструкції інструменту та можливість виконувати обробку інструментом на будь яких верстатах. Недоліками є налаштування попадання ЗОТС верстатом в місце обробки, але все рівно виникатиме неточність в зоні попадання ЗОТС. Також при застосуванні зовнішньої схеми ЗОТС витрачається значно більша кількість, ніж необхідна для обробки.

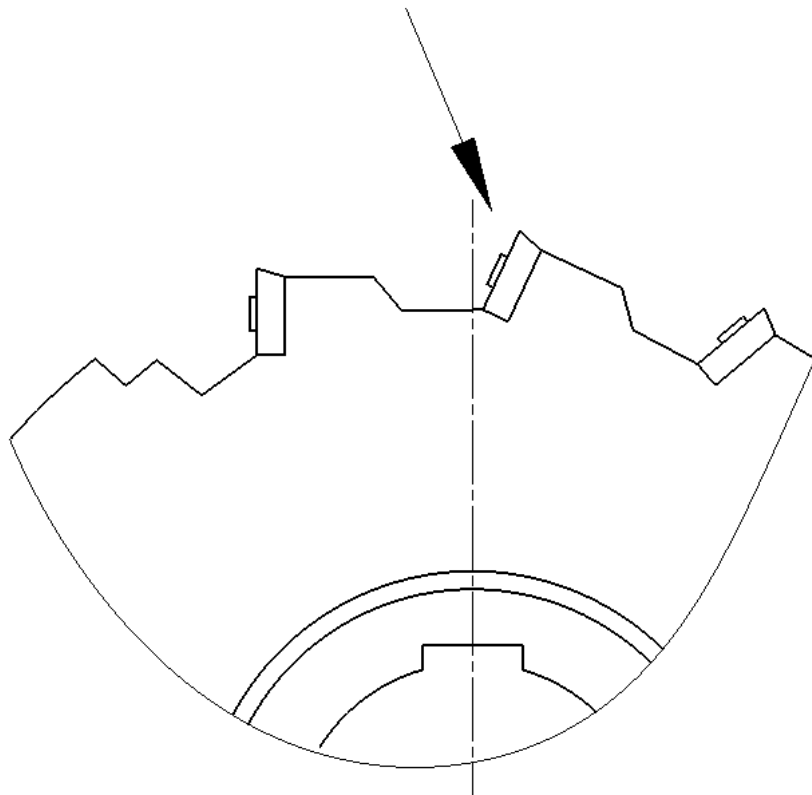


Рисунок 1.6 – Схема зовнішнього підводу ЗОТС

Схема внутрішнього підводу ЗОТС (рис. 1.7) є більш сучасною схемою. Використання такої схеми дозволяє економити ЗОТС, оскільки зона попадання його буде саме в місце обробки, що забезпечується внутрішніми каналами в корпусі інструменту. Але використання такої схеми додає багато задач при проектуванні технологічного процесу з використання даного інструменту. Для використання дискової пазової фрези з внутрішнім підводом ЗОТС необхідно забезпечити верстатом підвід ЗОТС до корпусу інструменту. Також для виготовлення такого інструменту необхідно виконати симуляцію попадання ЗОТС в місце обробки, розрахувати зони в корпусі, де канали не принесуть значних міцністних напружень та не призведуть до зіпсування інструменту.

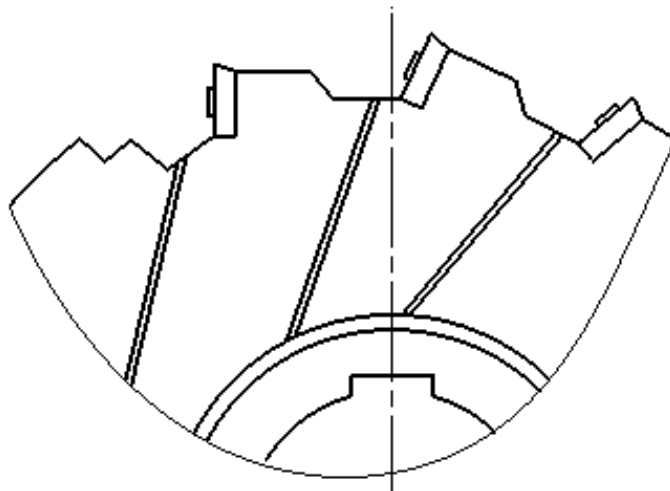


Рисунок 1.7 – Схема внутрішнього підводу ЗОТС

Отже, виконавши аналіз переваг та недоліків схем підводу ЗОТС в зону обробки, можна прийти до висновку, що для економії виготовлення інструменті доцільніше використовувати схему зовнішнього підводу ЗОТС.

1.2 Вибір конструкції дискової тристоронньої фрези

Виконавши аналіз конструкцій дискової пазової фрези можна виконати проектування згідно попередньо заданих умов обробки.

Оскільки згідно з технічним завданням проекту оброблювальною поверхнею являється закритий паз з шириною 20Н9 мм, глибиною 10 мм та шорсткістю Ra 3,2 мкм, що виготовлений зі Сталі 40Х ГОСТ 1050-88 та при використанні даного інструменту на горизонтально-фрезерному верстаті приймаємо конструкцію фрези дискової пазовою з груповою схемою зрізання припуску (рис. 1.2), збірну (рис. 1.5), з використанням твердосплавних непереточуваних пластинок, з зовнішнім підводом ЗОТС (рис. 1.6). Ескіз такого інструменту зображений на рис. 1.8.

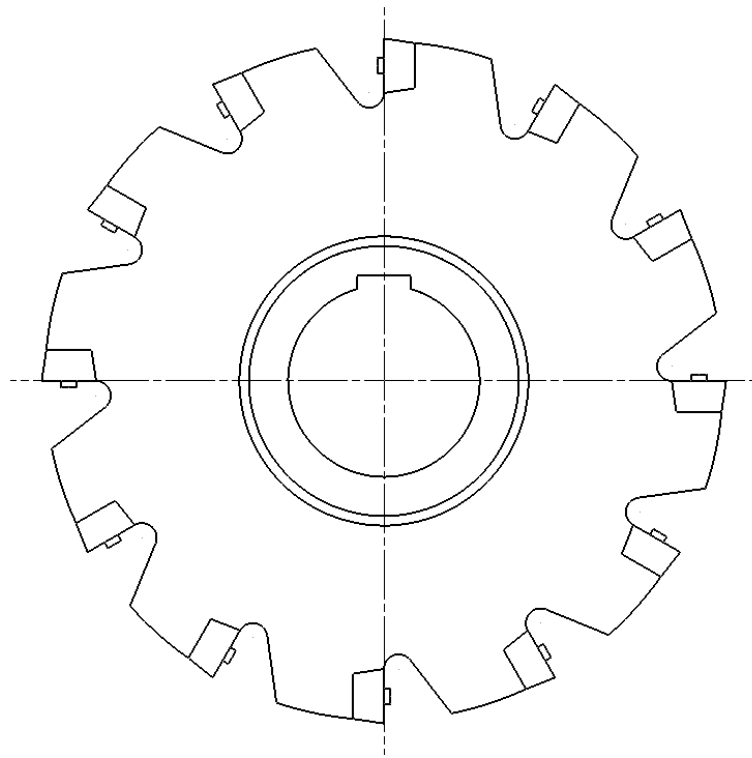


Рисунок 1.8 – Ескіз конструкції фрези дискової тристоронньої

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДИСКОВОЇ ТРИСТОРОННЬОЇ ФРЕЗИ

Для розробки конструкції дискової тристоронньої фрези зі змінними різальними пластинками необхідно пройти наступні кроки:

- Визначення геометричних параметрів фрези;
- Визначення параметрів пазу під твердосплавну пластинку;
- Розрахунок зміщення осі гвинта для кріплення різальної пластинки.

2.1 Вибір інструментального матеріалу

За [3] табл. 4.1 при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 приймаємо матеріал твердого сплаву титано-вольфрамо кобальтовий Т5К10 ГОСТ 3882-74. Хімічний склад та властивості матеріалу за [3] вказані в табл. 2.1. Хімічний склад та властивості матеріалу, що обробляється, а саме Сталь 40Х ГОСТ 4543-2006 за [4] зобразимо в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад та механічні властивості твердого сплаву Т5К10 ГОСТ 3882-74

Вміст кобальту, %	9
Вміст карбідів вольфраму, %	85
Вміст карбідів титану, %	6
Границя міцності при згинанні, МПа	1421
Густина, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	12.5-13.1
Твердість НРА	> 88.5

Таблиця 2.2 – Хімічний склад та механічні властивості

Сталі 40X ГОСТ 4543-2006

Вуглець, %	0.36-0.44	Фосфор, %	< 0.035
Кремній, %	0.17-0.37	Купрум, %	< 0.3
Марганець, %	0.5-0.8	Хром, %	0.8-1.1
Нікель, %	< 0.3	Сірка, %	< 0.035
Границя міцності при розтязі, МПа	980		
Відносне подовження, %	45		
Відносне звуження, %	10		
Твердість по Бріннелю, НВ	156-197		

2.2 Геометричні параметри фрези

Виконаємо підбір геометричних параметрів фрези згідно послідовності розрахунків за [3].

Згідно [3] табл. 4.2 при проектуванні дискової фрези та обробці сталі задній кут рівний $\alpha = 10^\circ$.

Згідно [3] табл. 4.3 при застосуванні дискової фрези та обробці конструкційної сталі з НВ 255 передній кут рівний $\gamma = 10^\circ$.

Згідно [3] табл. 4.4 при застосуванні дискової фрези головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$.

Згідно [3] табл. 4.5 при застосуванні дискової трьохсторонньої фрези допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 2^\circ$.

Згідно [3] табл. 4.6 при застосуванні дискової трьохсторонньої фрези шириною більш як 15мм значення кута нахилу гвинтових канавок та зубів $\omega = 10^\circ$.

Матеріал корпусу інструменту приймаємо Сталь 40X ГОСТ 4543-2006, хімічні та механічні властивості якого зображені в табл. 2.2.

2.3 Призначення режимів різання інструментом

Виконаємо розрахунки за [6].

- Глибина t і ширина B фрезерування

Глибина фрезерування за схемою, що зображена на рис. 2.1, при обробці дисковою трьохсторонньою фрезою, визначає тривалість контакту зубу фрези з заготовкою. Ширина фрезерування визначає довжину леза, що приймає участь в різанні.

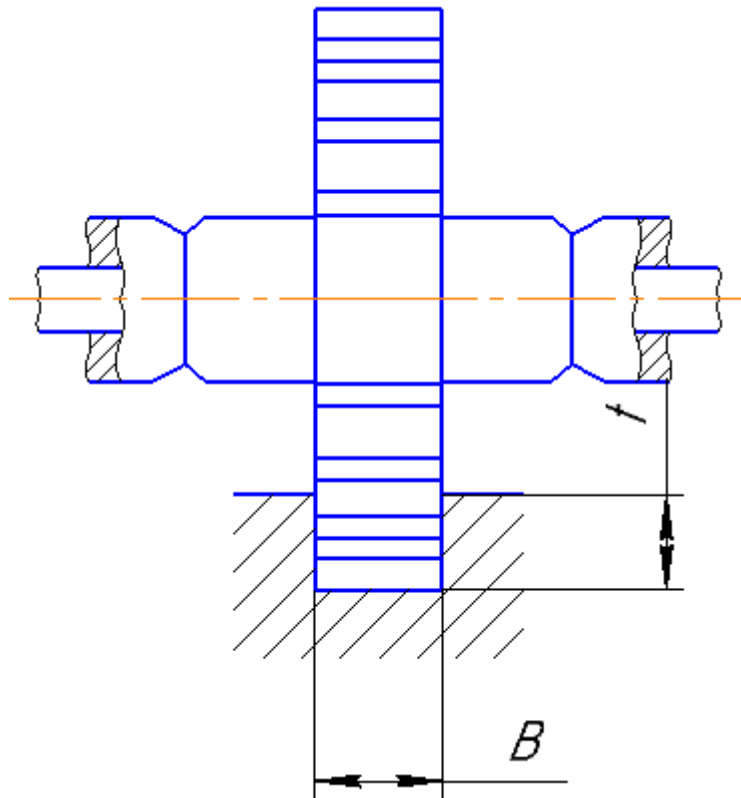


Рисунок 2.1 – Схема фрезерування пазу дисковими фрезами

Згідно завдання проекту обробки пазу глибиною $t = 10$ мм та шириною $B = 20$ мм.

- Подача на зуб S_z

Згідно [6] табл. 33 с. 283 при імовірній потужності верстату $5 \dots 10$ кВт, обробці сталі пластинами із твердого сплаву Т5К0 $S_z = 0.12 \dots 0.18 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$. За

приміткою до табл. 33 с. 283 при фрезеруванні пазів необхідно значення зменшити в 2 рази. Отже, $S_z = 0.06 \dots 0.09 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$.

Приймаємо остаточно $S_z = 0.09 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$.

- Швидкість різання V

Швидкість різання визначається як:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_V = 101.04 \text{ м/хв} \quad (3.1)$$

Де, C_v, q, m, x, y, u, p – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості обробки. За [6] с. 287 при фрезеруванні пазів дисковими фрезами зі змінними різальними твердосплавними пластинами з $S_z = 0.09 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$

- $C_v = 690, q = 0.2, m = 0.35, x = 0.3, y = 0.4, u = 0.1, p = 0$.

T – період стійкості інструменту. Визначимо імовірний діаметр фрези за залежністю:

$$d \approx 10t = 100 \text{ мм} \quad (3.2)$$

За [6] с. 290 для дискових фрез діаметром $d = 100$ мм - $T = 120$ хв.

K_V – поправочний коефіцієнт для розрахунку швидкості різання.

Визначається як:

$$K_V = K_{MV} K_{ПВ} K_{ИВ} = 0.32 \quad (3.3)$$

Де, K_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

Визначаємо коефіцієнт за [6] с. 261:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0.49 \quad (3.4)$$

Де, K_{Γ}, n_V - коефіцієнт та показник степені, що характеризують групу сталі по оброблюваності.

При обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 різцями зі пластинами із твердого сплаву Т5К10 - $K_{\Gamma} = 0.65, n_V = 1$.

σ_B – межа міцності. Для Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 - $\sigma_B = 1000$ МПа.

$K_{ПV}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Оскільки стан поверхні – без кірки, тому за [6] с. 263 - $K_{ПV} = 1$.

$K_{ИV}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання. При обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 різцями з пластинами із твердого сплаву Т5К10 - $K_{ИV} = 0.65$.

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 101.04 \text{ м/хв}$$

2.4 Визначення розмірів фрези

Визначимо зовнішні розміри та параметри фрези дискової трьохсторонньої.

2.4.1 Вибір діаметру фрези

Визначимо мінімально необхідний діаметр фрези:

$$D_{min} \approx 0.12B^{0.26}t^{0.09}S_z^{0.06}l^{0.75}y_{max}^{-0.25} + 2(t' + \Delta) = 122.01 \quad (3.5)$$

Де, l - відстань між опорами оправки. За [3] приймаємо $l = 250$ мм.

t' - загальна глибина пазу. За завданням $t' = 10$ мм.

Δ - зазор між оправкою та поверхнею заготовки. За [3] приймаємо $\Delta = 10$ мм.

y_{max} – максимально допустимий прогин оправки. При чорновому фрезеруванні пазів за [3] $y_{max} = 0.4$.

Отже, мінімальний діаметр фрези рівний:

$$D_{min} \approx 122.01 \text{ мм}$$

За ГОСТ 29116-91 з врахуванням збірної конструкції фрези приймаємо $D = 125 \text{ мм} > D_{min}$.

2.4.2 Вибір діаметру оправки

Визначимо діаметр оправки за залежністю

$$d = 0.44D_{min} = 27.28 \text{ мм} \quad (3.6)$$

За ГОСТ 9472-90 приймаємо діаметр отвору під оправку $d = 32H7$, шпонковий паз шириною $10H9$.

2.4.3 Вибір кількості зубів

Кількість зубів дискової фрези визначається за залежністю

$$z \geq \pi Dk \cot \omega / B = 22.65 \quad (3.7)$$

Де, k – коефіцієнт рівномірності фрезерування. За [2] $k = 2$.

Отже, значення кількості зубців для цільних дискових фрез рівний:

$$z \geq 22.65$$

З врахуванням збірної конструкції фрези кількість різальних зубів інструменту за ГОСТ 5348-69 при зовнішньому діаметру фрези $D = 125$ мм та ширині фрезерування $B = 20$ мм - $z = 10$.

Отже, приймаємо кількість зубів рівним $z = 10$.

2.4.4 Вибір розмірів зубців

Приймаємо пластинку різальну змінну багатогранну твердосплавну квадратної форми з потайним отвором під головку гвинта. Ескіз зобразимо на рис. 2.2.

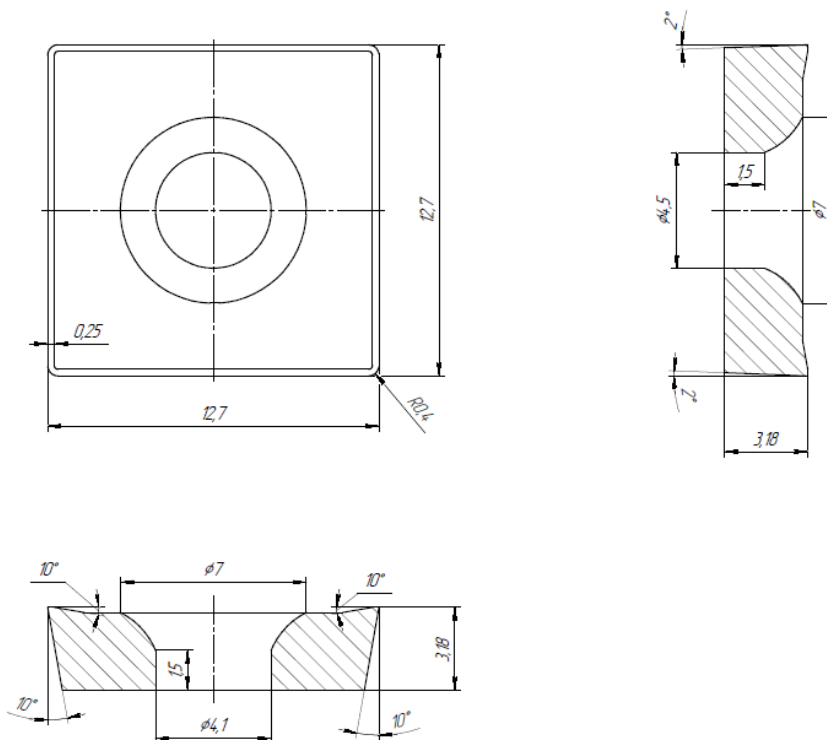


Рисунок 2.2 – Різальна пластинка

Дана пластинка має в квадратну форму. Кріпиться до корпусу дана пластинка за допомогою гвинта, що проходить через наявний в пластинці центровий отвір з фаскою під потайну головку гвинта.

Параметри пластини:

- Форма пластини прямокутна з кутом при вершині $\varepsilon = 90^\circ$.
- Задній кут $\alpha = 10^\circ$.
- Клас допуску – М.
- Конструктивні особливості: з стружколамаючими канавками з одностороннім тороїдальним отвором для гвинта з фаскою кутом 45° .
- Довжина різальної кромки $L = 12,7$ мм, діаметр вписаного в пластинку кола $d = 12,7$ мм, діаметр кріпильного отвору $d_1 = 4,5$ мм.
- Робоча товщина пластини $s = 3,18$ мм.
- Радіус округлення вершини різальної кромки $r = 0,4$ мм.

Ширину корпусу фрези приймаємо $B_1 = 18$ мм, діаметр корпусу інструменту $D_1 = 123$ мм, виліт пластинок буде становити по 1 мм на сторону.

Форму стружкової канавки приймаємо стандартну для дискових фрез зі змінними різальними пластинками, а саме з радіусним заокругленням між пластинками фрези.

2.4.5 Точність конструктивних елементів фрези

За ГОСТ 5808-77 приймаємо шорсткість передньої та задньої поверхні $Ra < 1.25$ мкм, діаметру посадкового отвору $Ra < 0.63$ мкм, опорних поверхонь $Ra < 3.2$ мкм. Допуски на передній та задній кути рівні $\pm 1^\circ$. Радіальне биття між сусідніми зубцями не більше 0.04 мм, максимальне не більше 0.08 мм. Торцеве биття зубців повинно бути не більше 0.05 мм. Відхилення від перпендикулярності торців ступіці відносно осі отвору 0.02 мм.

Отже, виконавши перший етап розробки конструкції фрези ми можемо виконати проектування безпосередньо корпусу інструменту. Для виконання креслення корпусу необхідно визначити кути нахилу канавок під твердосплавні пластинки.

2.5 Параметри пазу для кріплення різальних пластин

Виконаємо проектування пазу для кріплення різальних пластин. Для цього виконаємо наступні розрахунки:

- Визначення параметрів пазу під твердосплавну пластинку;
- Визначення зміщення осі гвинта відносно осі отвору пластини.

2.5.1 Визначення параметрів пазу під твердосплавну пластинку

Після затуплення різальної кромки пластини не переточують, а повертають на іншу гостру грань, що в середньому дає 1 хвилину економії часу в порівнянні з заміною переточуваного інструменту. Працюють пластини однією гранню і мають невелику товщину. При пресуванні та спіканні на передній поверхні пластин передбачено канавки, за рахунок яких створюються додатні передні кути та подрібнюється стружка. Величини

передніх та задніх кутів негативних пластин забезпечуються відповідною установкою пластин в корпусі інструменту. Після використання всіх граней пластини не переточують, а повертають на переробку. В результаті повертається близько 90% твердого сплаву замість 20% для інструменту з напаяними пластинами [7].

При використанні негативних пластин необхідно для здійснення процесу різання при обробці певним чином зорієнтувати пластину відносно конструкторської установочної бази корпусу інструменту. Для цього після вибору відповідно до заданих умов обробки певного типорозміру пластини здійснюють обробку корпусу інструменту з метою отримання на ній опорної поверхні цієї пластини. Кількість граней пластини при заданих головному φ та допоміжному φ_1 кутах фрези в плані визначить форму пластини [7]:

$$\mu = \frac{360}{\varphi + \varphi_1} = 3.91 \quad (3.8)$$

Приймаємо кількість граней в пластині $\mu = 4$. Отже, попередньо вибрана твердосплавна різальна пластинка вибрана вірно.

Визначимо кут θ , що характеризує положення осі симетрії пластини відносно головної різальної кромки за наступною залежністю:

$$\tan^{-1} \theta = \frac{\tan \alpha \sin \varphi}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha \cos \varphi} = 10^\circ \quad (3.9)$$

Визначимо кут ω за наступною формулою:

$$\omega = \tan^{-1}(\tan \alpha \cot \theta) = 10^\circ \quad (3.10)$$

Установку корпусу на фрезерному верстаті виконують, орієнтуючи її у двох взаємно перпендикулярних площинах з кутами виконанням двох поворотів:

- У площині, яка проходить уздовж поздовжньої осі симетрії фрези перпендикулярно до установочної конструкторської бази фрези, на кут ω_1 :

$$\omega_1 = \arctan\left[\left(\frac{\tan(\alpha - \alpha_{пл})}{\cot \omega}\right) \cos \varphi + \tan \omega \sin \varphi\right] = 10^\circ \quad (3.11)$$

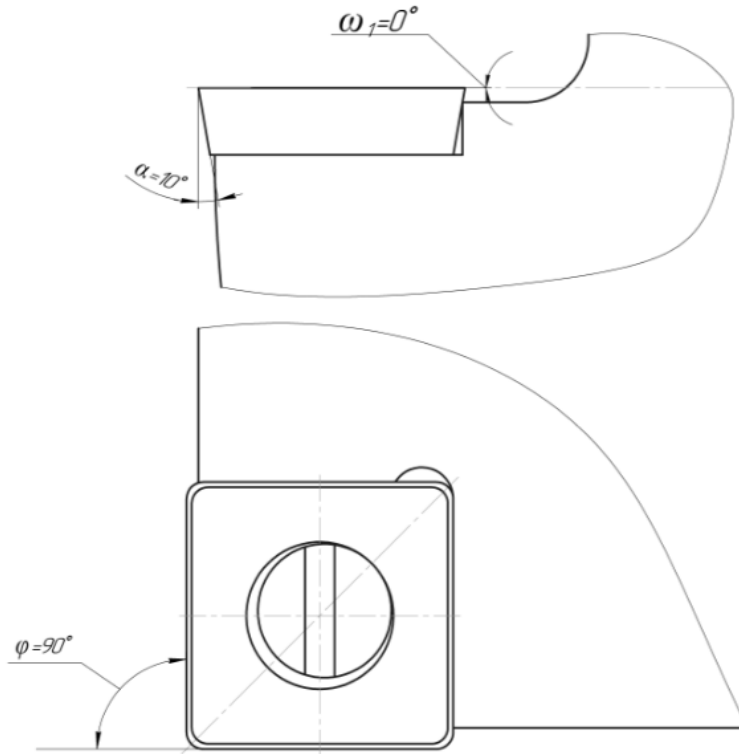


Рисунок 2.3 – Установка корпусу на фрезерному верстаті

У площині, що перпендикулярна до поздовжньої осі симетрії і установочної конструкторської бази корпусу фрези на кут ω_2 :

$$\omega_2 = \arctan\left[\left(\frac{\tan(\alpha - \alpha_{пл})}{\cot \omega}\right) \sin \varphi + \tan \omega \cos \varphi\right] = 10^\circ \quad (3.12)$$

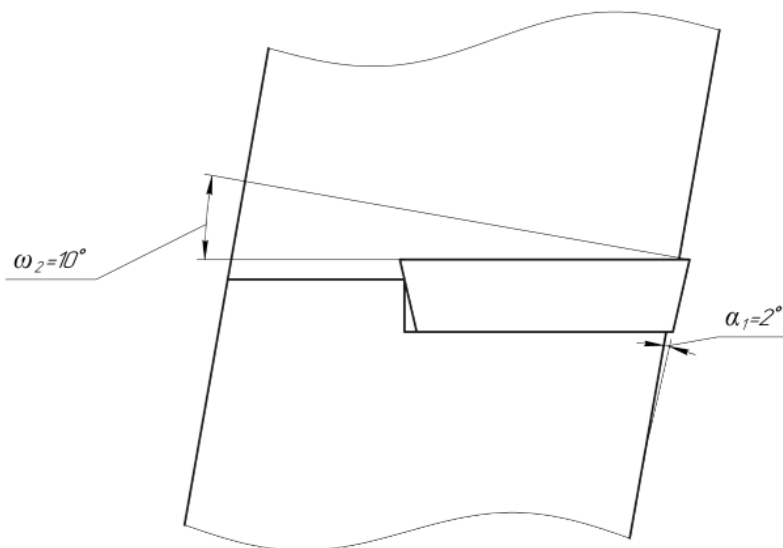


Рисунок 2.4 – Установка корпусу на фрезерному верстаті

2.5.2 Визначення зміщення осі гвинта відносно осі отвору пластини

Точність розташування пластинки в інструменті забезпечується зміщенням осі пластинки відносно осі отвору корпусу фрези.

Отже, виконаємо розрахунок зміщення осі різальної пластини відносно її осі симетрії.

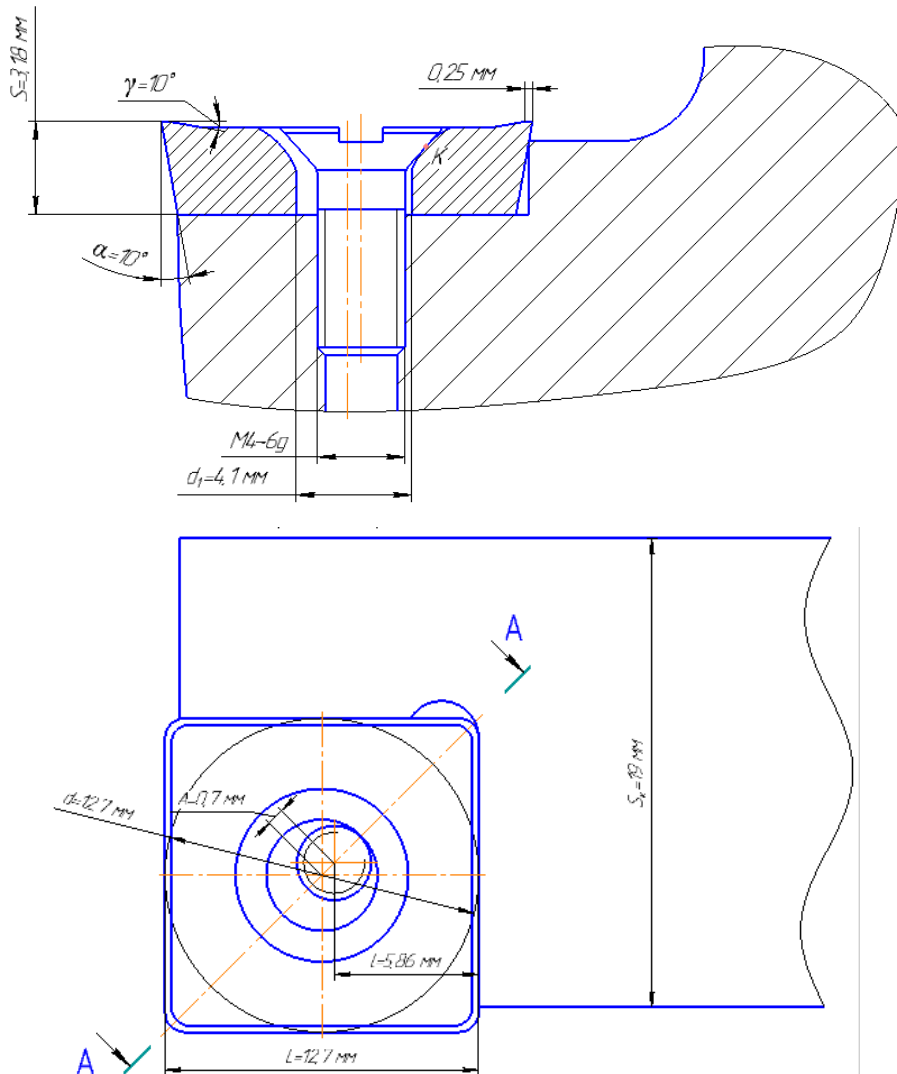


Рисунок 2.5 – Схема кріплення пластини:

d – діаметр вписаного кола пластини;

L – довжина різальної кромки;

l – відстань від бічної сторони гнізда до осі отвору під гвинт;

s – товщина різальної пластини;

d_1 – діаметр циліндричної частини кріпильного отвору;

d_{28} – діаметр кріпильного гвинта;

A – зміщення осі гвинта відносно осі пластини.

Для забезпечення необхідного зміщення до виготовлення гнізда під пластину, кріпильного гвинта і різальної пластини висуваються високі вимоги точності. Завдяки зміщенню осі гвинта відносно осі пластини кінцева головка гвинта має контактує з різальною пластиною у точці К (рис. 2.3), а з протилежного боку від точки К контакт відсутній. Це гарантує надійне притискання різальної пластини до опорних поверхонь гнізда [8].

Зміщення осі різальної пластини відносно її осі симетрії визначається за формулою:

$$A = \sum_{i=1}^6 A_i = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 \quad (3.13)$$

Де, A_1 – зміщення за рахунок зміни діаметра вписаного кола пластини d ;

A_2 – зміщення за рахунок зміни діаметра кріпильного отвору d_1 ;

A_3 - зміщення за рахунок відхилення від симетричності отвору відносно задніх поверхонь;

A_4 - зміщення за рахунок відхилення розміру l від бічної сторони гнізда до осі кріпильного гвинта;

A_5 - зміщення за рахунок зазору в різбовому з'єднанні гвинта і різбового отвору в корпусі;

A_6 - зміщення за рахунок відхилення від співвісності головки гвинта відносно осі його різьби.

Визначимо складові значення осі різальної пластини відносно її осі симетрії.

- Зміщення A_1 за рахунок зміни діаметра вписаного кола пластини d :

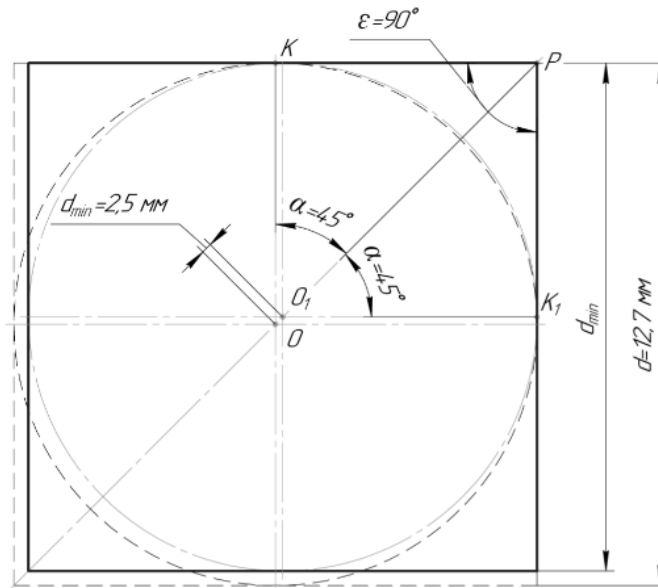


Рисунок 2.6 – Схема визначення зміщення за рахунок зміни діаметра вписаного кола

$$A_1 = \frac{0,5T_d}{\cos \alpha} \quad (3.14)$$

Де, T_d - допуск на діаметр вписаного кола;

α - кут між бісектрисою кута і перпендикуляром до бічної сторони гнізда.

За [9] допуск на діаметр вписаного кола - $T_d = 0.36$ мм.

Кут між бісектрисою кута і перпендикуляром до бічної сторони гнізда α визначається за формулою:

$$\alpha = 90^\circ - \varepsilon/2 = 45^\circ \quad (3.15)$$

Отже, зміщення A_1 за рахунок зміни діаметра вписаного кола пластини d рівне:

$$A_1 = 0.25 \text{ мм}$$

- Зміщення A_2 за рахунок зміни діаметра кріпильного отвору d_1 :

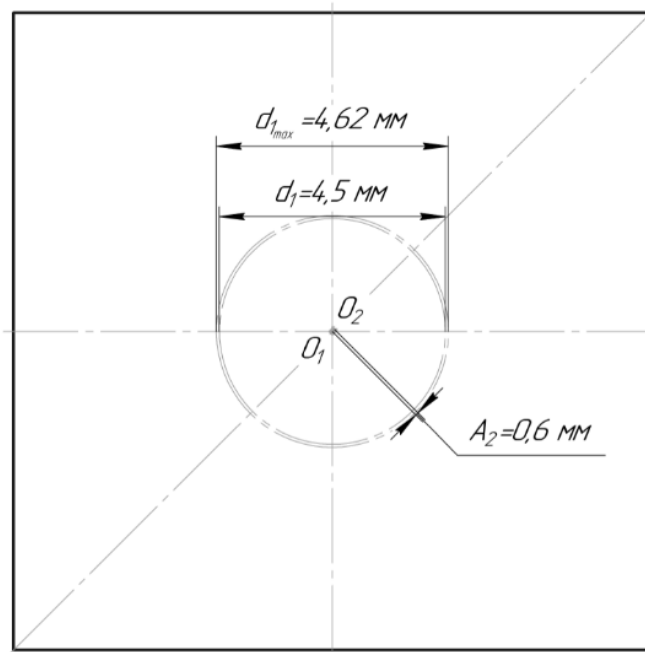


Рисунок 2.7 – Схема для визначення зміщення осі внаслідок похибки кріпильного отвору

$$A_2 = \frac{T_{d1}}{2} \quad (3.16)$$

Де, T_{d1} - допуск на виготовлення отвору;

За [10] допуск на виготовлення отвору - $T_{d1} = 0.12$ мм.

Отже, зміщення A_2 за рахунок зміни діаметра кріпильного отвору d_1 буде рівне:

$$A_2 = 0.06 \text{ мм}$$

- Зміщення A_3 за рахунок відхилення від симетричності отвору відносно задніх поверхонь:

Дане зміще

$$A_3 = \frac{TPS}{2} \quad (3.17)$$

Де, TPS - допуск симетричності отвору пластини.

ння визначається за формулою:

За [8] допуск симетричності отвору пластини - $TPS = 0,1$ мм.

Отже, Зміщення A_3 за рахунок відхилення від симетричності отвору відносно задніх поверхонь рівне:

$$A_3 = 0,05 \text{ мм}$$

- Зміщення A_4 за рахунок відхилення розміру l від бічної сторони гнізда до осі кріпильного гвинта:

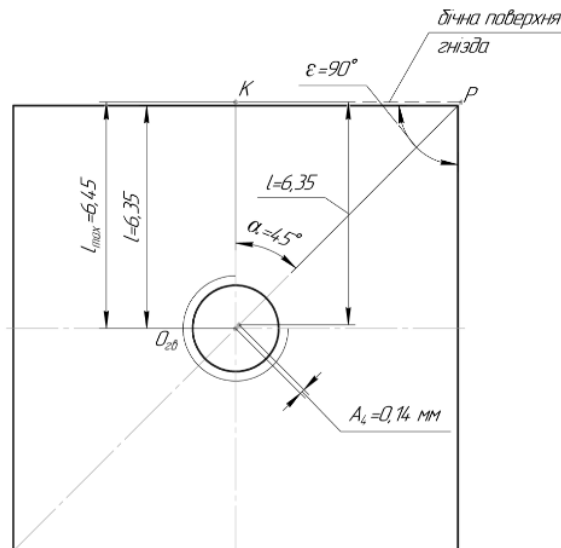


Рисунок 2.8 – Схема для визначення зміщення осі внаслідок відхилення відстані від бічної поверхні гнізда до осі гвинта

$$A_4 = \frac{T_l}{\cos \alpha} \quad (3.18)$$

Де, T_l - допуск на довжину, що рівна половині діаметра вписаного кола.

При довжині, що рівна половині діаметра вписаного кола $l \approx \frac{d}{2} \approx 6.35 \text{ мм}$ за [8] - $T_l = 0.1 \text{ мм}$.

Отже, зміщення A_4 за рахунок відхилення розміру l від бічної сторони гнізда до осі кріпильного гвинта рівне:

$$A_4 = 0.14 \text{ мм}$$

- Зміщення A_5 за рахунок зазору в різьбовому з'єднанні гвинта і різьбового отвору в корпусі:

Дане зміщення визначається за формулою:

$$A_5 = \frac{S_{D2}^{max}}{2} \quad (3.19)$$

Де, S_{D2}^{max} - найбільший зазор за середнім діаметром.

Найбільший зазор за середнім діаметром визначається за формулою:

$$S_{D2}^{max} = ES_{D2} - ei_{d2} \quad (3.20)$$

Де, ES_{D2} – верхнє відхилення різьбового отвору за середнім діаметром;

ei_{d2} – основне (верхнє) відхилення середнього діаметру.

Верхнє відхилення різьбового отвору за середнім діаметром визначається за формулою:

$$ES_{D2} = EI_{D2} + T_{D2} \quad (3.21)$$

Де, EI_{D2} – основне (нижнє) відхилення середнього діаметру;

T_{D2} – допуск на середній діаметр.

Для різьбового отвору $M4 \times 0.5 - 6H$ за [8] основне (нижнє) відхилення середнього діаметру рівне $EI_{D2} = 0$, допуск на середній діаметр - $T_{D2} = 0.1$ мм.

Отже, верхнє відхилення різьбового отвору за середнім діаметром рівне:

$$ES_{D2} = 0.1 \text{ мм}$$

Основне (верхнє) відхилення середнього діаметру визначається за формулою:

$$ei_{d2} = es_{d2} - T_{d2} \quad (3.22)$$

Де, es_{d2} – основне (верхнє) відхилення середнього діаметру;

T_{d2} – допуск на середній діаметр.

Для гвинта $M3 \times 0.5 - 6g$ за [8] основне (верхнє) відхилення середнього діаметру рівне $es_{d2} = -0.02$ мм, допуск на середній діаметр - $T_{d2} = 0.075$ мм.

Отже, основне (верхнє) відхилення середнього діаметру рівне:

$$ei_{d2} = -0.095 \text{ мм}$$

Отже, найбільший зазор за середнім діаметром рівний:

$$S_{D2}^{max} = 0.195 \text{ мм}$$

Тоді, зміщення A_5 за рахунок зазору в різьбовому з'єднанні гвинта і різьбового отвору в корпусі рівне:

$$A_5 = 0.098 \text{ мм}$$

- Зміщення A_6 за рахунок відхилення від співвісності головки гвинта відносно осі його різьби:

$$A_6 = \frac{TPC}{2} \quad (3.23)$$

Де, TPC – відхилення від співвісності головки відносно осі різьби.

Для кріпильних гвинтів загалом приймають, що відхилення від співвісності головки відносно осі різьби не повинно перевищувати значення $TPC = 0,05$ мм [8].

Отже, зміщення A_6 за рахунок відхилення від співвісності головки гвинта відносно осі його різьби рівне:

$$A_6 = 0,025 \text{ мм}$$

Після визначення компонентів величини зміщення осі в радіальному напрямку, визначимо безпосередньо дане значення, що рівне:

$$A = 0.623 \text{ мм}$$

Формула для розрахунку зміщення A отримана за методом повної взаємозамінності, тобто приймається, що всі відхилення можуть одночасно приймати найбільші або найменші значення, що є малоймовірним. Для того щоб прийняти номінальне значення зміщення осі A_H , та проставити його на кресленні корпусу інструменту, необхідно перевірити виконати дві умови [8].

Першою умовою говорить про те, що найменше зміщення осей A_{min} повинне бути більшим A ($A_{min} > A$) [8].

Отже,

$$A_{min} > 0.623 \text{ мм.}$$

Ця умова забезпечує наявність контакту пластини з бічними поверхнями гнізда корпусу і одночасно з головкою кріпильного гвинта [8].

Найбільше зміщення осей A_{max} в напрямку кута гнізда під пластину не повинно перевищувати різниці радіусів отвору в пластині і гвинта рівне:

$$A_{max} = 0,5 \cdot (d_{1min} - d_{гв.max}) \quad (3.24)$$

Де, $d_{1\ min}$ – найменший граничний розмір кріпильного отвору пластини;
 $d_{гв.мах}$ – найбільший граничний розмір зовнішнього діаметра гвинта.

Найменший граничний розмір кріпильного отвору пластини визначається за формулою:

$$d_{1\ min} = d_1 + ei_{d1} \quad (3.25)$$

Де, d_1 – номінальний розмір кріпильного отвору;
 ei_{d1} – основне (верхнє) відхилення діаметру.

За [8] основне (верхнє) відхилення діаметру рівне:

$$ei_{d1} = -0.02 \text{ мм}$$

Тоді, найменший граничний розмір кріпильного отвору пластини рівний:

$$d_{1\ min} = 4.08 \text{ мм}$$

Найбільший граничний розмір зовнішнього діаметра гвинта визначається за формулою:

$$d_{гв.мах} = d + es_d \quad (3.26)$$

Де, d – номінальний розмір кріпильного отвору;
 es_d – основне (верхнє) відхилення гвинта за зовнішнім діаметром.

Верхнє відхилення зовнішнього діаметра гвинта за [8] рівне:

$$es_d = -0.02 \text{ мм}$$

Отже, найбільший граничний розмір зовнішнього діаметра гвинта рівний:

$$d_{гв.мах} = 3.98 \text{ мм}$$

Отже, найбільше зміщення осей $A_{мах}$ в напрямку кута гнізда під пластину рівне:

$$A_{мах} = 0.75 \text{ мм}$$

Номінальний розмір має бути в межах:

$$A_{min} < A_H < A_{мах}$$

$$0.623 < A_H < 0,75$$

Отже, умова виконується.

Приймаємо номінальне значення зміщення рівне:

$$A_H = 0.7 \text{ мм}$$

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ФРЕЗИ ДИСКОВОЇ ТРИСТОРОННЬОЇ

3.1 Характеристика деталі

Корпус фрези дискової тристоронньої відноситься до деталей типу втулка. Має багато різноманітних поверхонь, які можливо виконати стандартними різальними інструментами та методами обробки.

Аналізуючи креслення корпусу фрези, технічні вимоги, засоби й методи виконання та засоби перевірки зобразимо в табл. 3.1 [12, 13].

Таблиця 3.1 – Технічні вимоги деталі

Технічні вимоги	Засоби та методи виконання	Засоби перевірки
HRC 45...48	Термічна обробка	Пристрій для перевірки твердості Роквелла
Допуск на торцеве биття бічних поверхонь відносно центрального отвору не більше 0.006 мм та допуск на паралельність бічних поверхонь не більше 0.04 мм.	Обробка бічних поверхонь з базуванням по центральному отвору	Спеціальний пристрій, що має в своєму складі індикатор годинникового типу
Допуск на паралельність бічних поверхонь шпонкового пазу не більше 0.07 мм та допуск на симетричність бічних поверхонь шпонкового пазу не більше 0.09 мм	Обробка пазу довбанням	Шпонковий калібр

Хімічний склад та механічні властивості Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 зображені в табл. 2.2.

3.2 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунки припусків на механічну обробку центрального отвору деталі Ø32H7 мм розрахунково-аналітичним методом.

Мінімальний припуск на чорнову й чистову обробку визначаємо по формулі:

$$2 Zi_{\min} = 2((Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (3.1)$$

Максимальний припуск на обробку внутрішніх діаметрів визначаємо по формулі:

$$2 Zi_{\max} = 2Zi_{\min} + Td_{i-1} + Td_i \quad (3.2)$$

де Td_{i-1} й Td_i — допуски розмірів відповідно на попередньому й на виконуваному переході;

Rz — висота мікронерівностей, які залишилися від попередньої операції або переходу, мкм;

h_{i-1} — глибина дефектного шару, який залишився від попередньої операції або переходу, мкм;

ε_i - погрішність установки в пристрої по даній операції, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - підсумкове значення просторових відхилень, які залишилися від попередніх операцій або переходу, мкм.

Для кожного переходу й розміру записуємо величини Rz , h , Δ_{Σ} , ε і Td , які знаходимо за допомогою таблиць, крім відхилення Δ_{Σ} яке знаходимо по формулі:

$$\Delta_{\Sigma} = l \times \frac{\Delta_k}{\Delta_k^2 + 0,25} \quad (3.3)$$

де Δ_k - відхилення осі деталі від прямолінійності (кривизна);

l – довжина заготовки.

Залишкові відхилення розташування заготовки після обробки визначаємо

$$\Delta_{ocm} = K_y \Delta_3 \quad (3.4)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення (для чорнової операції $K_y=0,06$; для чистової - ; $K_y=0,04$);

Δ_3 - кривизна заготовки.

Розрахункові формули для визначення розмірів внутрішніх поверхонь:

$$Z_{maxi-1} = Z_{maxi} - z_{mini} \quad (3.5)$$

$$Z_{mini-1} = Z_{maxi-1} - T_{i-1} \quad (3.6)$$

$$D_{maxi-1} = D_{maxi} - 2z_{mini} \quad (3.7)$$

$$D_{mini-1} = D_{maxi-1} - T_{Di-1} \quad (3.8)$$

де $Z_{min i}$ - мінімальний (розрахунковий) припуск на сторону на виконуваний технологічний перехід;

$2Z_{min i}$ - мінімальний (розрахунковий) припуск на обидві сторони, або по діаметру;

$Z_{min i-1}$, $D_{min i-1}$, $Z_{max i-1}$, $D_{max i-1}$ - відповідно найменші і найбільші граничні розміри, отримані на попередньому технологічному переході;

$Z_{min i}$, $D_{min i}$, $Z_{max i}$, $D_{max i}$ - відповідно найменші і найбільші граничні розміри, отримані на виконуваному переході.

Порядок визначення розмірів для елементарної поверхні:

З креслення деталі беремо і заносимо в розрахункову таблицю для кінцевого переходу найбільшу для внутрішніх поверхонь розмір. При обробці внутрішніх поверхонь, розрахунковим розміром є найбільший розмір. Розмір на попередньому переході визначають шляхом віднімання z_{min} .

Найбільші (найменші) граничні розміри визначаємо збільшенням (відніманням) допуску до найменшого граничного розміру. Знаходимо фактичні граничні значення припусків z_{max} , як різницю найбільших (найменших) граничних розмірів і z_{min} , як різницю найменших (найбільших)

граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів (виконуваного і передуючого переходів).

Правильність проведених розрахунків перевіряємо по формулі:

$$2z_{max} - 2z_{min} = T_{Di-1} - T_{Di} \quad (3.9)$$

Результати розрахунків зводимо до табл. 3.2.

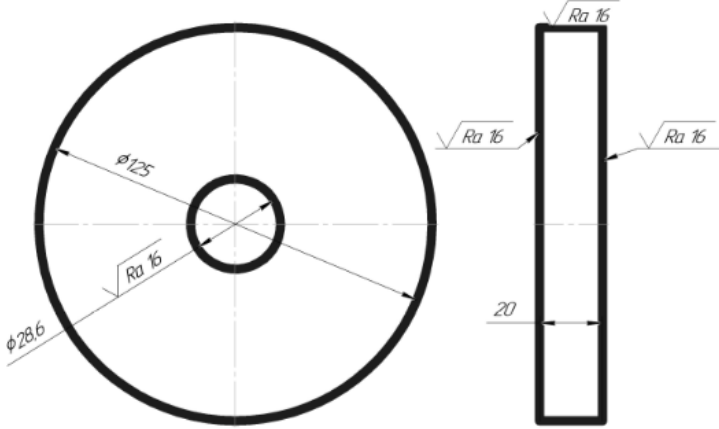
Таблиця 3.2 – Припуски на обробку центрального отвору Ø32H7 мм

Операції	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск TD, мкм	Прийняті розміри по переходам, мм			
	Rz	h	Δ	ε				$D_{max(i-1)}$	$D_{min i}$	Z_{max}	$Z_{min(i-1)}$
Заготовка	160	200	213	–	–	28.6	1000	29,6	28,6	-	-
Розточування чорнове	50	50	13	100	1190	31	400	31,4	31	2.3	1.7
Розточування чистове	25	25	-	6	229	31.8	160	31,9	31.8	0.5	0.26
Шліфування попереднє	5	5	–	-	100	31.95	63	32,01	31,95	0.2	0.10
Шліфування чистове	160	200	213	–	–	32	1000	32	32,0	-	-

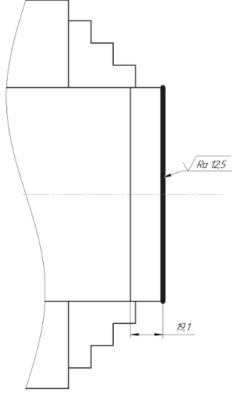
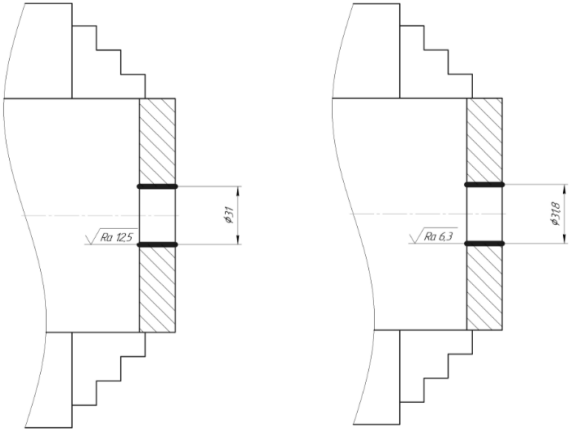
3.3 Розробка маршрутно-операційного процесу виготовлення корпусу фрези дискової тристоронньої

Виконаємо розробку маршрутно-операційного процесу виготовлення корпусу фрези дискової тристоронньої на основі креслення та вказаних на ньому технічних вимог. Зобразимо її в табл. 3.3.

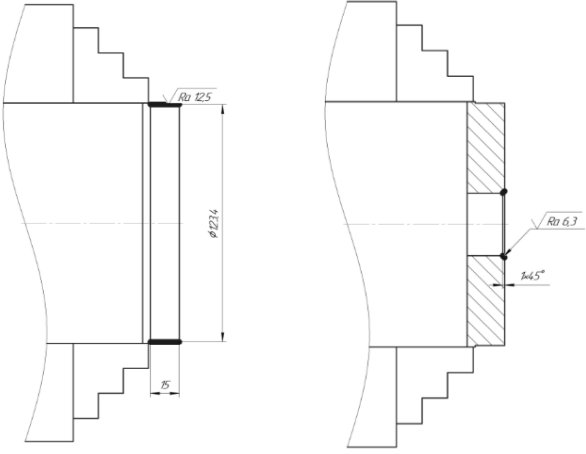
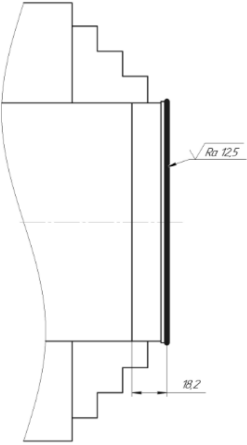
Таблиця 3.3 - Маршрутно-операційний процес виготовлення корпусу фрези дискової тристоронньої

Найменування та зміст операції	Різальний інструмент	Ескіз операції	Обладнання та пристрій
1	2	3	4
<p>005 Заготівельна</p> <p>Відрізати заготовку, нагріти під штамповку та штампувати її</p>	<p>Відрізна пилка та спеціальний штамп</p>		<p>Центрувально-відрізний верстат, піч електрична, спеціальний штамп</p>
<p>010 Термічна</p> <p>Відпал заготовки</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Піч електрична</p>
<p>015 Галтувальна</p> <p>Галтувати заготовку</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Галтувальний автомат</p>

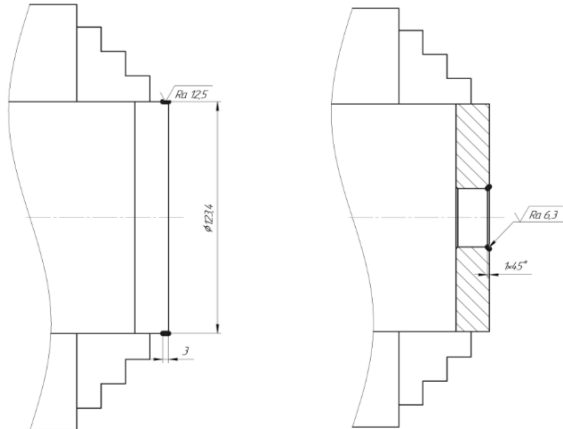
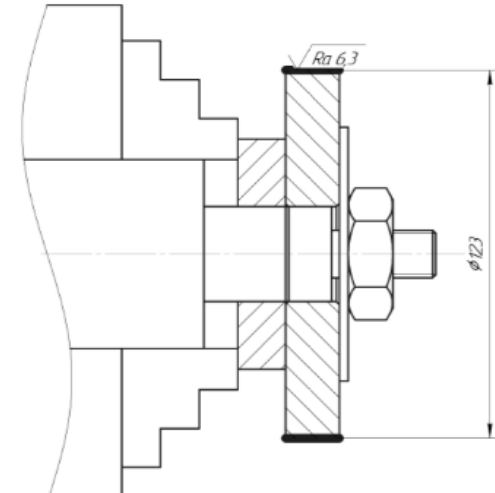
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>020 Токарна 1. Підрізати торець.</p>	<p>Підрізний різець</p>		<p>Токарно-гвинторізний верстат, трьох кулачковий патрон</p>
<p>2. Розточити посадочний отвір попередньо. 3. Розточити посадочний отвір остаточно.</p>	<p>Розточувальний різець</p>		

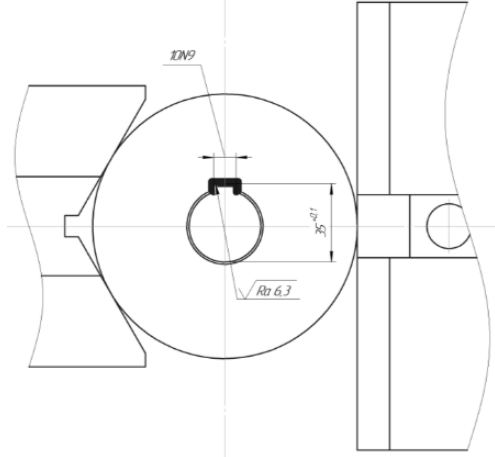
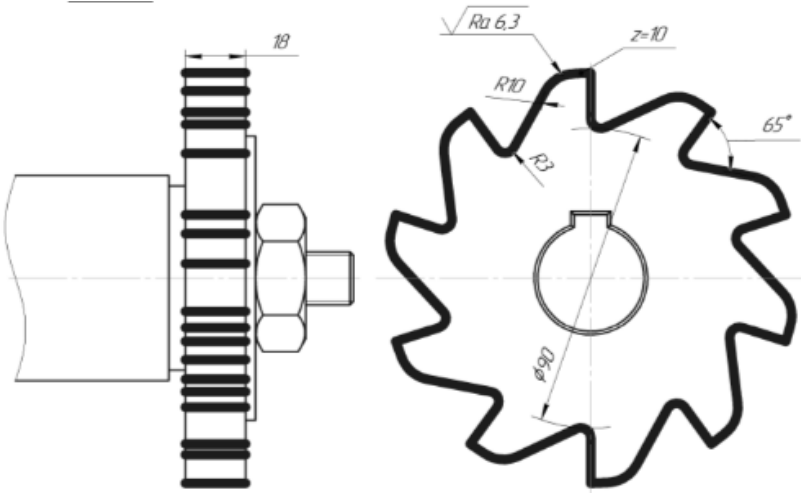
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>4. Точити зовнішню поверхню на довжину 15 мм.</p> <p>5. Зняти фаску.</p>	<p>Прохідний різець</p>		<p>Токарно-гвинторізний верстат, трьох кулачковий патрон</p>
<p>А. Перевстановити</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	
<p>6. Підрізати торець.</p>	<p>Підрізний різець</p>		

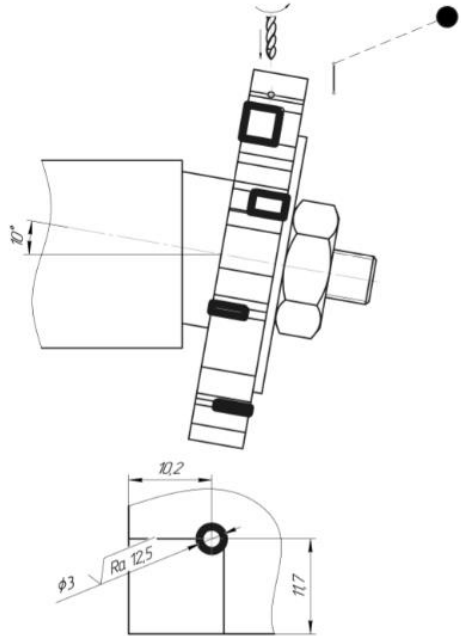
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>7. Точити зовнішню поверхню на довжину 3 мм. 8. Зняти фаску.</p>	<p>Прохідний різець</p>		<p>Токарно-гвинторізний верстат, трьох кулачковий патрон</p>
<p>025 Токарна Точити зовнішню поверхню начисто</p>	<p>Прохідний різець</p>		<p>Токарно-гвинторізний верстат, трьох кулачковий патрон, оправка</p>

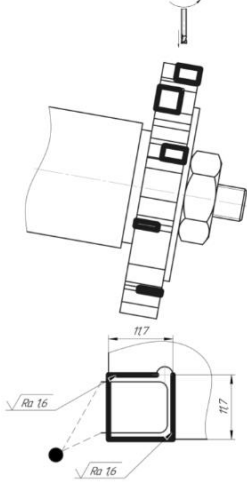
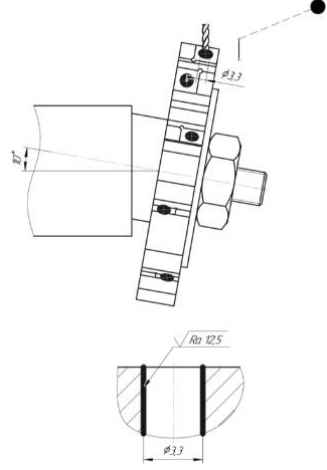
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>030 Довбальна Довбати шпонковий паз</p>	<p>Довбальний різець</p>		<p>Вертикально- довбальний верстат, спеціальний пристрій типу лещат</p>
<p>035 Фрезерна Фрезерувати стружкові канавки</p>	<p>Фреза дискова профільна</p>		<p>Горизонтально- фрезерний верстат, оправка</p>

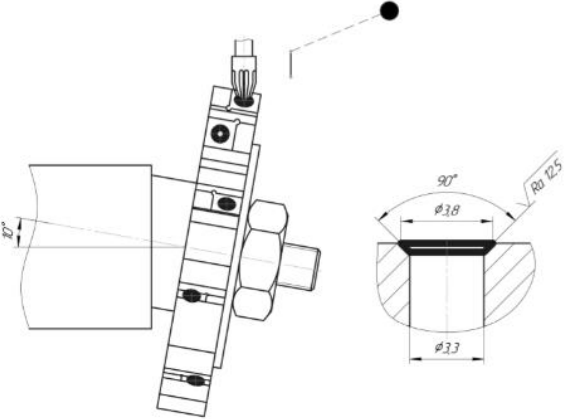
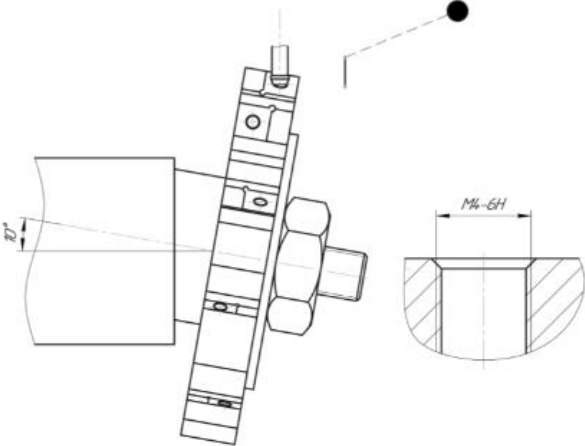
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>040 Фрезерна з ЧПК 1. Свердлити отвори для пазів</p>	<p>Свердло спіральне</p>		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК, спеціальний пристрій</p>

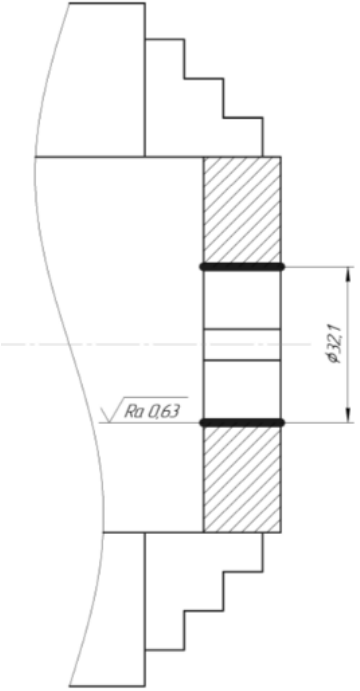
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>2. Фрезерувати пази під пластинки начисто</p>	<p>Фреза кінцева</p>		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК, спеціальний пристрій</p>
<p>3. Свердлити отвори під гвинти для кріплення пластин</p>	<p>Свердло спіральне</p>		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК, спеціальний пристрій</p>

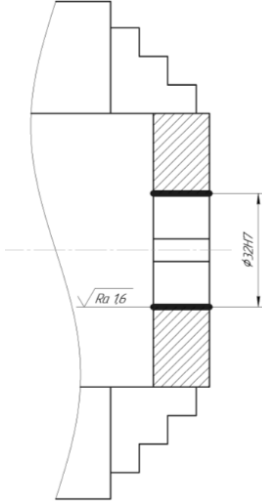
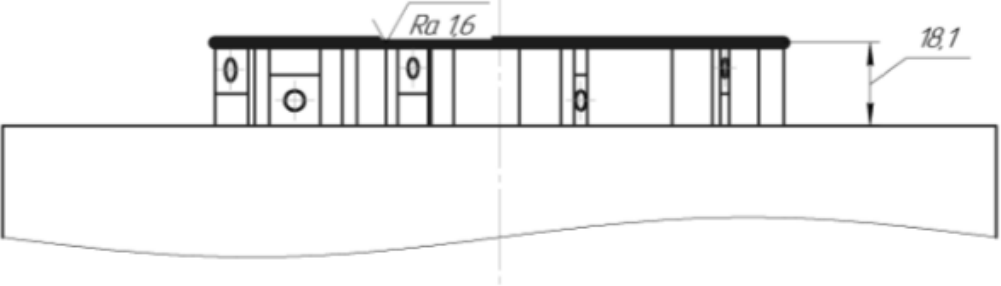
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>4. Зенкувати отвори під гвинти для кріплення пластин</p>	<p>Зенківка</p>		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК, спеціальний пристрій</p>
<p>5. Нарізати різьбу в отворах для кріплення гвинта</p>	<p>Мітчик машинний</p>		<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК, спеціальний пристрій</p>

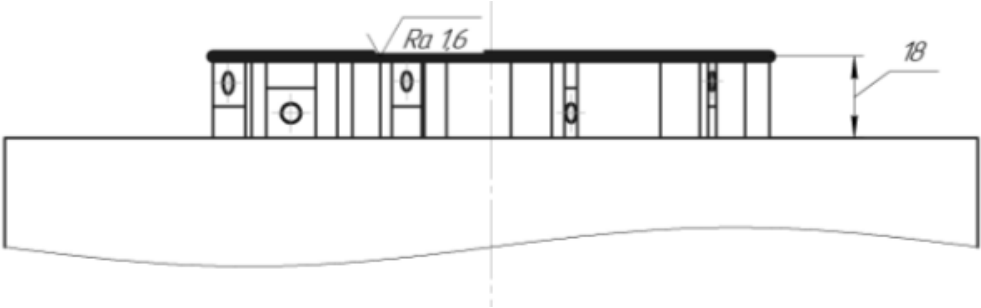
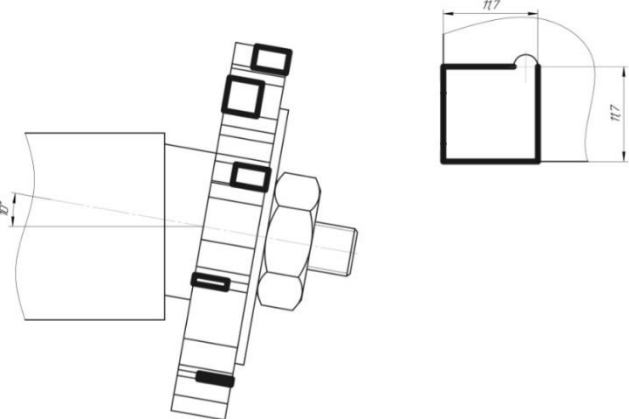
Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>045 Термічна Гартувати та відпустити заготовку</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Електрична піч</p>
<p>050 Шліфувальна Шліфувати посадковий отвір начорно</p>	<p>Шліфувальний круг ПП 30x30x15 5A 50 CM2 K5 35м/с</p>		<p>Внутрішньошліфувальний верстат, трьох кулачковий патрон</p>

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>Шліфувати посадковий отвір остаточно</p>	<p>Шліфувальний круг ПП 30x30x15 5А 50 СМ2 К5 35м/с</p>		<p>Внутрішньошліфувальний верстат, трьох кулачковий патрон</p>
<p>Шліфувати лівий торець</p>	<p>Шліфувальний круг ПП 200x32x105 5А 50 СМ2 К5 35м/с</p>		<p>Плоскошліфувальний верстат, магнітна плита</p>

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4
<p>055</p> <p>Шліфувальна</p> <p>Шліфувати правий торець</p>	<p>Шліфувальний круг</p> <p>200x32x105</p> <p>5A 50 CM2 K5</p> <p>35м/с</p>		<p>Плоскошліфувальний верстат, магнітна плита</p>
<p>060</p> <p>Шліфувальна</p> <p>Шліфувати опорну поверхню пазу</p>	<p>Шліфувальна головка</p> <p>ПП 8x4x4 5A</p> <p>50 CM2 K5</p> <p>35м/с</p>		<p>Шліфувальний верстат з ЧПК</p>

Продовження таблиці 3.3

<p>070 Хіміко-термічна Хімічне окислювання промаслюванням</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Ванна з хімічним розчином</p>
<p>075 Маркувальна Маркувати логотип підприємства виробника, зовнішні розміри</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>Лазерний автомат</p>

3.4 Розрахунок режимів різання

Виконаємо розрахунок режимів різання аналітичним методом для операції 040 Фрезерної з ЧПК за [6]. Дана операція виконується на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК 6P13Ф3. Заготовка кріпиться в спеціальному поворотному пристрої. Мاستило охолоджувальна рідина, що використовується при обробці – за ГОСТ Р 50558-93.

3.4.2 Свердління отвору для пазів

Різальний інструмент – свердло спіральне з циліндричним хвостовиком ГОСТ 866-77.

На даному переході свердляться отвори під різьби.

Глибина різання для свердління визначається як:

$$t = \frac{D}{2} = 1.5 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Де, D – діаметр отвору. Згідно креслення $D = 3$ мм.

Подача за [6] с.277 для діаметру свердла $D = 3$ мм та при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 - $S_o = 0.1$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S_y^u} K_v \quad (3.11)$$

Де, C_v, q, m, u – коефіцієнт та величини степенів при визначенні швидкості різання для свердління. За [6] при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 свердлом з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та подачею $S_o = 0.1$ мм/об - $C_v = 7, q = 0.4, m = 0.2, u = 0.7$.

T – період стійкості інструменту. За [6] с.279 при свердлінні Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 свердлом з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 при діаметрі отвору $D = 3.3$ мм - $T = 15$ хв.

K_v – поправочний коефіцієнт. Визначається як:

$$K_v = K_{MV} K_{PV} K_{IV} \quad (3.12)$$

Де, K_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.
Визначаємо коефіцієнт за [6] с.261:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \quad (3.13)$$

Де, K_{Γ}, n_V - коефіцієнт та показник степені, що характеризують групу сталі по оброблюваності.

При обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 фрезою, що виготовлена з швидкорізальної сталі - $K_{\Gamma} = 0.85, n_V = 1.45$.

σ_B – межа міцності. Для Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 - $\sigma_B = 1000$ МПа.

Тоді, поправочний коефіцієнт рівний:

$$K_{MV} = 0.56$$

$K_{ПV}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Оскільки стан поверхні – без кірки, тому за [6] с.263 - $K_{ПV} = 1$.

K_{IV} – поправочний коефіцієнт на швидкість різання при свердлінні, що враховує глибину оброблюваного отвору. За [6] с.280 при глибині отвору до $3D$ - $K_{IV} = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_V = 0.56$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 20.15 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за (3.14), що рівна:

$$n = 1879.25 \text{ об/хв}$$

Визначимо осьову складову силу різання P_o , що виникає внаслідок свердління. Визначаємо як:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p \quad (3.14)$$

Де, C_p, q, y – коефіцієнт та показники степенів при визначенні осьової сили різання при свердлінні. За [6] с.281 при обробці Сталі 40Х

ГОСТ 4543-2006 свердлінням інструментом з швидкорізальної сталі Р6М5 -
 $C_p = 68, q = 1, y = 0.7.$

K_p – поправочний коефіцієнт. Визначається як:

$$K_p = K_{Mp} = 1.24 \quad (3.15)$$

Де, K_{Mp} – поправочний коефіцієнт. $K_{Mp} = 1.24$ за вищерозглянутими розрахунками.

Тоді, осьова сила різання рівна:

$$P_o = 453.27 \text{ Н}$$

Визначимо основний технологічний час обробки:

$$T_0 = \frac{L}{nS} = 0.03 \text{ хв} \quad (3.16)$$

Де, L – розрахункова довжина обробки. Визначається за (3.18).

l – довжина обробки по кресленню - $l = 3.5$ мм.

y – врізання при свердлінні. Дана величина рівна:

$$y = t \times \text{tg } \varphi = 1.65 \times \text{tg } 60^\circ = 2.85 \text{ мм} \quad (3.17)$$

Δ - величина перебігу. За [6] $\Delta = 3$ мм.

Тоді, розрахункова довжина обробки рівна:

$$L = 9.35 \text{ мм}$$

Отже, основний технологічний час рівний:

$$T_0 = 0.09 \text{ хв}$$

3.4.2 Фрезерування пазів під пластинки начорно

Різальний інструмент – цільна кінцева фреза, що виготовлена з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 з кількістю зубів $z = 4$.

На даному переході фрезеруються пази під різальні пластинки начорно.

Глибина різання $t = 3$ мм.

Ширина фрезерування $B = 11,7$ мм.

Подача на зуб фрези визначаємо за [6] с.284 при використанні цільних швидкорізальних фрез з діаметром фрези $d = 20$ мм та глибиною різання $t = 3$ мм - $S_z = 0.08$ мм/зуб.

Величина подачі рівна:

$$S = \frac{S_z}{z} = 0.02 \text{ мм/об} \quad (3.18)$$

Швидкість різання визначається як:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_V \quad (3.19)$$

Де, C_v, q, m, x, y, u, p – коефіцієнт та показники степенів для визначення швидкості обробки. За [6] с.287 $C_v = 46.7, q = 0.45, m = 0.33, x = 0.5, y = 0.5, u = 0.1, p = 0.1$.

T – період стійкості інструменту. За [6] с.290 для кінцевих фрез діаметром $d = 20$ мм - $T = 80$ хв.

K_V – поправочний коефіцієнт для розрахунку швидкості різання. Визначається як:

$$K_V = K_{MV} K_{PV} \quad (3.20)$$

Де, K_{MV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблювального матеріалу на швидкість різання. Згідно вищерозглянутих розрахунків - $K_{MV} = 0.56$.

K_{PV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Згідно вищерозглянутих розрахунків - $K_{PV} = 1$.

Отже, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_V = 0.56$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 15.64 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = 249.08 \text{ об/хв} \quad (3.21)$$

Визначимо головну складову силу різання P_z , що виникає внаслідок фрезерування. Визначаємо як:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{Dq n^w} K_{MP} \quad (3.22)$$

Де, C_p, x, y, u, q, w – коефіцієнт та показники степенів при обробці фрезеруванням. При обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 кінцевими швидкорізальними фрезами за [6] с.291 – $C_p = 68.2, x = 0.86, y = 0.72, u = 1, q = 0.86, w = 0$.

Де, K_{MP} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваної поверхні на силові залежності.

При обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006, коефіцієнт визначається:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = 1.24 \quad (3.23)$$

Де, n – показник степені.

Для швидкорізальної сталі при визначенні тангенціальної сили різання за [6] с. 264 - $n = 0.75$.

Отже, головна складова сили різання рівна:

$$P_z = 1256.36 \text{ Н}$$

Визначимо основний технологічний час як:

$$T_o = \frac{L}{S_z z n} i \quad (3.24)$$

Де, L – розрахункова довжина обробки. Визначається як:

$$L = l + y + \Delta = 26.7 \text{ мм} \quad (3.25)$$

Де, l – довжина обробки по кресленню. Довжина пазу під різальну пластинку - $l = 11.7$ мм.

y – врізання при фрезеруванні. Дана величина рівна:

$$y = 0.5D = 10 \text{ мм} \quad (3.26)$$

Δ - величина перебігу. За [6] $\Delta = 5$ мм.

i – кількість проходів. Обробка здійснюється за один прохід, тоді - $i = 1$.

Отже, основний технологічний час рівний:

$$T_o = 0.33 \text{ хв}$$

3.4.3 Фрезерування пазів під пластинки начисто

Різальний інструмент – цільна кінцева фреза, що виготовлена з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 з кількістю зубів $z = 4$.

На даному переході фрезеруються пази під різальні пластинки начисто.

Глибина різання $t = 0.18$ мм.

Ширина фрезерування $B = 11.7$ мм.

Подача на зуб фрези визначаємо за [6] с.284 при використанні цільних швидкорізальних фрез з діаметром фрези $d = 20$ мм та глибиною різання $t = 0.18$ мм - $S_z = 0.05$ мм/зуб.

Величина подачі рівна за (3.10):

$$S = \frac{S_z}{z} = 0.013 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання визначається за (3.11).

За [6] с.287 $C_v = 46.7, q = 0.45, m = 0.33, x = 0.5, y = 0.5, u = 0.1, p = 0.1$.

За [6] с.290 для кінцевих фрез діаметром $d = 20$ мм - $T = 80$ хв.

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 80.76 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за (3.14):

$$n = 1286.06 \text{ об/хв}$$

Визначимо головну складову силу різання P_z , що виникає внаслідок фрезерування. Визначаємо за (3.15):

$$P_z = 642.59 \text{ Н}$$

Визначимо основний технологічний час за (3.17):

$$T_o = 0.1 \text{ хв}$$

3.4.4 Свердління отвору під гвинт для кріплення пластини

Різальний інструмент – свердло спіральне з циліндричним хвостовиком ГОСТ 866-77.

На даному переході свердляться отвори під різьби.

Глибина різання для свердління визначається як:

$$t = \frac{D}{2} = 1.65 \text{ мм} \quad (3.27)$$

Де, D – діаметр отвору. Згідно креслення $D = 3.3$ мм.

Подача за [6] с.277 для діаметру свердла $D = 3.33$ мм та при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 - $S_o = 0.1$ мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \quad (3.28)$$

Де, C_v, q, m, y – коефіцієнт та величини степенів при визначенні швидкості різання для свердління. За [6] при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 свердлом з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та подачею $S_o = 0.1$ мм/об - $C_v = 7, q = 0.4, m = 0.2, y = 0.7$.

T – період стійкості інструменту. За [6] с.279 при свердлінні Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 свердлом з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 при діаметрі отвору $D = 3.3$ мм - $T = 15$ хв.

K_v – поправочний коефіцієнт. Визначається як:

$$K_v = K_{MV} K_{PIV} K_{IV} \quad (3.29)$$

Де, K_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу. Згідно вищерозглянутих розрахунків - $K_{MV} = 0.56$.

K_{PIV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Згідно вищерозглянутих розрахунків - $K_{PIV} = 1$.

K_{IV} – поправочний коефіцієнт на швидкість різання при свердлінні, що враховує глибину оброблюваного отвору. За [6] с.280 при глибині отвору до $3D$ - $K_{IV} = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_V = 0.56$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 18.43 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за (3.14), що рівна:

$$n = 1777.5 \text{ об/хв}$$

Визначимо осьову складову силу різання P_o , що виникає внаслідок свердління. Визначаємо як:

$$P_o = 10C_p D^q S^y K_p \quad (3.30)$$

Де, C_p, q, y – коефіцієнт та показники степенів при визначенні осьової сили різання при свердлінні. За [6] с.281 при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 свердлінням інструментом з швидкорізальної сталі Р6М5 - $C_p = 68, q = 1, y = 0.7$.

K_p – поправочний коефіцієнт. Визначається як:

$$K_p = K_{Mp} = 1.24 \quad (3.31)$$

Де, K_{Mp} – поправочний коефіцієнт. $K_{Mp} = 1.24$ за вищерозглянутими розрахунками.

Тоді, осьова сила різання рівна:

$$P_o = 555.19 \text{ Н}$$

Визначимо основний технологічний час обробки:

$$T_0 = \frac{L}{nS} = 0.05 \text{ хв} \quad (3.32)$$

Де, L – розрахункова довжина обробки. Визначається за (3.18).

l – довжина обробки по кресленню - $l = 11 \text{ мм}$.

y – врізання при свердлінні. Дана величина рівна:

$$y = t \times \operatorname{tg} \varphi = 1.65 \times \operatorname{tg} 60^\circ = 2.85 \text{ мм} \quad (3.33)$$

Δ - величина перебігу. За [6] $\Delta = 3 \text{ мм}$.

Тоді, розрахункова довжина обробки рівна:

$$L = 16.85 \text{ мм}$$

Отже, основний технологічний час рівний:

$$T_0 = 0.09 \text{ хв}$$

3.4.5 Зенкування отвору під гвинт для кріплення пластини

Різальний інструмент – зенківка конічна ГОСТ 14953-80.

На даному переході зенкуються отвори під різьби.

Глибина різання для зенкування визначається як:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (3.34)$$

Де, d – діаметр отвору. Згідно креслення $d = 3.3$ мм.

D – діаметр зенківки. Згідно креслення $D = 3.8$ мм

Отже, глибина різання рівна:

$$t = 0.25 \text{ мм}$$

Подача за [6] с.277 для діаметру зенкера до $D = 15$ мм та при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 - $S_o = 0.5$ мм/об.

Швидкість різання визначається за:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_y} K_v \quad (3.35)$$

За [6] с.279 при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 зенківкою з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 та подачею $S_o = 0.5$ мм/об - $C_v = 16.3, q = 0.3, m = 0.3, y = 0.5, x = 0.2$.

За [6] с.279 при зенкуванні Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 зенківкою з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 при діаметрі зенкування $D = 3.8$ мм - $T = 30$ хв.

K_v – поправочний коефіцієнт. Визначається за (3.22):

За [6] с.280 при зенкуванні - $K_{IV} = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт при визначенні швидкості різання рівний:

$$K_v = 0.56$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V = 9.18 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за (3.14), що рівна:

$$n = 768.18 \text{ об/хв}$$

Визначимо осьову складову силу різання P_o , що виникає внаслідок зенкування за (3.23):

$$P_o = 10C_p t^x S^y K_p \quad (3.36)$$

За [6] с.281 при обробці Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006 зенкуванням інструментом з швидкорізальної сталі Р6М5 - $C_p = 67$, $x = 1.2$, $y = 0.7$.

Отже, осьова складова сили різання рівна:

$$P_o = 596.9 \text{ Н}$$

Визначимо основний технологічний час обробки за (3.25):

l – довжина обробки по кресленню - $l = 0.25$ мм.

y – врізання при свердлінні. Дана величина рівна за (3.26):

$$y = 0.25 \text{ мм}$$

Δ - величина перебігу. За [6] $\Delta = 2$ мм.

Тоді, розрахункова довжина обробки рівна:

$$L = 2.5 \text{ мм}$$

Отже, основний технологічний час рівний:

$$T_0 = 0.01 \text{ хв}$$

3.4.6 Нарізання різьби в отворі під гвинт для кріплення пластини

Різальний інструмент – мітчик машинний ГОСТ 3266-81.

На даному переході нарізаються різьби в отворах під гвинт для кріплення пластин.

Швидкість різання при нарізанні різьби мітчиками визначається:

$$V = \frac{1.6d^{0.72}}{p^{0.53}} \quad (3.37)$$

Де, d – номінальний діаметр різьби. $d = 4$ мм.

p – крок різьби. $p = 0.5$ мм.

Тоді, швидкість різання рівна:

$$V = 6.27 \text{ м/хв}$$

При роботі мітчиків на верстатах з ЧПК велике значення має правильне визначення моменту зміни інструменту, оскільки робота зношеним мітчиком приводить до можливої поломки мітчика через збільшення допустимої по міцності величини крутного моменту, котрий по мірі зношування мітчика підвищується. Тому при відсутності спеціальних діагностичних пристосувань, що контролюють стан мітчика, необхідно суворо витримувати встановлений період стійкості і виконувати своєчасну зміну інструменту.[13]

При нарізанні різьби мітчиком на швидкості різання, що розрахована вище, його стійкість T рівна:

$$T = \frac{0.055d^{1.6}z^{0.7}}{V^{0.23}p^{0.85}(\sin \varphi)^{1.2}} \quad (3.38)$$

Де, z – кількість зубів мітчика.

φ – кут заборного конусу .

Для раніше вказаного мітчика кількість зубів рівна $z = 3$, а кут заборного конуса $\varphi = 12^\circ$.

Тоді, стійкість інструменту рівна:

$$T = 8.49 \text{ хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за (3.14), що рівна:

$$n = 498.95 \text{ об/хв}$$

Визначимо основний технологічний час обробки за (3.25).

Загальна довжина L обробки до переточки визначається:

$$L = \frac{VTpK_1K_2K_3K_4}{\pi d} \quad (3.39)$$

Де, K_1 – поправочний коефіцієнт, що враховує інструментальний матеріал. За [13] при використанні мітчика з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 - $K_1 = 1$.

K_2 – поправочний коефіцієнт, що враховує різницю між фактичною та прийнятою швидкістю різання. Оскільки даний верстат має безступінчасте

регулювання частоти обертання шпинделя, тому фактична та прийнята швидкість різання рівні, тому даний коефіцієнт рівний - $K_2 = 1$.

K_3 – поправочний коефіцієнт, що характеризує величину кута заборного конусу. Визначається як:

$$K_3 = \frac{5.22}{\varphi^{0.85}} = 1.14 \quad (3.40)$$

K_4 – поправочний коефіцієнт, що характеризує властивості матеріалу, що обробляється. Для Сталі 40Х ГОСТ 4543-2006, коефіцієнт рівний:

$$K_4 = \frac{8.8 \cdot 10^9}{\sigma_B^{3.5}} = 0.28 \quad (3.41)$$

Тоді, загальна довжина обробки рівна:

$$L = 1352.16 \text{ мм}$$

Кількість отворів, в яких можна нарізати різьбу визначається:

$$i = \frac{L}{l_0} \quad (3.34)$$

Де, l_0 – довжина поверхні отвору, де нарізається різьба. Згідно креслення - $l_0 = 11$ мм.

Тоді, кількість отворів, в яких можна нарізати різьбу:

$$i \approx 122$$

Режими різання на решту операцій зобразимо в табл. 3.4

ор

Таблиця 3.4 – Режими різання операцій

Зміст операції	t	S	V	n	P, Ne	To
1	2	3	4	5	6	7
005 Заготівельна Відрізати заготовку	2 мм	0.24 мм/об	63.47 м/хв	746.51 об/хв	1247.84 Н	0.76 хв
020 Токарна 1. Підрізати торець.	0.1 мм	0.21 мм/об	57.42 м/хв	896.42 об/хв	987.45 Н	0.15 хв
2. Розточити посадочний отвір попередньо.	1.2 мм	0.19 мм/об	24.85 м/хв	1543 об/хв	1247.45 Н	0.43 хв

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7
3. Розточити посадочний отвір остаточно.	0.4 мм	0.1 мм/об	35.47 м/хв	1246.48 об/хв	1365.45 Н	0.25 хв
4. Точити зовнішню поверхню на довжину 15 мм.	0.8 мм	0.11 мм/об	45.52 м/хв	1297.41 об/хв	945.48 Н	0.37 хв
5. Зняти фаску.	1 мм	0.4 мм/об	27.48 м/хв	1785.96 об/хв	758.42 Н	0.18 хв
6. Підрізати торець.	0.1 мм	0.21 мм/об	57.42 м/хв	896.42 об/хв	987.45 Н	0.15 хв
7. Точити зовнішню поверхню на довжину 3 мм	0.8 мм	0.11 мм/об	45.52 м/хв	1297.41 об/хв	945.48 Н	0.06 хв
8. Зняти фаску.	1 мм	0.4 мм/об	27.48 м/хв	1785.96 об/хв	758.42 Н	0.18 хв
025 Токарна Точити зовнішню поверхню начисто	0.2 мм	0.4 мм/об	27.48 м/хв	1785.96 об/хв	758.42 Н	0.18 хв
035 Фрезерна Фрезерувати стружкові канавки	3 мм	0.08 мм/зуб	74.45 м/хв	647.21 об/хв	3124.48 Н	0.81 хв
050 Шліфувальна Шліфувати посадковий отвір начорно	0.35 мм	0.03 мм/хід	35 м/с	1745.23 об/хв	0.85 кВт	0.67 хв

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7
Шліфувати посадковий отвір остаточно	0.05 мм	0.02 мм/хід	35 м/с	1745.23 об/хв	0.45 кВт	0.37 хв
Шліфувати лівий торець	0.1 мм	0.04 мм/дв.хід	35 м/с	1874.45 об/хв	0.75 кВт	0.61 хв
055 Шліфувальна Шліфувати правий торець	0.05 мм	0.06 мм/дв.хід	35 м/с	1475.48 об/хв	0.34 кВт	0.54 хв
060 Шліфувальна Шліфувати опорну поверхню пазу	0.05 мм	0.01 мм/хід	35 м/с	984.78 об/хв	0.26 кВт	0.11 хв

4 ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДОВБАННЯ ШПОНКОВОГО ПАЗУ

4.1 Розробка пристрою для довбання шпонкового пазу

Інтенсивний розвиток виробництва у машинобудуванні нерозривно пов'язаний з технічним переоснащенням і модернізацією засобів виробництва на базі застосування найновіших досягнень науки і техніки [14].

На даному етапі постають досить відповідальні задачі: підвищення якості машин, зниження їх матеріалоемності, трудомісткості і собівартості виготовлення, нормалізація і уніфікація цих елементів, засвоєння потокових методів виробництва, його механізація і автоматизація, а також зменшення строків підготовки виробництва нових об'єктів. Розв'язок вказаних задач забезпечується поліпшенням конструкції машин, удосконаленням технології їх виготовлення, застосуванням прогресивних засобів і методів виробництва. Велике значення в удосконаленні виробництва машин мають різного роду пристосування [14].

Пристосування повинні бути зручними і безпечними у роботі, швидкодіючими, досить жорсткими для забезпечення заданої точності обробки, зручними для швидкого встановлення на верстат, що особливо важко при періодичній зміні пристосувань у серійному виробництві, простими і дешевими у виготовленні, доступними для ремонту і заміни зношених деталей [14].

Довбання — це спосіб обробки поверхонь шляхом взаємного прямолінійного зворотно-поступального переміщення заготовки та інструмента, у вертикальній площині. При довбанні швидкість різання забезпечує рух інструмента — різця. Довбанням обробляють шпонкові пази в отворах. Довбати шпонкові пази можна як у наскрізних, так і у глухих отворах. В останньому випадку конструкція деталі повинна мати паз для виходу різця у кінці робочого ходу. Довбання пазів забезпечує точність обробки 8-9-го квалітетів при шорсткості поверхні за параметром Ra (2,5...0,63) мкм [15].

губки. Накладна губка виконуються у відповідність з формою деталі, що затискається та фіксує необхідне положення накладною шпонкою.

4.2 Визначення похибки базування

Для збереження досягнутого під час базування потрібного положення деталі його необхідно зберегти, тобто необхідно забезпечити визначеність базування. Під терміном визначеність базування розуміється незмінність її положення відносно поверхонь інших деталей або деталі, з якими вона з'єднана, і які визначають її положення під час обробки або роботи машини. Для забезпечення визначеності базування до деталі прикладають зусилля, які повинні бути більші від сил, що прагнуть порушити її положення. Сили, що прикладені до деталі, повинні створювати силове замикання між деталями, які з'єднуються [16].

Схема базування – це теоретичне базування заготовки у пристрої, що проектується.

Від реального базування теоретичне відрізняється тим, що реальні опори пристрою на схемі базування зображуються опорними точками у вигляді умовних позначок [18].

Схема базування виконується за конструктивними правилами:

1. Кількість проєкцій заготовки на схемі базування має бути достатньою для того, щоб мати чітку уяву про розташування опорних точок на базах;
2. Усі опорні точки на схемі базування нумерують арабськими цифрами. Нумерація розпочинається з тієї поверхні (бази), де опорних точок найбільше;
3. Якщо на будь-якій з проєкцій опорні точки накладаються одна на одну, то зображують одну а підписують обидві. Схема базування - схема розташування опорних точок на базах [18].

Виконаємо схему базування для проєктованого пристрою

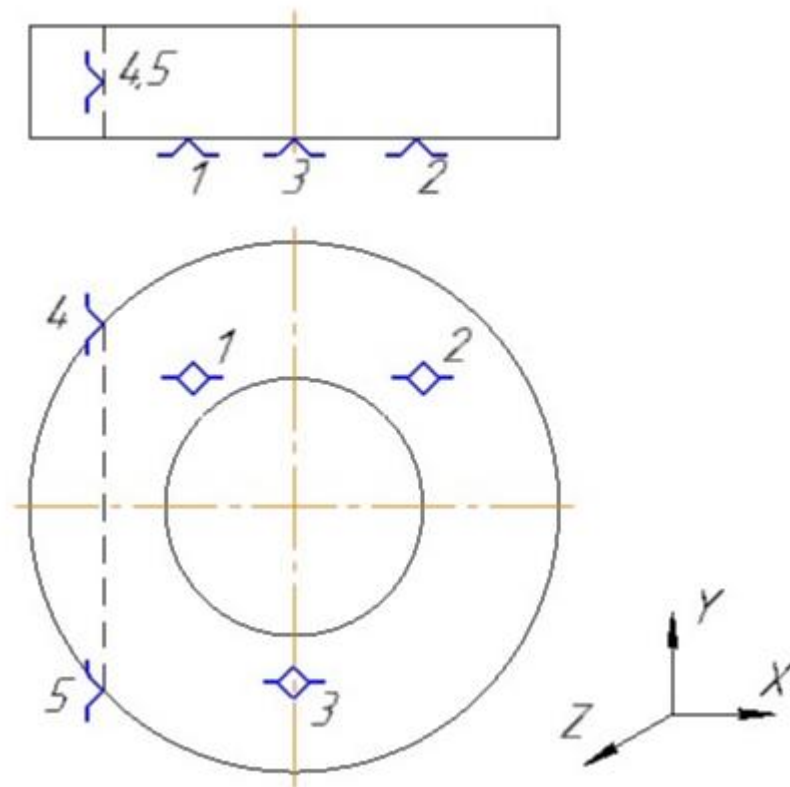


Рисунок 4.2 – Схема базування

Напрямні являються установочною базою. Вони позбавляються заготовку трьом рухам: поступального вздовж осі Z та двох обертальних навколо осей X та Y .

Призма являється подвійною опорною базою. Вона позбавляє заготовку двом рухам: поступального вздовж осі X та обертального навколо осі Z .

Отже, як видно зі схеми базування (рис. 4.2), базування неповне, оскільки заготовка не обмежена в обертальному русі навколо осі Y . Але це допустимо для заготовки корпусу фрези при виконанні довальної операції. Адже немає елемента заготовки, відносно якого повинен розташовуватись майбутній паз.

Похибка базування виникає внаслідок не суміщення настановної бази з вимірною. Ця похибка визначається величиною коливання (різницею)

граничних (найбільшого і найменшого) відстаней вимірювальної бази від ріжучої кромки, встановленого на розмір інструменту [19].

Похибка закріплення виникає внаслідок зсуву заготовки під дією затискної сили, що додається для фіксації її положення. Ця похибка дорівнює різниці між граничними величинами зміщення вимірювальної бази у напрямку виконуваного розміру [19].

Похибка базування при виконанні довбання пазу визначається:

$$\varepsilon_6 = \frac{T_d}{2 \sin \alpha} \quad (4.1)$$

Де, T_d - допуск на зовнішній діаметр корпусу.

За [20] для $\text{Ø}120\text{h}9$ - $T_d = 0.087$ мм

α – кут нахилу опорних поверхонь призми. За [21] - $\alpha = 45^\circ$

Тоді, похибка базування рівна:

$$\varepsilon_6 = 0.051 \text{ мм}$$

4.3 Розрахунок сили різання

Оскільки необхідно забезпечити нерухомість заготовки, але схема базування в даному пристосуванні неповна, тому необхідно забезпечити достатню силу затиску, щоб унеможливити зсув заготовки.

Виконаємо її розрахунок.

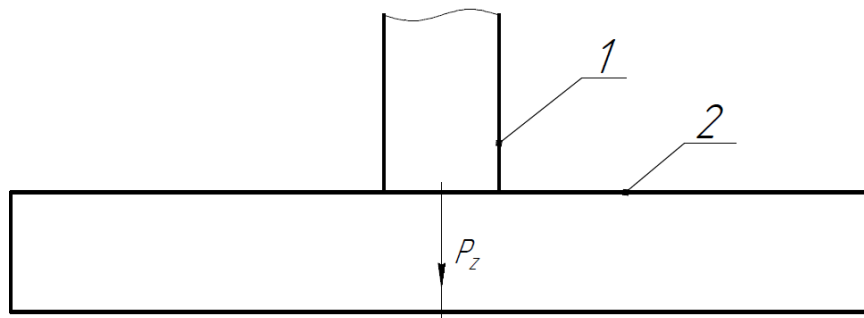


Рисунок 4.3 – Схема довбання пазу

1 – різець, 2 - заготовка

Для початку необхідно виконати розрахунок сили різання, яка виникає при довбанні шпонкового пазу.

Глибину різання приймаємо за [6] с. 275 - $t = 1.5$ мм

Подачу при прорізанні пазів приймає за [6] табл. 15 с. 269. При ширині різця до 20 мм, обробці конструкційної сталі 40Х ГОСТ 1050-88, подача рівна 0.28 – 0.36 мм/об. Приймаємо подачу - $S = 0.3$ мм/подв. хід

Швидкість різання визначається за [6] с. 265:

$$V^* = \frac{C_V}{T^m S^y} K_V \quad (4.2)$$

Де, T – значення стійкості інструменту. За [6] приймаємо - $T = 45$ хв

C_V, m, y – коефіцієнт та показники степенів.

При зовнішньому повздовжньому точінні, при використанні прохідного різця з твердосплавною пластиною Т15К6, з подачею $S = 0.3$ мм/подв. хід та обробці Сталі 40Х ГОСТ 1050-88 - $C_V = 420$,
 $m = 0.2, y = 0.2$

K_V – поправочний коефіцієнт. Розраховується як:

$$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV} K_{\varphi} \quad (4.3)$$

Де, K_{MV} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблювального матеріалу на швидкість різання.

Визначається за [6] т. 1 с. 261 як:

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

Де, K_{Γ}, n_V - коефіцієнт та показник степені, що характеризують групу сталі по оброблюваності.

При обробці Сталі 40Х ГОСТ 1050-88 різцями зі пластинами із твердого сплаву - $K_{\Gamma} = 0.95, n_V = 1$.

σ_B – межа міцності. Для Сталі 40Х ГОСТ 1050-88 - $\sigma_B = 1000$ Мпа

Тоді, поправочний коефіцієнт рівний:

$$K_{MV} = 0.71$$

$K_{ПV}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. Оскільки стан поверхні – без кірки, тому за [6] т.5 с.263 - $K_{ПV} = 1$.

$K_{ИV}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання. При обробці Сталі 40Х ГОСТ 1050-88 різцями з пластинами із твердого сплаву Т15К6 - $K_{ИV} = 1$.

K_{φ} – поправочний коефіцієнт, що враховує головний кут в плані φ на швидкість різання. За [6] т.18 с. 271 при $\varphi = 90^\circ$ - $K_{\varphi} = 1$.

Тоді, поправочний коефіцієнт рівний:

$$K_V = 0.71$$

Отже, швидкість різання рівна:

$$V^* = 177.19 \text{ м/хв}$$

За приміткою 1 [6] т. 17 с. 270 при обробці внутрішніх поверхонь пазів, швидкість різання буде рівна:

$$V_d = 0.9V^* = 159.47 \text{ м/хв} \quad (4.5)$$

За [6] с. 276 при використанні довбального верстата, швидкість різання буде рівна:

$$V = V_d K_{удар} = 95.68 \text{ м/хв} \quad (4.5)$$

Де, $K_{удар}$ – поправочний коефіцієнт при використанні довбальних верстатів.

$$K_{удар} = 0.6$$

Розрахуємо найбільшу складову сили різання, а саме тангенціальну силу різання P_z :

$$P_z = 10C_p t^x S^y V^n K_p \quad (4.6)$$

Де, C_p, x, y, n – коефіцієнт і показники степенів при розрахунках сили різання.

При обробці Сталі 40Х ГОСТ 1050-88, матеріалу робочої частини різця – твердий сплав, прорізання пазу - $C_p = 408, x = 0.72, y = 0.8, n = 0$

t – довжина леза різця - $t = 18$ мм.

K_p – поправочний коефіцієнт при визначення сили різання. Визначається як:

$$K_p = K_{MP}K_{\varphi P}K_{\gamma P} \quad (4.7)$$

Де, K_{MP} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваної поверхні на силові залежності. При обробці Сталі 40Х ГОСТ 1050-88, коефіцієнт визначається:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (4.8)$$

Де, n – показник степені.

Для твердого сплаву при визначені тангенціальної сили різання за [6] т. 9 с. 264 - $n = 0.75$

Тоді, поправочний коефіцієнт рівний:

$$K_{MP} = 1.24$$

$K_{\varphi P}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані φ на складові сили різання. За [6] т.23 с.275 при $\varphi = 90^\circ$, матеріалі різальної частини – твердий сплав - $K_{\varphi P} = 0.89$

$K_{\gamma P}$ - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута γ на складові сили різання. За [6] т.23 с.275 при $\gamma = 0^\circ$, матеріалі різальної частини – твердий сплав - $K_{\gamma P} = 1.1$

Тоді, поправочний коефіцієнт рівний:

$$K_p = 1.21$$

Тоді головна складова сила різання рівна:

$$P_z = 1509 \text{ Н}$$

4.4 Визначення необхідної сили затиску

Отже, визначимо зусилля затиску заготовки.

$$Q = \frac{kP_z}{f_1 + f_2} \quad (4.9)$$

Де, k – коефіцієнт запасу сил затиску. Визначається як:

$$k = \prod_0^6 k_i \quad (4.10)$$

Де, k_0 – гарантований коефіцієнт запасу. За [22] - $k_0 = 1.5$.

k_1 – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки. При чорновій обробці: $k_1 = 1.2$.

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні інструменту. За [22] т.1 при довбанні: $k_2 = 1.5$.

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривистому різанні. При обробці з ударами за [22]: $k_3 = 1.2$.

k_4 - коефіцієнт, що враховує постійність сил затиску. Для ручних затискних пристосувань за [22]: $k_4 = 1.3$.

k_5 - коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток в ручних затискних пристосуваннях. При зручному розташуванні за [22]: $k_5 = 1$.

k_6 - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку. При можливості повороту заготовки за [22]: $k_6 = 1.5$.

f_1 – коефіцієнт тертя між заготовкою та установчими елементами. При установці сталюї заготовки на сталюї опорні елементи: $f_1 = 0.15$.

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою та затискними елементами. При затиску сталюї заготовки сталюими елементами: $f_2 = 0.15$.

Отже, коефіцієнт запасу сил затиску рівний:

$$k = 5.05$$

Тоді, необхідна сила затиску при довбанні шпонкового пазу буде рівна:

$$Q = 3.257 \text{ Н}$$

4.5 Визначення фактичного значення сили затиску

Виконаємо розрахунок фактичного зусилля затиску.

Для цього знайдемо кут тертя «деталь-ексцентрик»:

$$\varphi_1 = \tan^{-1} f_1 = 8.53^\circ \quad (4.11)$$

Знайдемо кут тертя «вісь-ексцентрик»:

$$\varphi_2 = \tan^{-1} f_2 = 8.53^\circ \quad (4.12)$$

Зменшення тертя в обох місцях підвищує силову ефективність механізму, але зменшення тертя в області контакту деталі і кулачка веде до зникнення самогальмування.[23]

Знайдемо максимальний кут кругового клину:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{2e}{D}\right) = 7.59^\circ \quad (4.13)$$

Де, e – ексцентриситет кулачка;

D – діаметр ексцентрика.

Для забезпечення самогальмування на сталених поверхнях бажано забезпечити умову $D/e \geq 15$.[23]

За [24] приймаємо $D/e = 15$, діаметр ексцентрика $D = 150$ мм, ексцентриситет $e = 10$ мм.

Тоді, радіус вектор точки контакту буде рівний:

$$R = \frac{D}{2 \cos \alpha} = 75.83 \text{ мм} \quad (4.14)$$

А відстань від осі ексцентрика до опори відповідно буде:

$$A = s + R \cos \alpha = 195.83 \text{ мм} \quad (4.15)$$

Де, s – товщина затискуваної деталі.

У випадку затиску корпусу фрези:

$$s = D_{\text{фр}} = 120 \text{ мм}$$

Знайдемо зусилля затиску за формулою:

$$F = \frac{PL \cos \alpha}{R \tan(\alpha + \varphi_1) + \frac{d}{2 \tan(\varphi_2)}} = 4242 \text{ Н} \quad (4.16)$$

Де, P – зусилля на рукоятці. Згідно стандартів $P = 150 \text{ Н}$.

L – довжина рукоятки - $L = 500 \text{ мм}$.

Отже, як видно з розрахунків, сили затиску достатньо на пристосуванні для здійснення добання шпонкового пазу в корпусі фрези.

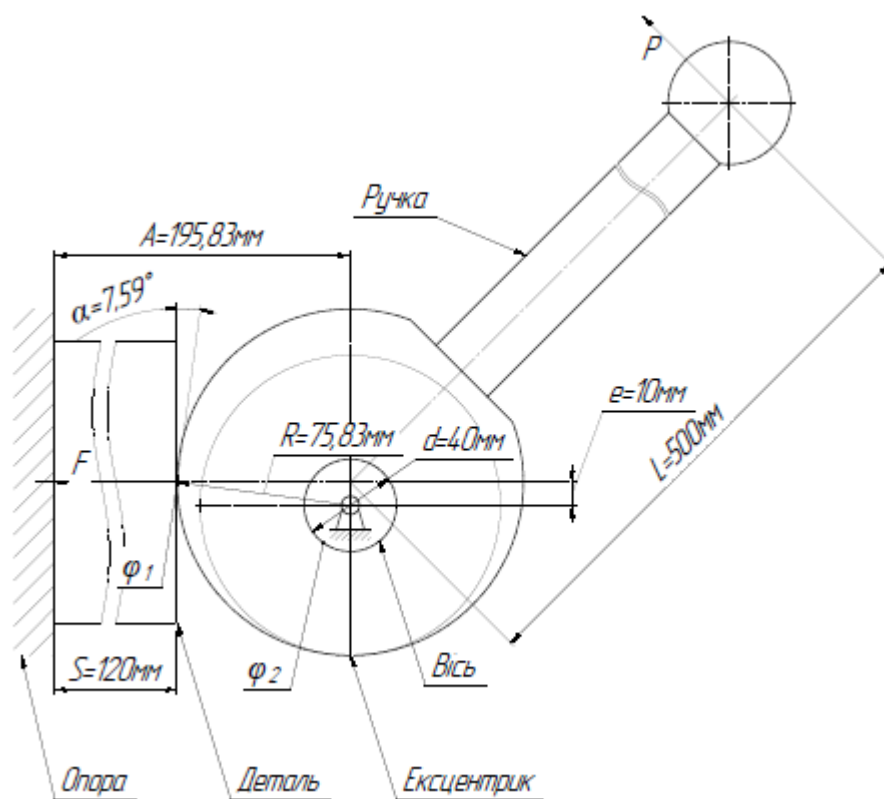


Рисунок 4.4 – Схема затиску ексцентриковим зажимом

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технология изготовления детали [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://poznayka.org/s70777t1.html>
2. Схемы резания и сечение среза при фрезеровании [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://mash-xxl.info/info/587642/>.
3. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие./ Под ред. Е. Э. Фельденштейна. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320с., ил. ISBN 985-452-052-8.
4. Характеристика материала 40X [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=32.
5. Характеристика материала Т5К10 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3023.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
7. Фрезерування пазу під багатогранну пластину твердого сплаву. Лабораторна робота з дисципліни «Технологія інструментального виробництва». Кафедра інтегрованих технологій машинобудування. ММІ, КПІ ім. І. Сікорського.
8. Системи інструментального забезпечення: Метод. вказівки до практичної роботи «Розрахунок зміщення осі гвинта для кріплення різальної пластини» [Текст] / Уклад.: Ю.І. Адаменко – К.: НТУУ «КПІ», 2019. – 19 с.
9. ГОСТ 12876-67 – Поверхности опорные под крепежные детали.
10. ГОСТ 11284-75 - Отверстия сквозные под крепежные детали.
11. ВСЕ О ТВЕРДОМЕРАХ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://tverdomer.wordpress.com/>.

12. ГОСТ 24109-80 - Калибры для шпоночных соединений. Допуски.
13. Выбор режимов резания и наработки для нарезания резьбы метчиками при обработке материалов на станке с ЧПУ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://mirprom.ru/public/vybor-rezhimov-rezaniya-i-narabotki-dlya-narezaniya-rezby-metchikami-pri-obrabotke>.
14. Проектування спеціального верстатного пристрою для встановлення фланця [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://topref.ru/referat/136321.html>.
15. Обробка матеріалів різанням [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Обробка_матеріалів_різанням.
16. Визначеність і невизначеність базування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://buklib.net/books/36274/>
17. Техніка схеми базування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stud.com.ua/97110/tehnika/shemi_bazuvannyu.
18. Поняття про базування. Правило 6 точок [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://studopedia.su/8_37809_ponyattya-pro-bazuvannya-pravilo--tochok.html.
19. Похибка базування та шляхи її зменшення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://um.co.ua/8/8-10/8-106203.html>.
20. ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
21. ГОСТ 12197-66. Приспособления станочные. Призмы с боковым креплением. Конструкция (с Изменениями N 1, 2).
22. Затискні сили [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://osntm.ru/zashim_sil.html.
23. Расчет эксцентрикового зажима [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://alexfl.pro/inform/inform_raschet32.html.

24. ГОСТ 9061-68 Кулачки эксцентриковые круглые для станочных приспособлений. Конструкция.

ДОДАТКИ

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
						<u>Документация</u>					
		A2			ДПБ МІ51.11.03.002 ТК	Фреза дискова трьохстороння					
						<u>Детали</u>					
Справ. №		A2	1		ДПБ МІ51.11.03.001 ТК	Корпус	1				
						<u>Стандартные изделия</u>					
			2			Гвинт МЗ-6д ГОСТ17475-80	10				
			3			Твердосплавна пластинка ГОСТ 24253-80	10				
Подп. и дата											
Инв. № докл.											
Взам. инв. №											
Подп. и дата											
					ДПБ МІ51.11.03.000 ТК						
Инв. № подл.		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Фреза дискова трьохстороння					
		Разрад.	Приходько						Лит.	Лист	Листов
		Пров.	Майданюк						Н		1
		Н.контр.							КПІ ім. І.Сікорського ММІ МІ-51		
		Утв.				Копировав					
						Формат А4					

Разраб.	Приходько												
Нормир.	Майданюк												
				Корпус дискової трьохсторонньої фрези									
				Найменування операції				Матеріал					
				Фрезерна з ЧПК				Сталь 40Х ГОСТ 4543-2006					
				Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	КОИД		
				Устаткування, пристрій ЧПУ						Позначення програми			
				Вертикально-фрезерний верстат 6Р13Ф3									
				То	Тв	Тп.з.	Тшт.	СОЖ					
0,33													
Р		ПШ	D или B, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/хв	v, м/хв				
001	1. Встановити, закріпити												
T02	Спеціальний поворотний пристрій												
003	2. Фрезерувати пази під пластини начорно												
T04	Фреза кінцева ГОСТ 17025-71												
P05			11,7	11,7	3	1	0,02	249,08	15,64				
T06	Калібр												
O07													
T08													
P09													
T10													
OK													

Разраб.	Приходько									
Нормир.	Майданюк									
<i>Корпус дискової трьохсторонньої фрези</i>										
				<i>Найменування операції</i>			<i>Матеріал</i>			
				<i>Фрезерна з ЧПК</i>			<i>Сталь 40Х ГОСТ 4543-2006</i>			
				<i>Твердість</i>	<i>ЕВ</i>	<i>МД</i>	<i>Профіль і розміри</i>		<i>МЗ</i>	<i>КОИД</i>
				<i>Устаткування, пристрій ЧПУ</i>				<i>Позначення програми</i>		
				<i>Вертикально-фрезерний верстат 6Р13Ф3</i>						
<i>T_o</i>	<i>T_в</i>	<i>T_{п.з.}</i>	<i>T_{шт.}</i>	<i>СОЖ</i>						
<i>0,01</i>										
<i>P</i>		<i>ПШ</i>	<i>D</i> или <i>B, мм</i>	<i>L, мм</i>	<i>t, мм</i>	<i>i</i>	<i>S, мм/об</i>	<i>n, об/хв</i>	<i>v, м/хв</i>	
O01										
T02										
O03	<i>4. Зенкувати отвори в пазах</i>									
T04	<i>Зенківка конічна ГОСТ 14953-80</i>									
P05			3,8	2,5	0,25	1	0,5	768,18	9,18	
T06	<i>Калібр</i>									
O07										
T08										
P09										
T10										
OK										

Разраб.	Приходько									
Нормир.	Майданюк									
<i>Корпус дискової трьохсторонньої фрези</i>										
				<i>Найменування операції</i>			<i>Матеріал</i>			
				<i>Фрезерна з ЧПК</i>			<i>Сталь 40Х ГОСТ 4543-2006</i>			
				<i>Твердість</i>	<i>ЕВ</i>	<i>МД</i>	<i>Профіль і розміри</i>		<i>МЗ</i>	<i>КОИД</i>
				<i>Устаткування, пристрій ЧПУ</i>				<i>Позначення програми</i>		
				<i>Вертикально-фрезерний верстат 6P13Ф3</i>						
<i>T_o</i>	<i>T_в</i>	<i>T_{п.з.}</i>	<i>T_{шт.}</i>	<i>СОЖ</i>						
<i>P</i>		<i>ПИ</i>	<i>D</i> или <i>B, мм</i>	<i>L, мм</i>	<i>t, мм</i>	<i>i</i>	<i>S, мм/об</i>	<i>n, об/хв</i>	<i>v, м/хв</i>	
O01										
T02										
O03	<i>5. Нарізати різьби в отворах в пазах</i>									
T04	<i>Мітчик машинний ГОСТ 3266-81</i>									
P05			<i>M4</i>	<i>16,85</i>	<i>-</i>	<i>1</i>	<i>-</i>	<i>498,95</i>	<i>6,27</i>	
T06	<i>Калібр різьбовий</i>									
O07										
T08										
P09										
T10										
OK										

