

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

на тему: "Технологія виготовлення деталі "Кривошип БММ-01.007" з
використанням верстатів з ЧПК"


Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань


Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва


Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.02.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТ-20-1  Михайло МЕЛЬНИК
Шифр Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент  Микола КОСПЮК
Науковий ступінь, звання Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент  Сергій БИСЬ
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК
Назва Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


Дата «4» 06 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва _____
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва _____
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК
1.03.2024

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Мельнику Михайлу Віталійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Кривошип БММ-01.007" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Косіюк Микола Миколайович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 8

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2024

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленник деталі "Кривошип БММ-01.00" та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску тис.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленник деталі із 3D моделлю (1 лист А3); кресленник заготовки (1 лист А3); графотехнологія (1 лист А1); кресленник створення керуючої програми (1 лист А1); кресленник верстатного пристрою (1 лист А2); кресленник верстатного пристрою (1 лист А1); кресленник оправки (1 лист А3) кресленник контрольного пристрою (1 лист А1)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ психології масової свідомості

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи договорення зовнішнього впливу

Автор Мельник М. В.

Освітня програма 131 Психологія масової свідомості

Спеціальність: психології масової свідомості

Науковий керівник: Косиш М. М.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість шtat перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	-
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість шtat перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	-
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	

Підтвердження:

Згідно з результатами експертної комісії кафедри психології масової свідомості, роботу запропоновано до захисту.

Дата 17.06.24р

Завідувач кафедри

Підпис

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

Івасюк В.П.

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

14.06.2024

дата

И

підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Мельник Михайло Віталійович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Кривошип БММ-01.007" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

(підпис)

**ВІКТОР
ОЛЕКСАНДРЕНКО**

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Мельник М. В. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2020 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за: національною шкалою: відмінно 70,00 %, добре 26,67 %, задовільно 3,33 %. шкалою ЕКТС: А 69,23 %, В 17,31 %, С 9,62 %, D 1,92 %, E 1,92 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Мельник М.В. виконав дипломний проєкт у відповідності до завдання. Над проєктом працював самостійно і має в сукупності знання та вміли виконувати складні інженерні завдання у галузі виготовлення кривошипів механізмів на верстаті з ЧПК. Гарнісно оформив; володіє всіма необхідними навичками до ведення роботи.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

(ім'я, прізвище)

В. С. Коваленко 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Мельник М. В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технологія машинобудування

(назва)

Віталій ГІЖЧУК

(підпис, ім'я, прізвище)

20.06 2024 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект студента Михайла Мельника
Тема: Технологія виготовлення деталі "Кривошип БПМ-01.007" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект має необхідні розділи відповідно до завдання.

У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обгрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення вала-шестерні з використанням сучасного металорізального устаткування з ЧПК. Згідно виданого завдання розраховані припуски на оброблення, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні. За допомогою САМ-пакету Solidworks створено програму оброблення на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК фірми HAAS VF-3.

В конструкторській частині розроблено конструкції. Пристроїв. для оброблення деталі на фрезерному верстаті та для оброблення шпонкового паза на вертикально довбальному верстаті 7А 420, контрольний інструмент – калібр-пробка та калібр-скоба.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломній роботі не виявлено.

Проте бажано було б створити в САМ Solidworks програми оброблення і для токарних операцій

Дипломний проект виконаний згідно завдання, в повному обсязі та заслуговує оцінки «Відмінно».

Рецензент:

доц. к.т.н. ТАМ

Рудик О.В.

«18» «06» 2024 р.

РЕФЕРАТ

У представленому проєкті було спроектовано технологічний процес виготовлення деталі для перетворювача руху з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Було проведено повний аналіз деталі визначення її технологічності була проведена оцінка вибору матеріалу та вибір способу отримання заготовки.

Був розроблений технологічний процес обробки що покращив точність та якість виготовлення деталі й скоротив кількість операцій. Виконано створення програми для вертикально фрезерного верстату ЧПК HAAS VF-3 у середовищі Solidworks CAM, завдяки чому було перевірено доступність інструменту до оброблюваних поверхонь у верстатному пристрої та було проаналізовано програму на присутність колізії між інструментом та верстатним пристроєм, для запобігання виходу з ладу інструменту чи пристрою.

Також у конструкторському розділі було виконане проектування контрольного інструменту та верстатних пристроїв, було перевірено їх на міцність у програмному середовищі SolidWorks Simulation.

У розділі охорони праці були розглянуті права працівників, оцінка ризиків на виробництві та методи їх мінімізації чи усунення. Були розроблені заходи щодо запобігання нещасних випадків, такі як впровадження сучасних засобів індивідуального захисту, регулярне навчання та інструктаж працівників з питань безпеки.

Ключові слова: деталь, верстат, пристрій, інструмент.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Стан питання та постановка задачі дипломного проектування	8
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	8
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	9
1.4 Вибір матеріалу заготовки	10
1.5 Кількісна оцінка технологічності	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Вибір способу отримання заготовки.....	13
2.2 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі.....	13
2.3 Вибір технологічних баз.....	18
2.4 Розробка технологічних операцій механічної обробки	19
2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку	20
2.5.1 Аналітичний розрахунок припусків.....	21
2.6 Розрахунок режимів різання	28
2.7 Розрахунок штучного часу	36
2.8 Розробка керуючої програми для вертикально фрезерної операції.....	37
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	41
3.1 Проектування лешат що переналагоджуються	41
3.2 Розрахунок верстатного пристрою.....	42
3.3 Розрахунок оправки	49
3.4 Проектування пристрою для довбання.....	54
3.5 Проектування контрольного інструменту	56
3.5.1 Проектування калібру-пробки Ø18H7	57
3.5.2 Проектування калібру-скоби Ø65k6	58

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00.ПЗ							
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Технологія виготовлення деталі "Кривошип БММ–01.007" з використанням верстатів з ЧПК			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Мельник М.В.</i>	<i>Косіюк М.М.</i>						н	5	65		
<i>Перев.</i>								<i>ХНУ</i> <i>гр. ПМТ–20–1</i>				
<i>Н. контр.</i>	<i>Бись С.С.</i>											
<i>Затв.</i>	<i>Ткачук В.П.</i>											

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
4.1 Заходи щодо мінімізації ризиків	61
4.2 Управління охороною праці на підприємствах машинобудування.....	63
4.3 Висновки	63
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТКИ.....	68

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Машинобудування це одна з найважливіших галузей промисловості будь-якої країни. Продукції цієї галузі застосовується в усіх аспектах нашого життя.

Технологія машинобудування як прикладна наука має велике значення у підготовці фахівців галузі машинобудування. Вона надає знання, необхідні для повсякденної та творчої діяльності з удосконалення та розробки передових технологій та конструювання машин. Ці знання охоплюють широкий спектр дисциплін, включаючи матеріалознавство, опір матеріалів, деталі машин та інші фундаментальні дисципліни та курси.

У сучасному машинобудуванні інноваційні технології та точність виготовлення деталей відіграють важливу роль у створенні надійних та ефективних механізмів. Особливу увагу приділяється розробці технологічних процесів для виготовлення складних компонентів, при розробці яких використовують передові матеріали з високими механічними властивостями, а також впровадження новітніх методів обробки, що забезпечують високу точність та якість деталей.

Метою даної дипломної роботи є розробка оптимального технологічного процесу виготовлення ключової деталі, яка використовується у перетворювачах руху. Визначення оптимальних параметрів та послідовності операцій виробництва цієї деталі є критичним для забезпечення її високої якості, точності та ефективності в експлуатації.

Дослідження зосереджено на вивченні сучасних методів обробки матеріалів, використанні передових технологій у виробництві та впровадженні автоматизованих процесів для досягнення оптимальних показників якості та продуктивності. Отримані результати досліджень мають значний практичний потенціал для реалізації виробництва в машинобудуванні.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		7

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та постановка задачі дипломного проектування

Дипломний проєкт є завершальним етапом навчання студента в університеті та має на меті систематизацію, поглиблення та розширення теоретичних знань за фахом та набуття навичок самостійного розв'язання конкретних наукових, технічних, технологічних, організаційних та економічних проблем. Дипломний проєкт є оригінальним і комплексним науково-практичним дослідженням актуальної теми в рамках виконання випускної кваліфікаційної роботи.

Для даного дипломного проєкту у якості виробничого об'єкта була обрана деталь перетворювача руху. Деталлю на яку розробляється технологічний процес (ТП) є кривошип який забезпечує головну роль у механізмі для перетворенні руху.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

У дипломному проєкті розглядаємо деталь – кривошип. Кривошип входить у конструкцію перетворювача руху та призначена для перетворення зворотно-поступального руху на обертовий або ж навпаки з обертового у зворотно-поступальний.

У процесі роботи деталі у режимі перетворення зворотно–поступального руху на обертовий кривошип буде приймати крутний момент від підшипника який змушує провертатись кривошип та через шпонкове з'єднання передавати крутний момент на ведений вал.

У процесі експлуатації кривошип знаходиться у закритому корпусі захищений від корозії та інших впливів навколишнього середовища.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

При аналізі деталі можна зрозуміти що вона складається з двох частин ми її виконуємо як суцільну, але в кінці технічного процесу розрізаємо на дві частини. Суцільна деталь складається з трьох циліндричних поверхонь які знаходяться на двох різних осях які в свою чергою перетинаються у центрі деталі під певним кутом. Також на деталі є виконанні центрові отвори та канавки для виходу шліфувального круга.

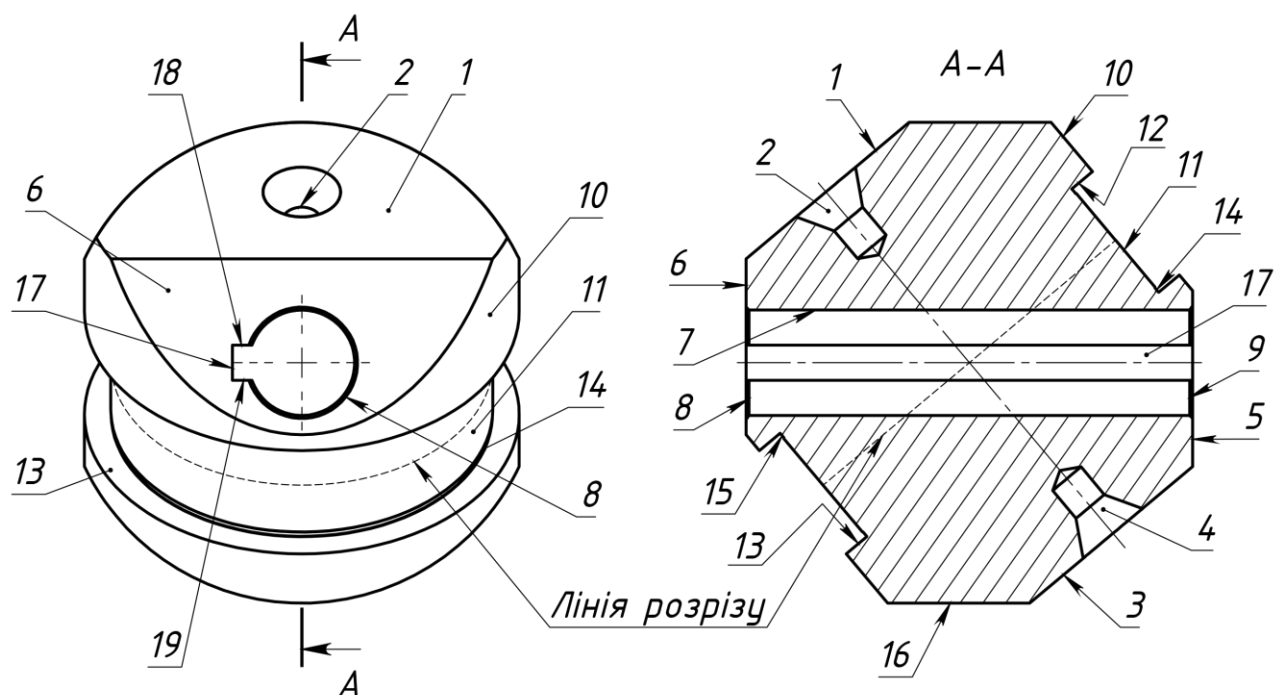


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі “Кривошип”

Основними базами кривошипа є: отвір поверхня 7 та центрові отвори поверхня 2, 4.

Допоміжні бази кривошипа – циліндрична поверхня 16.

Основні робочі поверхні кривошипа – 6, 5, 7, 11, 12, 13, 17, 18, 19.

Отвір 7 та шпонковий паз поз. 17, 18, 19 – є кріпильними поверхнями.

Відповідно до службовим призначенням поверхонь до них ставлять відповідні вимоги взаємного розташування, точності і шорсткості.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

9

1) циліндрична поверхня 7 $\varnothing 18H7 (+0.018)$ шорсткість $Ra=1,6\text{мкм}$, це обумовлено за для досягнення точності базування на валу.

2) циліндрична поверхня 10 $\varnothing 74k10(+0.12)$ концентричність до поверхні 7 \odot 0,05 шорсткість $Ra=6,3\text{мкм}$. Поверхня потрібна для базування заготовки у спец пристрої для довбання шпонкового паза.

3) циліндрична поверхня 11 $\varnothing 65k6(+0.021/+0.002)$ биття відносно центрових отворів позиції 2,4 \nearrow 0,02 шорсткість $Ra=0,8\text{мкм}$. Поверхня потрібна для встановлення підшипника.

4) центрові отвори поверхні 2,4 допуск на кут між осями отвору поверхня 7 $50^\circ \pm 0,02^\circ$.

Виходячи з усього переліченого вище можна зробити висновок, що деталь має багато точних вимог між різними оброблюваними поверхнями, тому можна сказати що деякі із них мають бути виготовлені за один установ. Тому для закріплення деталі були розроблені спец пристрої.

1.4 Вибір матеріалу заготовки

При роботі деталь сприймає знакозмінні осьові та радіальні навантаження що зумовлює використовувати матеріал високого класу міцності до прикладу сталь 40ХН, яка відноситься до якісних конструкційних сталей, має високу корозійну стійкість та здатність до загартовування.

Хімічний склад і механічні властивості наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 –Властивості сталі 40ХН (ДСТУ 7806:2015)

Хімічний склад							Механічні властивості				
С, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Ni, %	Cr, %	σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %	НВ
			не менше				не менше				
0.40	0,27	0,65	0,035	0,035	1,2	0,6	785	980	11	45	179

1.5 Кількісна оцінка технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{BM} = \frac{M_D}{M_3},$$

Де: M_D – маса деталі; кг.; $M_D = 1,864$ кг,

M_3 – маса заготовки, кг. $M_3 = 3,144$ кг.

$$K_{BM} = \frac{1,864}{3,144} = 0,593$$

Отримане значення коефіцієнта використання матеріалу, в умовах середньосерійного типу виробництва, що говорить про досить високу технологічність обраного способу отримання заготовки і свідчить про цілком задовільне використання матеріалу.

Коефіцієнт точності оброблення

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{CP}},$$

Де: T_{CP} – середній квалітет точності оброблення деталі по всіх поверхнях, визначається за формулою:

$$T_{CP} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i},$$

Де: n_i – число поверхонь деталі відповідного квалітету точності T_i

Коефіцієнт шорсткості поверхонь

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{CP}},$$

Де: B_{CP} – середній квалітет точності оброблення деталі по всіх поверхнях, визначається за формулою:

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способу отримання заготовки

У машинобудуванні існують такі методи отримання заготовки як: лиття, ковка і штампування, прокат, порошкова металургія. Кожен з цих методів має свої особливості та доцільності використання до прикладу лиття краще використовувати коли заготовка має великі габарити, пустоти чи значні перепади діаметрів тощо. Поковка підходить для отримання заготовок складної форми, але не занадто дрібних або тонкостінних поверхонь. Порошкова металургія дозволяє виготовляти деталі складної форми значно зменшує використання матеріалу, але підходить тільки для масового виробництва.

Після проведення аналізу методів отримання заготовки та деталі, можна сказати, що найбільш доцільною заготовкою є це є прокат кругляк Ø80 довжиною 80 мм оскільки деталь є тілом обертання невеликого габариту та не має складних поверхонь чи великих перепадів діаметру.

2.2 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі

Технологічний маршрут визначає послідовність різних операцій, які змінюють форму та розміри заготовки з умовою забезпечення потрібних вимог та технічних умов згідно креслення. Опис маршруту технологічного процесу включає короткий опис всіх операцій у послідовності їх виконання, без урахування переходів і режимів. Усю механічну обробку розбивають на окремі операції, щоб визначити послідовність їх виконання та кількість операцій.

У машинобудуванні кожна послідовна операція спрямована на підготовку заготовки для наступного оброблення з метою підвищення якості деталі. Механічна обробка буває таких типів як:

– груба обробка (чорнова) включає видалення значної частини матеріалу для виявлення можливих дефектів у заготовці.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

– точна обробка (чистова) досягається необхідна точність обробки для забезпечення потрібного квалітету точності та шорсткості поверхні.

Узагальнено, кожна наступна операція в механічній обробці має за мету покращити якість і точність деталі в порівнянні з попередніми етапами обробки заготовки.

Створення технологічного маршруту обробки значною мірою визначається особливостями конструкції та технологічними вимогами деталі. Вибір конкретної технологічної стратегії суттєво залежить від типу виробництва, рівня автоматизації та доступного устаткування.

У серійному виробництві часто використовують універсальні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), а також агрегатні спеціалізовані та спеціальні верстати. Перспективним напрямком для серійного виробництва є застосування гнучких виробничих систем, таких як лінії, дільниці або цехи, особливо у випадку, коли існують умови для групової організації виробництва.

Вибір підходящого верстата для конкретної операції визначається можливістю виготовлення на ньому деталей потрібних розмірів і конфігурацій, а також витриманням потрібної якості її поверхні.

Крім того, важливим аспектом є підбір інструменту та технологічного оснащення, які мають забезпечувати оптимальні режими різання та мінімальний знос інструменту. Сучасні технології обробки дозволяють використовувати інструменти з надтвердих матеріалів, таких як кубічний нітрид бору (CBN) або полікристалічний алмаз (PCD), що значно підвищує ефективність та якість обробки.

Кожен ТП повинен закінчуватися контролем якості деталей за для перевірки забезпечення заданих параметрів точності обробки деталі.

Розроблений ТП повинен містити: загальний план обробки деталі, опис змісту операцій ТП, вибір типу обладнання. Він повинен бути прогресивним, забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості деталі, скорочувати матеріальні та трудові витрати й бути екологічно безпечним.


					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

Таблиця 2.1 – Базовий технологічний маршрут

№	Назва операції	Верстат, обладнання
005	Заготівельна – прокат	JET JCOM-400T
010	Токарна	1K62
015	Токарна	1K62
020	Вертикально фрезерна	FDB MASCHINEN X7140
025	Вертикально фрезерна	FDB MASCHINEN X7140
030	Токарна	1K62
035	Токарна	1K62
040	Довбальна	7A420
045	Термообробка	Піч
050	Круглошліфувальна	MW500
055	Електроерозійна	ACCUTEX AL 400SA
060	Контрольна	Стіл контрольний

Базовий технологічний маршрут включає багато операцій, що вимагає численних перевстановлень заготовки, що своєю чергою знижує кінцеву точність деталі. Тому було розроблено альтернативний, який використовує сучасне обладнання та спеціальні верстатні пристрої, що дозволяє підвищити точність і зменшити трудомісткість виготовлення деталі (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Альтернативний технологічний маршрут



№	Назва операції	Верстат, обладнання
005	Заготівельна – прокат	 <p>Відрізний верстат JET JCOM-400T</p>

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

15


010	Вертикально фрезерна з ЧПК	 <p>Вертикально фрезерний верстат HAAS VF-3, спец пристрій, поворотний стіл – HRT310XT</p>
015	Токарна з ЧПК	 <p>Токарний верстат HAAS ST-10</p>
020	Токарна з ЧПК	 <p>Токарний верстат HAAS ST-10, оправка</p>

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

16

025	Довбальна	 <p>Вертикально довбальний верстат 7А 420, спец пристрій</p>
030	Термообробка	 <p>Електрична муфельна піч СНО 15/1100 І4А</p>
035	Круглошліфувальна	 <p>Круглошліфувальний верстат MW500</p>

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

17

		муфельна піч СНО 15/1100 І4А
035	Круглошліфувальна. Базування центрувальні отвори. Шліфувати Ø 65k6 начисто.	Круглошліфу- вальний верстат MW500
040	Електроерозійна з ЧПК. Розрізати по центру деталі проводом 0.5 мм.	Дротяний електроерозійни й верстат G32S CHMER RDM
045	Контрольна.	Стіл контрольний, спец пристрій

2.5 Розрахунок припусків на механічну обробку

Під час проектування технологічних процесів механічної обробки необхідно визначити оптимальні припуски, які забезпечать виконання встановлених вимог до точності та якості оброблюваних поверхонь.

Вихідними даними при розрахунку припусків на механічну обробку є якість поверхні заготовки, та допуск на відхилення від розміру поверхні деталі. Розрахунок припусків будемо проводити для зовнішньої циліндричної поверхні Ø74k10(^{+0.12}) шорсткість якої Ra=6,3 мкм. та зовнішньої циліндричної поверхні Ø65k6(^{+0.021}/_{+0.002}) шорсткість якої Ra=0,8 мкм.

Для обрахунку припусків будемо використовувати розрахунково-аналітичний метод, суть якого полягає у тому, щоб до розмірів готової деталі додавати припуск на механічну обробку з урахуванням потрібної точності та шорсткості поверхонь. Для інших поверхонь ми застосуємо дослідно-статистичний метод.

										ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата							20

2.5.1 Аналітичний розрахунок припусків

Розрахунок припусків на операцію 015 токарна з ЧПК.

У цій операції ми виконуємо обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\text{Ø}74\text{k}10(^{+0.12})$ та зовнішньої циліндричної поверхні $\text{Ø}65\text{k}6(^{+0.021}_{+0.002})$ оскільки ця поверхня є шліфованою тоді ще потрібно виконати дві канавки для виходу шліфувального круга $\text{Ø}64,8 (-_{0.1})$.

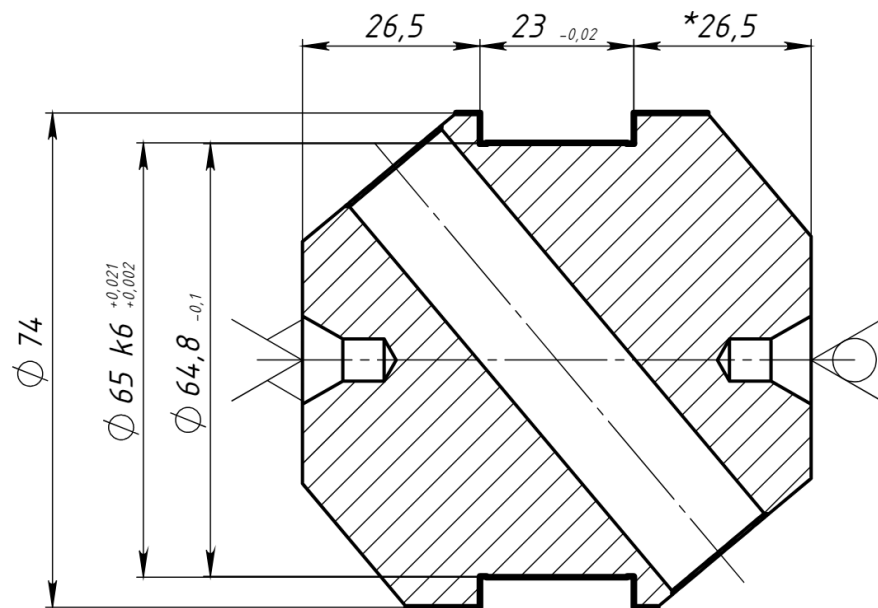


Рисунок 2.1 – Схема встановлення та оброблення заготовки

1) Визначаємо просторові відхилення заготовки

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2}, [6, с. 27]$$

Де: $\rho_{кор}$ – загальна кривизна заготовки;

$$\rho_{кор} = \Delta_K \cdot L, [6, с. 27]$$

Де: Δ_K – кривизна прокату $\Delta_K = 5 \text{ мкм} / \text{мм}$ (Згідно стандарту ДСТУ 7807:2015);

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

21

L – довжина заготовки $L = 76$ мм;

ρ_u – похибка центрування заготовки;

$$\rho_u = 0,25\sqrt{T^2 + 1}, [6, \text{с. 28}]$$

Де: T – допуск на базовий діаметр $T = 2,4$ мм;

Визначаємо максимальну похибку:

$$\rho = \sqrt{(0,005 \cdot 76)^2 + (0,25\sqrt{2,4^2 + 1})^2} = 0,75 \text{ мм} = 750 \text{ мкм.}$$

Похибка після оброблення:

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho, [6, \text{с. 28}]$$

Де: K_y – коефіцієнт уточнення.

$K_y = 0,04$ – для чистового точіння.

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 750 = 30;$$

$K_y = 0,06$ – для чорнового точіння.

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 750 = 45;$$

Мінімальне значення припуску:

$$2z_{i\text{min}} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), [6, \text{с. 28}]$$

Де: $R_{z_{i-1}}, T_{i-1}$ – висота мікронерівностей $R_{z_{i-1}}$ та глибина поверхневого шару

T_{i-1} , для заготовки по переходах.

Послідовність отриманих квалітетів 12–10–8–6.

– Заготовка $R_{z_0} = 100$ мкм; $T_0 = 75$ мкм;

– Точіння чорнове $R_{z_1} = 50$ мкм; $T_2 = 50$ мкм;

– Точіння чистове $R_{z_2} = 10$ мкм; $T_2 = 20$ мкм;

– Шліфування тонке $R_{z_3} = 3$ мкм; $T_3 = 6$ мкм;

Визначаємо розрахунково мінімальне значення припуску для чорнвої оброблення:

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

$$2z_{1\min} = 2(R_{z_{1-1}} + T_{1-1} + \rho_{1-1}) = 2(100 + 75 + 750) = 2 \cdot 950 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахунково мінімальне значення припуску для чистової оброблення:

$$2z_{2\min} = 2(R_{z_{2-1}} + T_{2-1} + \rho_{2-1}) = 2(50 + 50 + 45) = 2 \cdot 145 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахунково мінімальне значення припуску для шліфувальної оброблення:

$$2z_{3\min} = 2(R_{z_{3-1}} + T_{3-1} + \rho_{3-1}) = 2(10 + 20 + 30) = 2 \cdot 60 \text{ мкм.}$$

Обрахунок мінімального припуску для оброблення канавки $\text{Ø}65\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix}\right)$

Для кінцевого переходу – тонкого шліфування розрахунковий розмір приймаємо найбільший граничний розмір поверхні.

$$d_{5\min} = d_H + ei,$$

Де: D_H – номінальний розмір поверхні, мм.

ei – нижнє відхилення, мм.

$$d_{5\min} = 65 + 0,002 = 65,002 \text{ мм.}$$

Для чистового оброблення:

$$d_{4\min} = d_{5\min} + z_{3\min} = 65,002 + 2 \cdot 0,06 = 65,122 \text{ мм.}$$

Для чорнового оброблення:

$$d_{3\min} = d_{4\min} + z_{2\min} = 65,122 + 2 \cdot 0,145 = 65,412 \text{ мм.}$$

Обрахунок припуску для оброблення зовнішнього діаметру $\text{Ø}74\text{k}10\left(\begin{smallmatrix} +0.12 \end{smallmatrix}\right)$

Для кінцевого переходу – чистового оброблення розрахунковий розмір приймаємо найбільший граничний розмір поверхні.

$$d_{2\min} = d_H + ei,$$

$$d_{2\min} = 74 + 0 = 74 \text{ мм.}$$

Для чорнового оброблення:

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

$$d_{1\min} = d_{2\min} + z_{2\min} = 74 + 2 \cdot 0,145 = 74,29 \text{ мм.}$$

Діаметр заготовки:

$$d_{0\min} = d_{1\min} + z_{1\min} = 74,29 + 2 \cdot 0,95 = 76,19 \text{ мм.}$$

Обрахунок граничних розмірів:

Для канавки $\text{Ø}65\text{k}6\left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix}\right)$:

$$T_5 = 30 \text{ мкм.}$$

$$T_4 = 46 \text{ мкм.}$$

Для оброблення зовнішнього діаметру $\text{Ø}74\text{k}10\left(\begin{smallmatrix} +0.12 \end{smallmatrix}\right)$:

$$T_3 = 120 \text{ мкм.}$$

$$T_2 = 120 \text{ мкм.}$$

$$T_1 = 300 \text{ мкм.}$$

$$T_0 = 740 \text{ мкм.}$$

Тоді:

$$d_{5\max} = d_{5\min} + T_5 = 65,002 + 0,03 = 65,032 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = d_{4\min} + T_4 = 65,122 + 0,046 = 65,168 \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + T_3 = 65,412 + 0,12 = 65,532 \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + T_2 = 74 + 0,12 = 74,12 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + T_1 = 74,29 + 0,3 = 74,59 \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + T_0 = 76,19 + 0,74 = 76,93 \text{ мм.}$$

Визначаємо мінімальні граничні значення припусків:

$$2z_{\max 5}^{ep} = d_{\max 4} - d_{\max 5} = 65,168 - 65,032 = 0,136 \text{ мм.} = 136 \text{ мкм.}$$

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

$$2z_{\max 4}^{ep.} = d_{\max 3} - d_{\max 4} = 65,532 - 65,168 = 0,364 \text{ мм.} = 364 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\max 3}^{ep.} = d_{\max 2} - d_{\max 3} = 74,12 - 65,532 = 8,588 \text{ мм.} = 8588 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\max 2}^{ep.} = d_{\max 1} - d_{\max 2} = 74,59 - 74,12 = 0,47 \text{ мм.} = 470 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\max 1}^{ep.} = d_{\max 0} - d_{\max 1} = 76,93 - 74,59 = 2,34 \text{ мм.} = 2340 \text{ мкм.}$$

Визначаємо максимальні граничні значення припусків:

$$2z_{\min 5}^{ep.} = d_{\min 4} - d_{\min 5} = 65,122 - 65,002 = 0,12 \text{ мм.} = 120 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\min 4}^{ep.} = d_{\min 3} - d_{\min 4} = 65,412 - 65,122 = 0,29 \text{ мм.} = 290 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\min 3}^{ep.} = d_{\min 2} - d_{\min 3} = 74 - 65,412 = 8,588 \text{ мм.} = 8588 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\min 2}^{ep.} = d_{\min 1} - d_{\min 2} = 74,29 - 74 = 0,29 \text{ мм.} = 290 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\min 1}^{ep.} = d_{\min 0} - d_{\min 1} = 76,19 - 74,29 = 1,9 \text{ мм.} = 1900 \text{ мкм.}$$

Перевірка

$$\sum 2z_{\max} - \sum 2z_{\min} = Td_s - Td_o \text{ [6, с. 28]}$$

$$(136 + 364 + 8588 + 470 + 2340) - (120 + 290 + 8588 + 290 + 1900) = 740 - 30$$

Розрахунок проведений вірно.

Всі розрахункові дані заносимо у таблицю 2.4 та 2.5

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.4 – Результати обрахунку припусків для поверхні Ø74k10(^{+0.12})

Технологічні переходи	Квалітет	Елементи припуску, мкм.				Розрахунковий припуск $2z_{i, min}$, мкм.	Розрахунковий розмір d_p , мм.	Допуск T, мкм.	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
		$R_{z_{i-1}}$	$h_{z_{i-1}}$	$\rho_{z_{i-1}}$	ϵ_{y_i}				d_{max}	d_{min}	$ZZ^{p, i, max}$	$ZZ^{p, i, min}$
Заготовка	12	100	75	750	-	-	76,3	740	76,3	76,19	-	-
Обточування чорнове	12	50	50	45	-	2.950	74,59	300	74,59	74,29	2340	1900
Обточування чистове	10	10	20	30	-	2.145	74,120	120	74,120	74	470	290

Таблиця 2.5 – Результати обрахунку припусків для поверхні Ø65k6(^{+0.021}/_{+0.002})

Технологічні переходи	Квалітет	Елементи припуску, мкм.				Розрахунковий припуск $2z_{i, min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T, мкм	Граничний розмір, мм.		Граничні значення припусків, мкм.	
		$R_{z_{i-1}}$	$h_{z_{i-1}}$	$\rho_{z_{i-1}}$	ϵ_{y_i}				d_{max}	d_{min}	$ZZ^{p, i, max}$	$ZZ^{p, i, min}$
Точіння канавки чорнове	10	50	50	45	-	2.950	65,532	120	65,532	65,412	8588	8588
Точіння канавки чистове	8	10	20	30	-	2.145	65,168	46	65,168	65,122	364	290
Шліфування канавки тонке	6	1	2	30	-	2.60	65,168	30	65,168	65,002	136	120

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

26

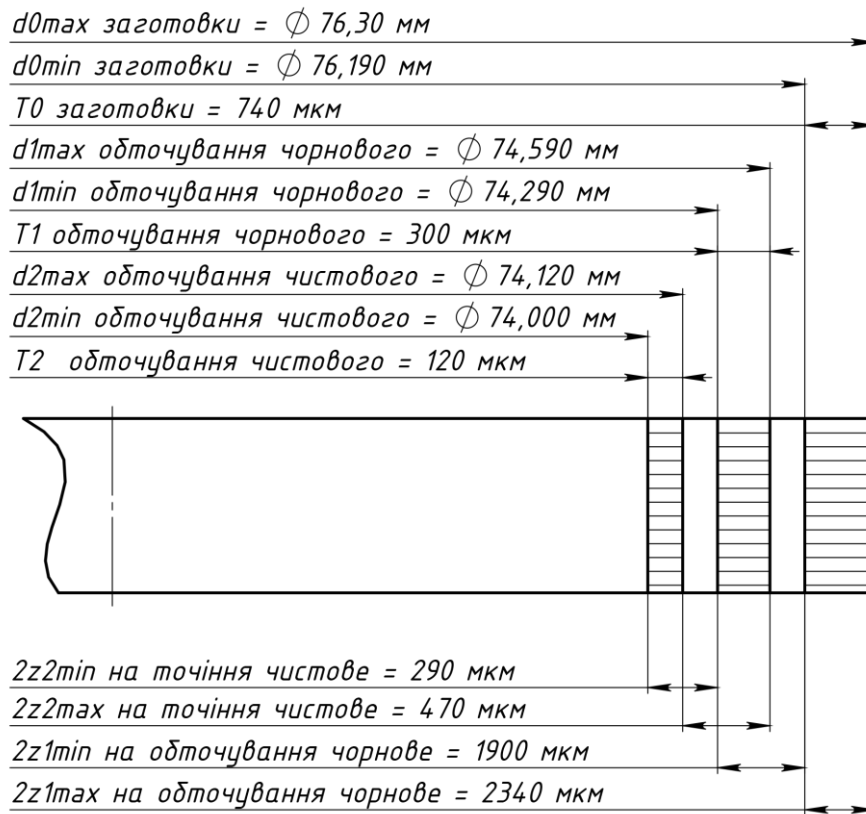


Рисунок 2.2 – Схема розташування припусків та допусків на пов. $\phi 74k10^{(+0.12)}$

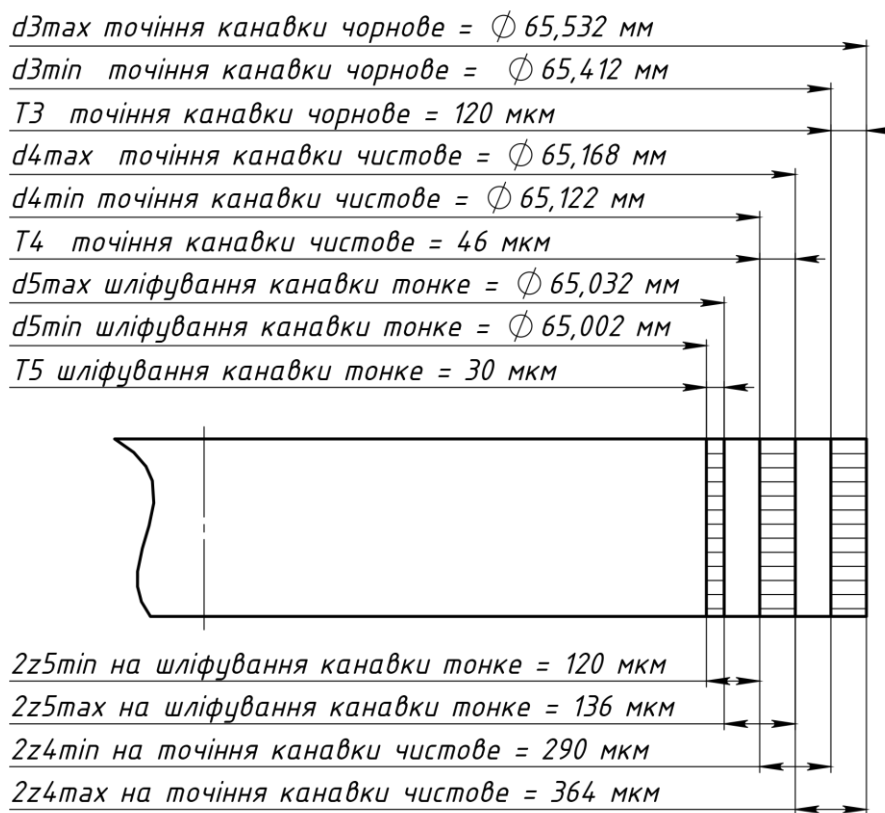


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків та допусків на пов. $\phi 65k6^{(+0.021/+0.002)}$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

27

2.6 Розрахунок режимів різання

Розраховуємо режими різання на обробку поверхні $\varnothing 74k10^{(+0.12)}$

Вибираємо різець токарний – DSBNR 2525M 15

Зі зміною пластинкою – SMNG 15 06 16–PR 4425

Характеристика вибраного різця:

$$\varphi = 75^\circ; a = 0^\circ; b \times h = 25 \times 25;$$

$$\varphi_1 = 15^\circ; \lambda = -6^\circ; r = 0,5 \text{ мм.}; \gamma = 10^\circ.$$

Глибина різання

$$t = 2,7 \text{ мм.}$$

Подача

$$S = 0,5 \text{ мм / об.}$$

Швидкість різання визначається за формулою

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \text{ м / хв, [1, с. 16]}$$

Де: $C_V = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,35$ [1, с. 20, т. 19]

$$T = 60 \text{ хв. [1, с. 16]}$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{iV} \cdot K_{Ti} \cdot K_{T\theta} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{\varphi V1}, [1, с. 21]$$

Де: $K_{nV} = 0,9$ [1, с. 12, т. 7]

$$K_{iV} = 2,2 [1, с. 12, т. 8]$$

$$K_{Ti} = 1 [1, с. 13, т. 9]$$

$$K_{T\theta} = 1 [1, с. 14, т. 10]$$

$$K_{\varphi V} = 0,8; K_{\varphi V1} = 0,97 [1, с. 22, т. 20]$$

$$K_{mV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, [1, с. 9, т. 3]$$

Де: $K_r = 0,9$; $n_V = 0,9$ [1, с. 10, т. 4]

$$\sigma_B = 980 \text{ МПа; – межа міцності.}$$

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

Тоді:

$$K_V = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^{0,9} \cdot 0,9 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,97 = 1,08$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,7^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,08 = 184,2 \text{ м / хв.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 184,2}{\pi \cdot 80} = 732,9 \text{ об / хв.}$$

Знаходимо зусилля різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_p, [1, \text{ с. 21}]$$

Де: $C_p = 300$; $X = 1$; $Y = 0,75$; $n = -0,15$. [1, с. 24, т. 23]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, [1, \text{ с. 22}]$$

Де: $K_{\phi p} = 0,94$; $K_{\gamma p} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 0,87$. [1, с. 26, т. 24]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_p}, [1, \text{ с. 14, т. 11}]$$

Де: $\sigma_B = 980 \text{ МПа}$. – межа міцності.

$$n_p = \frac{0,75}{0,35} [1, \text{ с. 14, т. 11}]$$

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,7^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 184,2^{-0,15} \cdot 1,6 = 3514 \text{ Н.}$$

Розраховуємо ефективну потужність різання

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт.} [1, \text{ с. 23}]$$

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{3514 \cdot 184,2}{1020 \cdot 60} = 10,6 \text{ кВт.}$$

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

Розраховуємо основний технологічний час

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n}, [1, \text{с. 64, т. 55}]$$

Де: $l = 76$ мм. – довжина оброблюваної поверхні.

l_1 – глибина врізання.

$$l_1 = \frac{t}{\tan(\varphi^\circ)} + (0,5 \dots 0,2) \text{ мм. } [1, \text{с. 64, т. 55}]$$

$$l_1 = \frac{t}{\tan(\varphi^\circ)} + 0,5 = \frac{2,7}{\tan(75^\circ)} + 0,5 = 1,2 \text{ мм.}$$

$l = 3$ мм; – перебігу інструменту.

Тоді:

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} = \frac{76 + 1,2 + 3}{0,5 \cdot 732} = 0,22 \text{ хв.}$$


При порівнянні розрахунку проведеного аналітичним методом та розрахунку проведеного калькулятором Sandvik Coroman було виявлено що відхилення між результатами є незначними тоді можна сказати, що обрахунок зроблено вірно. Для подальших розрахунків та будемо використовувати калькулятор Sandvik Coroman.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

CYLINDRICAL SURFACE

TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL / INDEXABLE

CUTTING DATA



260 HB
40XH

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 80 mm

Machined diameter end DME: 74.59 mm

Machined length LM: 76 mm

Ra roughness value longitudinal: 12.5 µm

Include PrimeTurning™ results: ON

More ...



T-Max P

DSBNR 2525M 15
Tool

SNMG 15 06 16-PR 4425
Insert

Rectangular shank -metric: 25 x 25

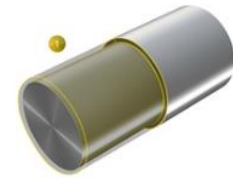
Adaptive interface machine direction ADINTMS: Rectangular shank -metric: 25 x 25

Tool life count TLIFEC: 120 Features

Machining time TMF: 00:10.319 min.s

Save for later

Build tool assembly



STEPS: 1

FINISHING

Cutting speed VC: 206 m/min

Feed per revolution FN: 0.518 mm

Number of passes in AP direction NOPAP: 1

Depth of cut AP: 2.7 mm

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 22.7 g

Work per component WPC: 0.0568 kWh

Show detail

Knowledge

COST EFFICIENCY DATA CUTTING DATA CHANGE CUTTING DATA CO₂ EMISSIONS **NEW**

NOPAP NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION	DMS [mm] MACHINED DIAMETER START	DME [mm] MACHINED DIAMETER END
1	80	74.59
AP [mm] DEPTH OF CUT	VC [m/min] CUTTING SPEED	FN [mm] FEED PER REVOLUTION
2.7	206	0.518
RPMX [1/min] ROTATIONAL SPEED MAXIMUM	PPCX [kW] MAXIMUM CUTTING POWER	MMCX [Nm] MAXIMUM CUTTING TORQUE
878	10.2	111
TCCT [s] CUTTING TIME TOTAL	TNCT [s] NON CUTTING TIME TOTAL	
10	0.298	

Рисунок 2.4 – Фрагмент розрахунку операції обточування чорнове

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ


Арк.

31

CYLINDRICAL SURFACE

TURNING EXTERNAL ONLY LONGITUDINAL / INDEXABLE

CUTTING DATA



Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 74.59 mm

Machined diameter end DME: 74.12 mm

Machined length LM: 76 mm

Ra roughness value longitudinal RRA: 6.3 μm

Include PrimeTurning™ results: ON

More...

T-Max P

DSBNR 2525M 15 Tool

SNMG 15 06 16-PR 4425 Insert

Rectangular shank -metric: 25 x 25

Adaptive interface machine direction ADINTMS: Rectangular shank -metric: 25 x 25

Tool life count TLIFEC: 149 Features

Machining time TMF: 00:11.460 min:s

Save for later

Build tool assembly

STEPS: 1

FINISHING

Cutting speed VC: 284 m/min

Feed per revolution FN: 0.335 mm

Number of passes in AP direction NOPAP: 1

Depth of cut AP: 0.235 mm

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 10.9 g

Work per component WPC: 0.0272 kWh

Show detail

Knowledge

COST EFFICIENCY DATA CUTTING DATA CHANGE CUTTING DATA CO₂ EMISSIONS **NEW**

NOPAP NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION	DMS [mm] MACHINED DIAMETER START	DME [mm] MACHINED DIAMETER END
1	74.59	74.12
AP [mm] DEPTH OF CUT	VC [m/min] CUTTING SPEED	FN [mm] FEED PER REVOLUTION
0.235	284	0.335
RPMX [1/min] ROTATIONAL SPEED MAXIMUM	PPCX [kW] MAXIMUM CUTTING POWER	MMCX [Nm] MAXIMUM CUTTING TORQUE
1220	1.23	9.63
TCCT [s] CUTTING TIME TOTAL	TNCT [s] NON CUTTING TIME TOTAL	
11.2	0.298	

Рисунок 2.5 – Фрагмент розрахунку операції обточування чистове

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ


Арк.

32

EXTERNAL GROOVE

GROOVING EXTERNAL / INDEXABLE

CUTTING DATA



P 260 HB 40XH

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 74.12 mm

Machined diameter end DME: 65.412 mm

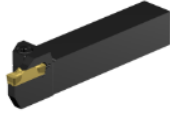
Machined width WIDTHMF: 23 mm

Cutting width CW: mm

Minimum cutting width CWN: mm

Maximum cutting width CWX: mm

More ...



CoroCut 2

C2R-RS25-RL16DB Tool

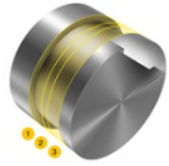
N123L2-0792-0003-GM 4325 Insert

Tool life count TLIFEC: 153 Grooves

Machining time TMF: 00:06.180 min:s

Save for later

Build tool assembly



STEPS: 1

MULTIPLE GROOVING, PRIMARY PASS

Cutting speed VC: 173 m/min

Feed per revolution FN: 0.15 mm

Rotational speed maximum RPMX: 842 1/min

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 14.4 g

Work per component WPC: 0.036 kWh

Show detail

Knowledge

COST EFFICIENCY DATA CUTTING DATA CHANGE CUTTING DATA MACHINING STRATEGY CO₂ EMISSIONS **NEW**

DMS [mm] MACHINED DIAMETER START	NOPAP NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION	AP [mm] DEPTH OF CUT
1 74.12	2	7.92
VC [m/min] CUTTING SPEED	FN [mm] FEED PER REVOLUTION	RPMN [1/min] ROTATIONAL SPEED MINIMUM
1 173	0.15	743
RPMX [1/min] ROTATIONAL SPEED MAXIMUM	VCAVG [m/min] AVERAGE CUTTING SPEED	PPC [kW] CUTTING POWER
1 842	173	9.81
TCCT [s] CUTTING TIME TOTAL	TNCT [s] NON CUTTING TIME TOTAL	
1 4.4	0.216	

Рисунок 2.6 – Фрагмент розрахунку операції точіння канавки чорнове

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ


Арк.

33

EXTERNAL GROOVE

GROOVING EXTERNAL / INDEXABLE

CUTTING DATA



P
260 HB
40XH

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)

25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS: 65.412 mm

Machined diameter end DME: 65.122 mm

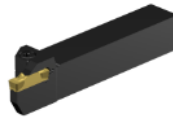
Machined width WIDTHMF: 23 mm

Cutting width CW: mm

Minimum cutting width CWN: mm

Maximum cutting width CWX: mm

More ...



CoroCut 2

C2R-RS25-RL16DB
Tool

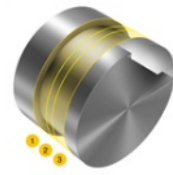
N123L2-0792-0003-GM
4325
Insert

Tool life count TLIFEC: 4880 Grooves

Machining time TMF: 00:00.339 min:s

Save for later

Build tool assembly



STEPS: 1

MULTIPLE GROOVING, PRIMARY PASS

Cutting speed VC: 173 m/min

Feed per revolution FN: 0.15 mm

Rotational speed maximum RPMX: 845 1/min

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC: 0.795 g

Work per component WPC: 0.00199 kWh

Show detail

Knowledge

COST EFFICIENCY DATA CUTTING DATA CHANGE CUTTING DATA MACHINING STRATEGY CO₂ EMISSIONS **NEW**

DMS [mm] MACHINED DIAMETER START	NOPAP NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION	AP [mm] DEPTH OF CUT
1 65.412	2	7.92
VC [m/min] CUTTING SPEED	FN [mm] FEED PER REVOLUTION	RPMN [1/min] ROTATIONAL SPEED MINIMUM
1 173	0.15	842
RPMX [1/min] ROTATIONAL SPEED MAXIMUM	VCAVG [m/min] AVERAGE CUTTING SPEED	PPC [kW] CUTTING POWER
1 845	173	9.81
TCCT [s] CUTTING TIME TOTAL	TNCT [s] NON CUTTING TIME TOTAL	
1 0.137	0.148	

Рисунок 2.7 – Фрагмент розрахунку операції точіння канавки чистове

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

34

EXTERNAL GROOVE

GROOVING EXTERNAL / INDEXABLE

CUTTING DATA



Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)
 25 kW, 4000 1/min

Machined diameter start DMS mm

Machined diameter end DME mm

Machined width WIDTHMF mm

Cutting width CW mm

Minimum cutting width CWN mm

Maximum cutting width CWX mm

[More ...](#)



CoroCut 3

W2011-1616R-WT26 Tool

WT26-R100R15-CD8 WSM23X Insert

Tool life count TLIFEC 4740 Grooves

Machining time TMF 00:00.196 min:s

[Save for later](#)

[Build tool assembly](#)



STEPS **1**

GROOVING

Cutting speed VC 260 m/min

Feed per revolution FN 0.04 mm

Rotational speed maximum RPMX 1270 1/min

CO₂ EMISSIONS

Carbon dioxide emission per component CPC **0.168** g

Work per component WPC **0.000421** kWh

[Show detail](#)

Knowledge

COST EFFICIENCY DATA CUTTING DATA CHANGE CUTTING DATA CO₂ EMISSIONS **NEW**

DMS [mm] MACHINED DIAMETER START	NOPAP NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION	AP [mm] DEPTH OF CUT
1 65.122	1	0.9
VC [m/min] CUTTING SPEED	FN [mm] FEED PER REVOLUTION	RPMN [1/min] ROTATIONAL SPEED MINIMUM
1 260	0.04	1270
RPMX [1/min] ROTATIONAL SPEED MAXIMUM	VCAVG [m/min] AVERAGE CUTTING SPEED	PPC [kW] CUTTING POWER
1 1270	260	0.577
TCCT [s] CUTTING TIME TOTAL	TNCT [s] NON CUTTING TIME TOTAL	
1 0.19	0.006	

Рисунок 2.8 – Фрагмент розрахунку операції точіння канавок під вихід шліфувального круга

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

35

2.7 Розрахунок штучного часу

Основний час на обробку

Обточування чорнове $t_{p1} = 0,167$ хв.

Обточування чистове $t_{p2} = 0,187$ хв.

Точіння канавки чорнове $t_{p3} = 0,07$ хв.

Точіння канавки чистове $t_{p4} = 0,02$ хв.

Точіння канавок $t_{p4} = 0,01$ хв.

Сумарний основний час на операцію

$$t_o = t_{piz} + (t_{зам} + t_n) \cdot n_3,$$

Де: t_p – сумарний час різання

$$t_p = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4} = 0,167 + 0,187 + 0,07 + 0,02 + 0,01 = 0,454 \text{ хв.}$$

$t_{зам}$ – час заміни інструменту $t_{зам} = 0,14$ хв.

t_n – час на підведення інструменту $t_n = 0,11$ хв.

n_3 – кількість заміни інструменту $n_3 = 3$

Тоді:

$$t_o = t_{piz} + (t_{зам} + t_n) \cdot n_3 = 0,454 + (0,14 + 0,11) \cdot 3 = 1,2 \text{ хв.}$$

Розраховуємо загальний допоміжний час

$$t_d = t_{уст} + t_{вим} + t_{зан},$$

Де: $t_{уст}$ – час на встановлення деталі $t_{уст} = 1$ хв.

$t_{вим}$ – час на вивірення деталі $t_{вим} = 0,5$ хв.

$t_{зан}$ – час на запуск виконання програми $t_{зан} = 0,1$ хв.

Тоді: $t_d = t_{уст} + t_{вим} + t_{зан} = 1 + 0,5 + 0,1 = 1,6$ хв.

Розраховуємо оперативний час

$$t_{он} = t_d + t_o = 1,6 + 1,2 = 2,8 \text{ хв.}$$

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

Розраховуємо час на обслуговування робочого місця

$$t_{об} = t_{он} \cdot 4,5\% = 2,8 \cdot 0,045 = 0,126 \text{ хв.}$$

Розраховуємо час на відпочинок за потреби

$$t_n = t_{он} \cdot 4\% = 2,8 \cdot 0,04 = 0,112 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час

$$T_{шт} = t_{он} + t_{об} + t_n$$

$$T_{шт} = t_{он} + t_{об} + t_n = 2,8 + 0,126 + 0,112 = 3,04 \text{ хв.}$$

2.8 Розробка керуючої програми для вертикально фрезерної операції

У ході роботи також була розроблена керуюча програма у Solidworks CAM на верстат VF-3 у спец пристрої також було перевірено доступність інструменту до оброблених поверхонь.

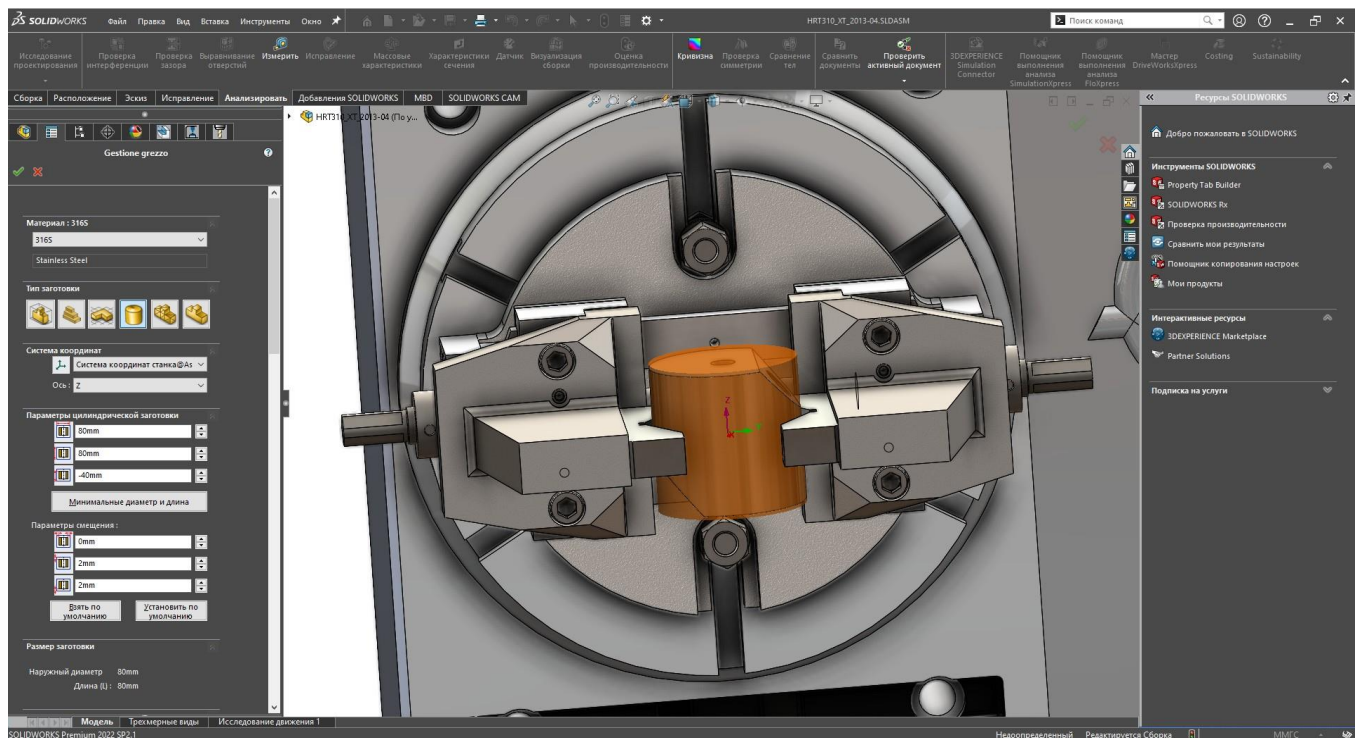


Рисунок 2.9 – Тривимірна схема закріплення заготовки

					Арк.
					37
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

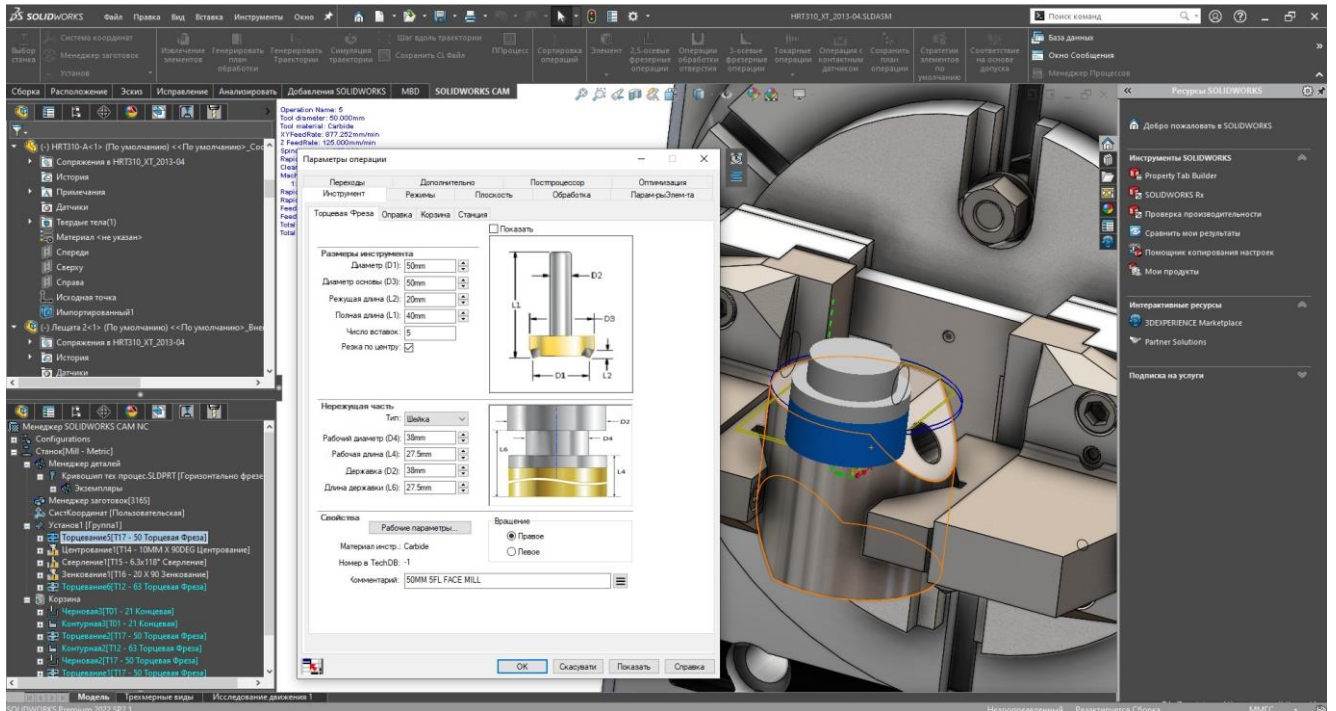


Рисунок 2.10 – Призначення розмірів фрези

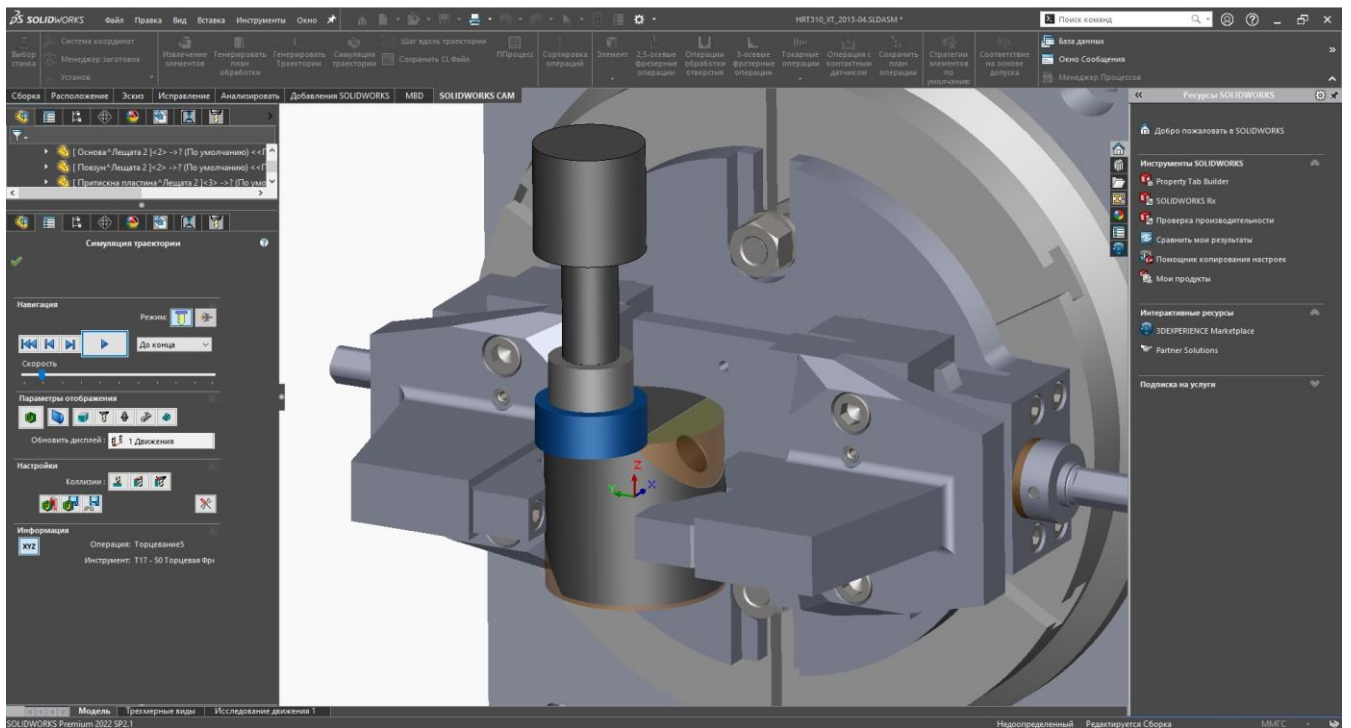


Рисунок 2.11 – Перевірка траєкторії оброблення

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

38

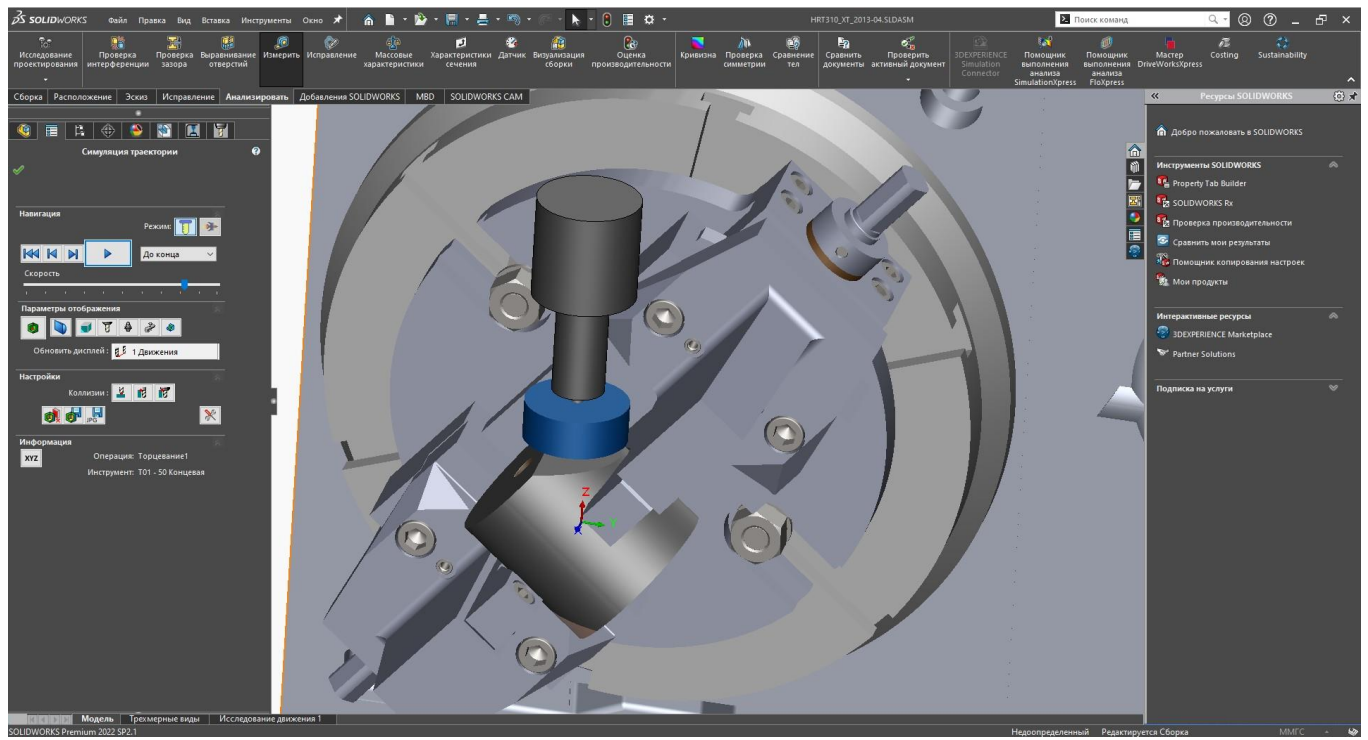


Рисунок 2.12 – Перевірка траєкторії оброблення

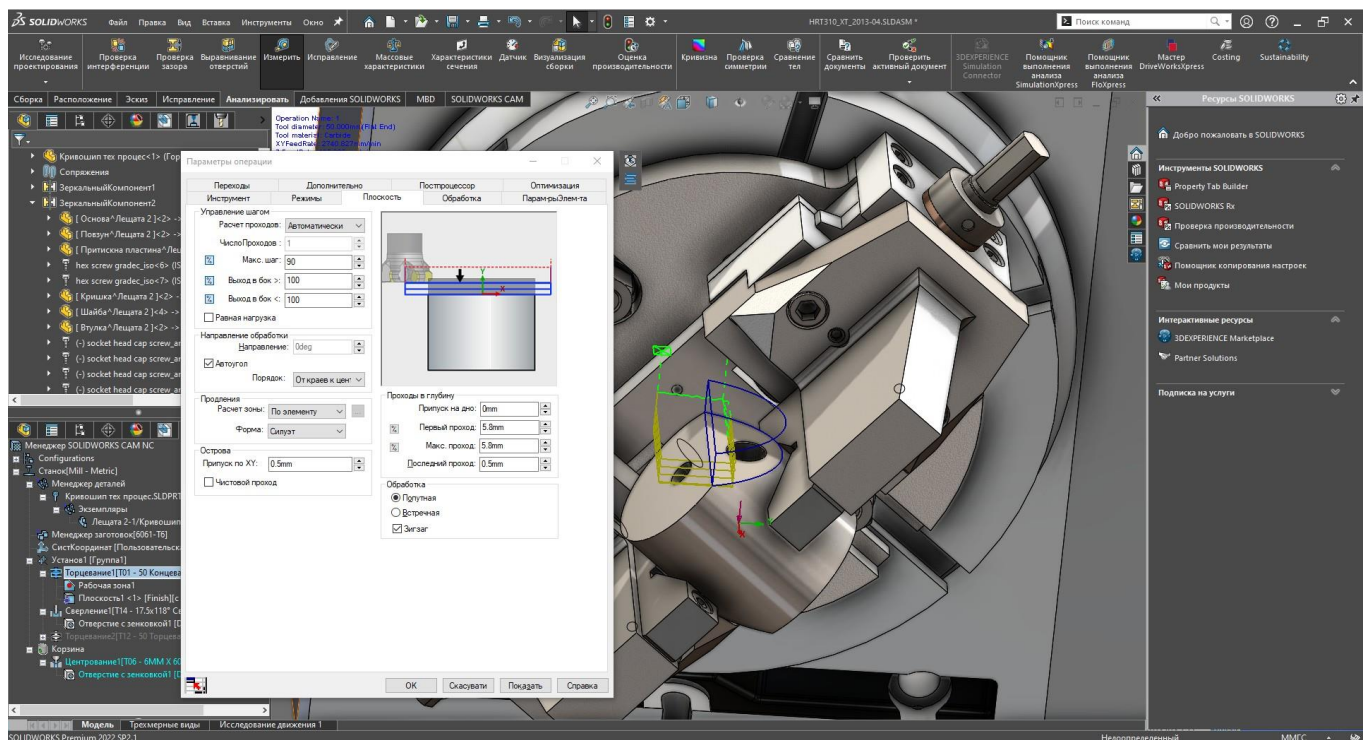


Рисунок 2.13 – Призначення режимів різання

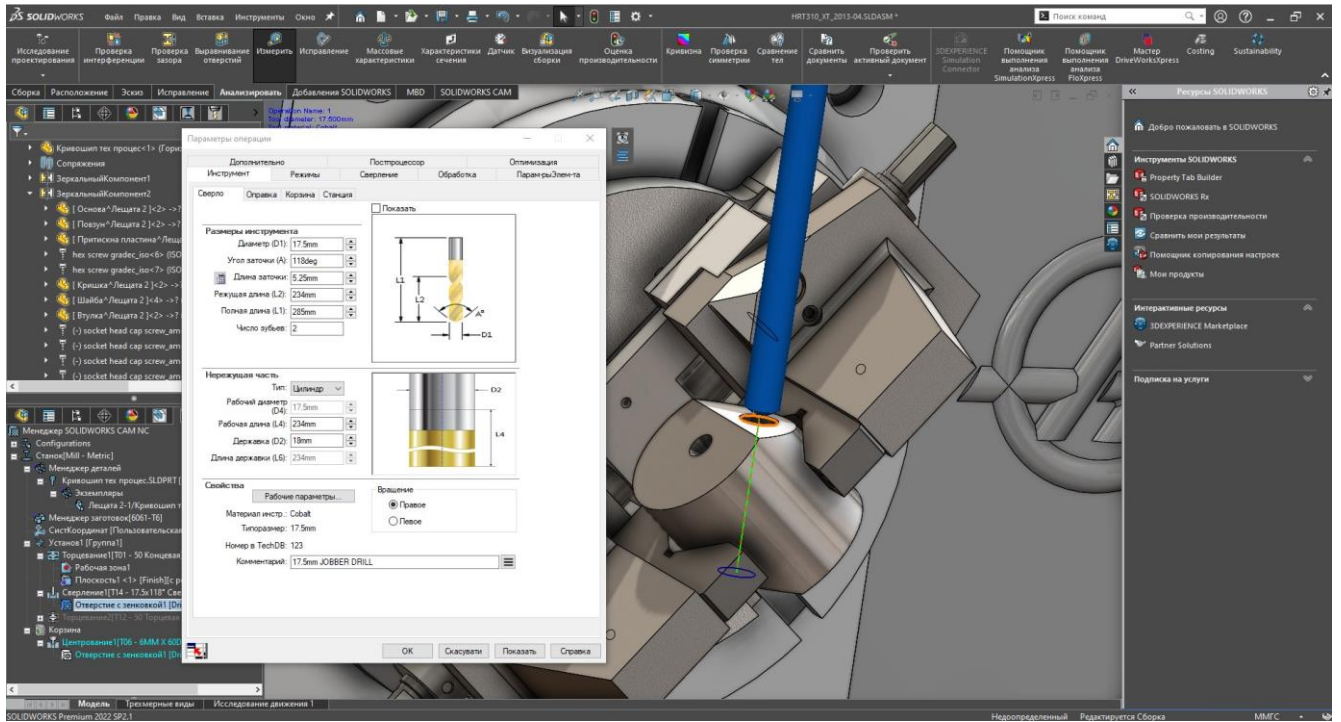


Рисунок 2.14 – Призначення розмірів свердла

```

00001
N1 G21
N2 (S0MM SFL FACE M1LL)
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0
N4 T17 M06
N5 S677 M03

N6 ( *->#F520-855 )
N7 G90
N8 G52 X0 Y0 Z38.
N9 M98 P0002
N10 G52 X0 Y0 Z0
N11 G00 G91 G28 Z0
N12 (10MM X 90DEG CRB SPOT DRILL)
N13 T14 M06
N14 S1901 M03

N15 ( 85-#0-20-851 )
N16 G90
N17 G52 X0 Y0 Z38.
N18 M98 P0003
N19 G52 X0 Y0 Z0
N20 G91 G28 Z0
N21 G28 X0 Y0
N22 M30
O0002
N1 G90 G54 G00 X-80.187 Y-29.558
N2 G43 Z27. H17 M08
N3 Z5.
N4 G01 Z1. F125.
N5 G17 X-27.687 F657.939
N6 X25.342 F877.252
N7 G02 X36.742 Y-17.037 I24.658 J-11.
N8 G03 X39.96 Y-6.59 I-36.742 J17.037
N9 G01 Y0
N10 X-39.99
N11 X-67.49
N12 Y29.558 F127.
N13 X-27.687 F877.252
N14 X25.342
N15 G00 Z5.
N16 X-80.187 Y-29.558
N17 Z4.
N18 G01 Z0 F125.
N19 X-27.687 F657.939
N20 X25.342 F877.252
N21 G02 X36.742 Y-17.037 I24.658 J-11.
N22 G03 X39.96 Y-6.59 I-36.742 J17.037
N23 G01 Y0
N24 X-39.99
N25 X-67.49
N26 Y29.558 F127.
N27 X-27.687 F877.252

N6 ( *->#F520-851 )
N7 G90
N8 G52 X0 Y0 Z55.068
N9 M98 P0002
N10 G52 X0 Y0 Z0
N11 G00 G91 G28 Z0
N12 (17.5mm JOBBER DRILL)
N13 T14 M06
N14 S600 M03

N15 ( 125#;5-851 )
N16 G90
N17 G52 X0 Y0 Z55.068
N18 M98 P0003
N19 G52 X0 Y0 Z0
N20 G91 G28 Z0
N21 G28 X0 Y0
N22 M30
O0002
N1 G90 G54 G00 X-15.57 Y-42.72
N2 G43 Z24.995 H01 M08
N3 Z2.995
N4 G01 Z-4.505 F125.
N5 G17 X35.861 F2740.827
N6 X35.86 Y-8. Z-4.508
N7 X35.02
N8 X34.41
N9 X32.91
N10 X31.84
N11 X29.82
N12 X27.92
N13 X26.91
N14 X24.93
N15 X24.74
N16 X-10.51
N17 G00 Z2.995
N18 X-10.513 Y-9.889
N19 X-15.57 Y-42.72
N20 Z-1.505
N21 G01 Z-8.526 F125.
N22 X35.861 F2740.827
N23 X35.86 Y-8. Z-8.528
N24 X35.82
N25 X34.
N26 X29.15
N27 X24.61
N28 X14.75
N29 X-12.48
N30 G00 Z2.995
N31 X-12.481 Y-12.245
N32 X-15.57 Y-42.72
N33 Z-1.506
  
```

Рисунок 2.15 – Фрагмент керуючої програми

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування лещат що переналагоджуються

Для закріплення деталі на верстаті HAAS VF-3 був спроектований спеціальний пристрій. Конструкція якого була наведена у графічній частині.

Пристрій кріпиться на поворотний стіл моделі HAAS HRS310, це потрібно для того щоб обробити деталь за один установ не втративши у точності базових поверхонь деталі. Пристрій базується по центральному отворі поворотного столу.

Деталь що встановлюється на пристрій затискається дома призмами котрі зв'язані між собою гвинтом з лівою та правою різьбою через дві гайки. Деталь базується по центру поворотного столу, при встановленні у пристрій вивіряється робітником штангенциркулем.

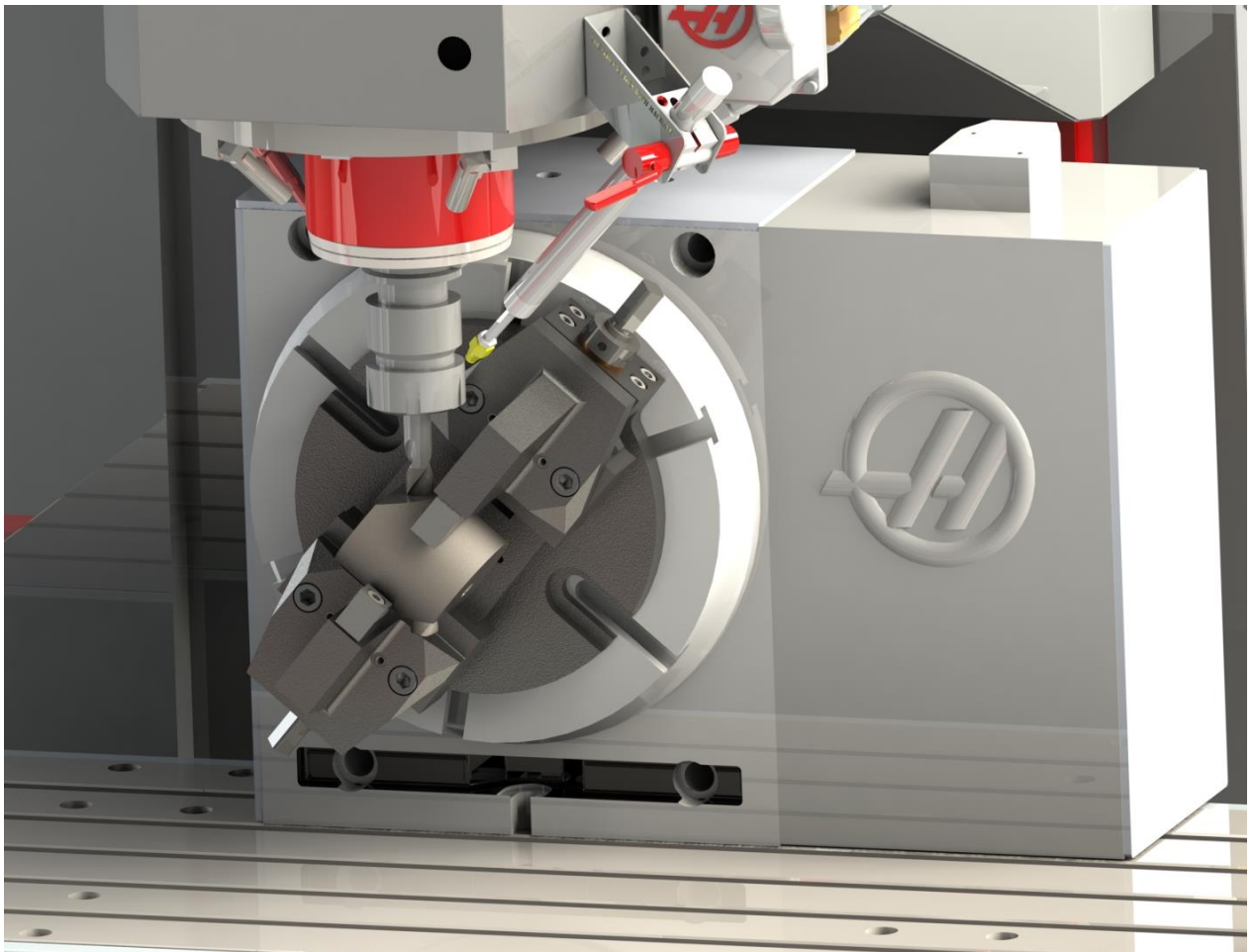


Рисунок 3.1 – Верстатний пристрій операція свердлування

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

41

3.2 Розрахунок верстатного пристрою

Після обрахунку всіх зусиль що діють при обробці у верстатному пристрою було виявлено що максимальне зусилля при обробці на вертикально-фрезерній операції буде свердління отвору $\varnothing 17.5$ мм.

Розраховуємо зусилля при свердлуванні

Крутний момент розраховуємо за формулою

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^Y \cdot K_p; [1, \text{с. 33}]$$

Приймаємо: $S = 0,09 \text{ мм / об.}$ [1, с. 27, т. 25]

$$C_M = 0,0345; q = 2; Y = 0,8; [1, \text{с. 34, т.32}]$$

$$K_p = 1,3; [1, \text{с. 14, т.11}]$$

Тоді:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 17,5^2 \cdot 0,09^{0,8} \cdot 1,3 = 20,11 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Осьова сила розраховуємо за формулою:

$$P_{осв} = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^Y \cdot K_p; [1, \text{с. 33}]$$

Де: $C_P = 68; q = 0,7; Y = 0,7; [1, \text{с. 34, т.32}]$

$$K_p = 1,3; [1, \text{с. 14, т.11}]$$

Тоді:

$$P_{осв} = 10 \cdot 68 \cdot 17,5^{0,7} \cdot 0,09^{0,7} \cdot \frac{980}{750} = 1221,15 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Перед обрахунком сили потрібної для затиску в призмах потрібно знайти зусилля що діють на заготовку в процесі свердлування оскільки осьове зусилля від свердла буде діяти під кутом до призм.

Схема розподілу наведена на рис. 3.2

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

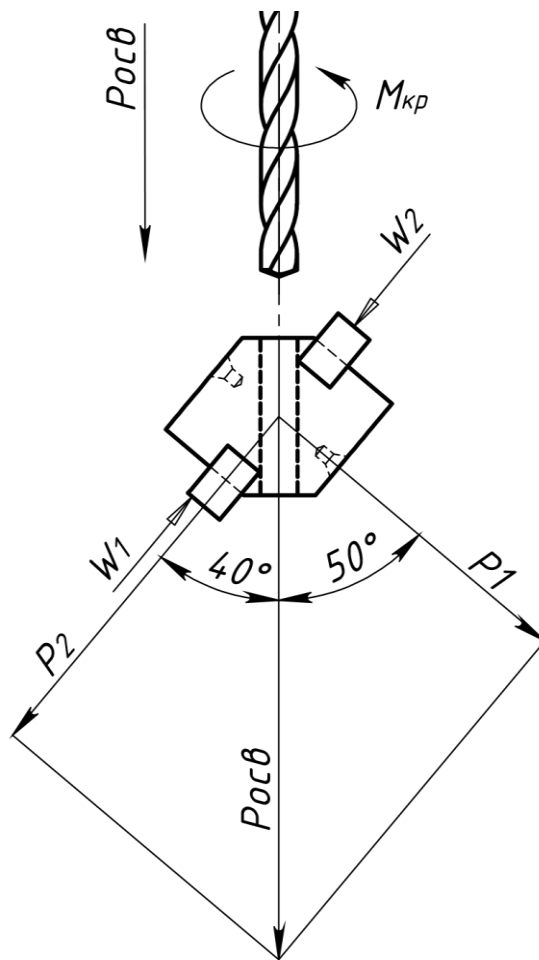


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема розподілу сил при свердлуванні

Знаходимо сили що діють на заготовку.

$$P_2 = P_{осв} \cdot \cos(40^\circ) = 1221,15 \cdot \cos(40^\circ) = 935,46 \text{ Н.}$$

$$P_1 = P_{осв} \cdot \cos(50^\circ) = 1221,15 \cdot \cos(50^\circ) = 784,94 \text{ Н.}$$

Розраховуємо коефіцієнт запасу.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \text{ [8, с. 81]}$$

Де: K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу $K_0 = 1,5$; [8, с. 81]

K_1 – врахування затуплення інструменту $K_1 = 1,2$; [8, с. 81]

K_2 – враховує стан поверхні заготовки $K_2 = 1$; [8, с. 81]

K_3 – враховує ударні навантаження $K_3 = 1$; [8, с. 81]

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

K_4 – враховує тип затиску (ручний, механізований) $K_4 = 1,2$; [8, с. 81]

K_5 – враховує зручність затиску $K_5 = 1$; [8, с. 81]

K_6 – враховує тип контакту сили затиску з заготовкою $K_6 = 1$. [8, с. 81]

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16$$

Сума сил затиску призм $W = W_1 + W_2$ (рис 3.3) буде вираховуватися за формулою.

$$W = \sqrt{\left(\frac{K \cdot M_{кр}}{f \cdot R \cdot \sin\left(\frac{a}{2}\right)} \right)^2 + \left(\frac{K \cdot P_1}{f \cdot \sin\left(\frac{a}{2}\right)} \right)^2} + 2 \cdot P_2,$$

Де: R – радіус у якому затискається заготовка у призмах $R = 40$ мм;

f – коефіцієнт третя сталь по сталі $f = 0,16$;

a – кут призми $a = 120^\circ$.

$$W = \sqrt{\left(\frac{2,16 \cdot 20,11}{0,16 \cdot 40 \cdot \sin\left(\frac{120^\circ}{2}\right)} \right)^2 + \left(\frac{2,16 \cdot 784,94}{0,16 \cdot \sin\left(\frac{120^\circ}{2}\right)} \right)^2} + 2 \cdot 935,46 = 6384,44 \text{ Н.}$$

Розраховуємо діаметр різі

Зовнішній діаметр гвинта можна визначити виходячи з умови міцності

$$D_{рiзi} = 1,13 \sqrt{\frac{W}{[\sigma]_p}}, \text{ [9, с.21]}$$

де $[\sigma]_p$ – допустиме напруження гвинта для. Приймаємо $[\sigma]_p = 150$ МПа.

$$D_{рiзi} = 1,13 \sqrt{\frac{6384,44}{150}} = 7,38 \text{ мм.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ				44

Оскільки пристрій має передбачати можливість оброблення деталей з різним габаритом та різними кутами між оброблюваними поверхнями тому приймаємо різь М20 за для забезпечення можливості оброблення інших деталей.

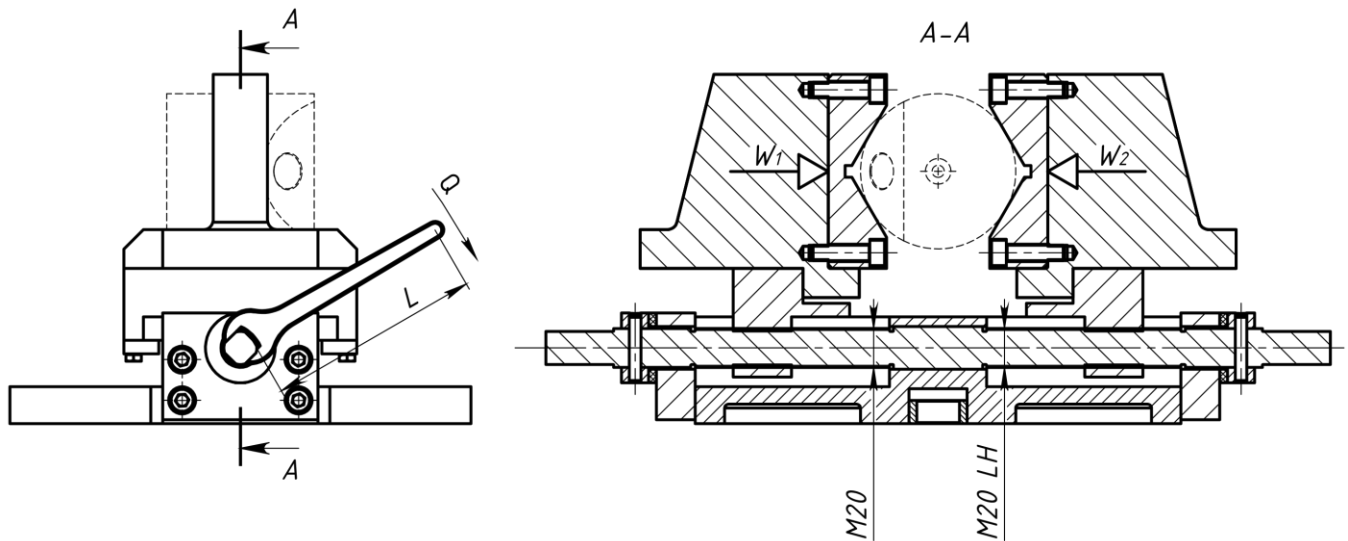


Рисунок 3.3 – Схема верстатного пристрою.

Розрахунок зусилля затиску гайок

$$Q = \frac{W \cdot \left(r_{cp} \cdot \tan(a^\circ + \varphi_{np}^\circ) + \frac{1}{3} \cdot f \cdot \frac{D_{306}^3 - D_{\theta H}^3}{D_{\theta H}^2 - D_{306}^2} \right)}{L}, [7, \text{с. 74}] [8, \text{с. 109}]$$

Де: $L_{руч}$ – довжина рукоятки ключа $L = 140 \text{ мм}$;

r_{cp} – радіус різі середнього діаметру гвинта. Для різьби М20 приймаємо $r_{cp} = 9,25 \text{ мм}$;

a° – кут підйому різі

$$\text{tg}(a^\circ) = \frac{P \cdot n}{\pi \cdot d_{cp}}, [8, \text{с. 109}]$$

Де: P – крок різьби;

n – кількість заходів різі;

d_{cp} – середній діаметр різьби.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

$$\operatorname{tg}(a^\circ) = \frac{2,5 \cdot 1}{\pi \cdot 17,5} = 0,045 \approx 2,5^\circ;$$

φ° – зведений кут тертя різі для метричної різі

$$\varphi_{np} = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\beta}{2}}, [8, \text{ с. } 109]$$

Де: f – коефіцієнт тертя у гайці. Приймаємо $f = 0,1$; [8, с. 109]

β – кут метричної різі $\beta = 60^\circ$. [8, с. 109]

$$\varphi_{np} = \operatorname{arctg} \frac{0,1}{\cos \frac{60^\circ}{2}} \approx 6,5^\circ;$$

f – коефіцієнт тертя. Приймаємо: $f = 0,16$;

$D_{зов}$ – зовнішній діаметр різі. Приймаємо $D_{зов} = 19,026 \text{ мм}$;

$D_{вн}$ – внутрішній діаметр різі. Приймаємо $D_{вн} = 18,376 \text{ мм}$;

$$Q = \frac{6384,44 \cdot \left(9,25 \cdot \tan(2,5^\circ + 6,5^\circ) + \frac{1}{3} \cdot 0,16 \cdot \frac{19,026^3 - 18,376^3}{19,026^2 - 18,376^2} \right)}{140} = 158,77 \text{ Н.}$$

Оскільки згідно з вимогами техніки безпеки силу яку може прикладати людина не може перевищувати $158,77 \geq 160 \text{ Н}$, то можна вважати розрахунок вірним.

Також було проведено дослідження в SOLIDWORKS Simulation, завдяки яким ми можемо перевірити вірність нашого обрахунку та оцінити роботу усієї конструкції в цілому.

Це дослідження включає аналіз напружень, деформацій та переміщень що дозволяють виявити потенційні слабкі місця конструкції та внести необхідні корективи ще на етапі проектування.

Для початку перевіряємо розподіл зусиль що діють на заготовку в процесі обробки які ми обраховували вище.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

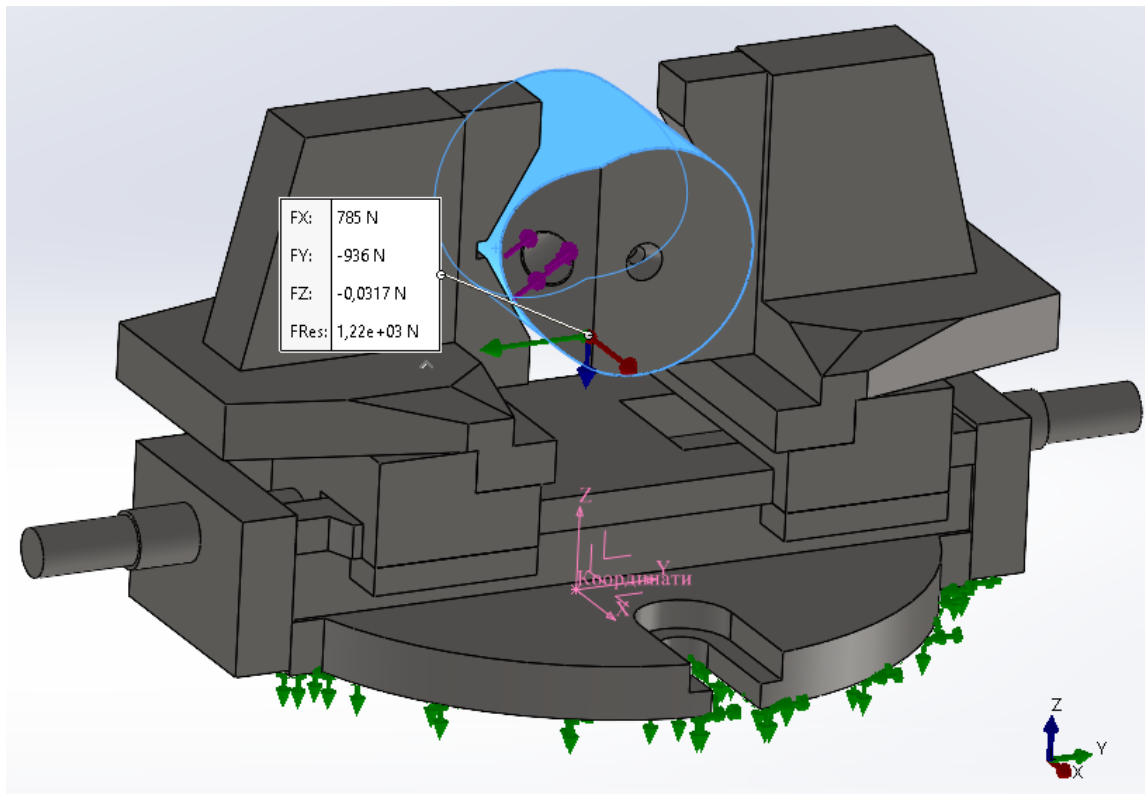
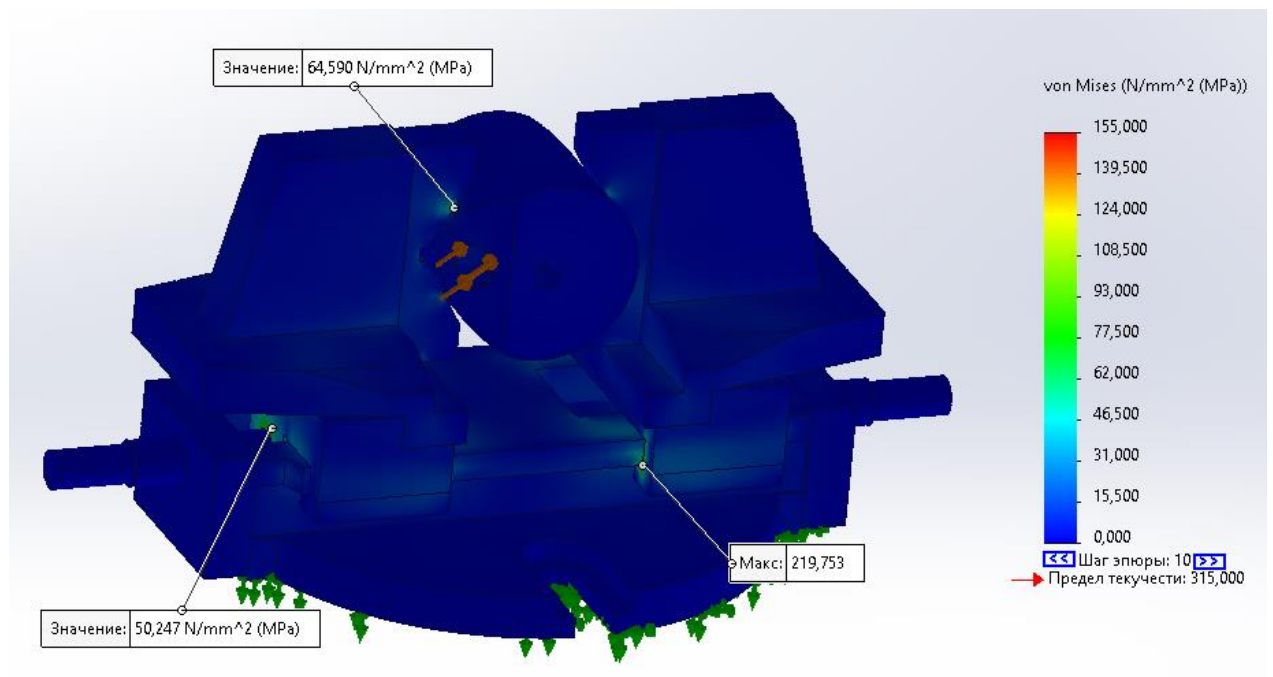


Рисунок 3.4 – Фрагмент розподілу зусиль у заготовці
 Як ми бачимо зусилля зійшлися з розрахунковими.
 Перевіряємо пристрій на міцність



Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Рисунок 3.5 – Епюра розподілу напружень, що діють при обробленні заготовки

Матеріал з якого виготовляється пристрій S355J2 аналогом якого є 17ГС ця сталь є оптимальною для виготовлення металевих конструкцій та виробів машинобудівного призначення. Межа плинності матеріалу $\sigma_T = 315 \text{ МПа}$. максимальне зусилля що виникає під час оброблення $\sigma_{\max} = 219 \text{ МПа}$. оскільки це зусилля концентрується на кромці та між трьома контактуючими тілами знаходиться лише на одному то можна сказати що воно утворилося через невірний розподіл напруження у сітці, цим напруженням можна нехтувати. Тоді максимальне реальне напруження, що буде виникати буде рівнятися $\sigma_{\max} = 108 \text{ МПа}$. що врази менше межі плинності.

Також нас цікавлять переміщення заготовки чи вірно ми розрахували силу затиску

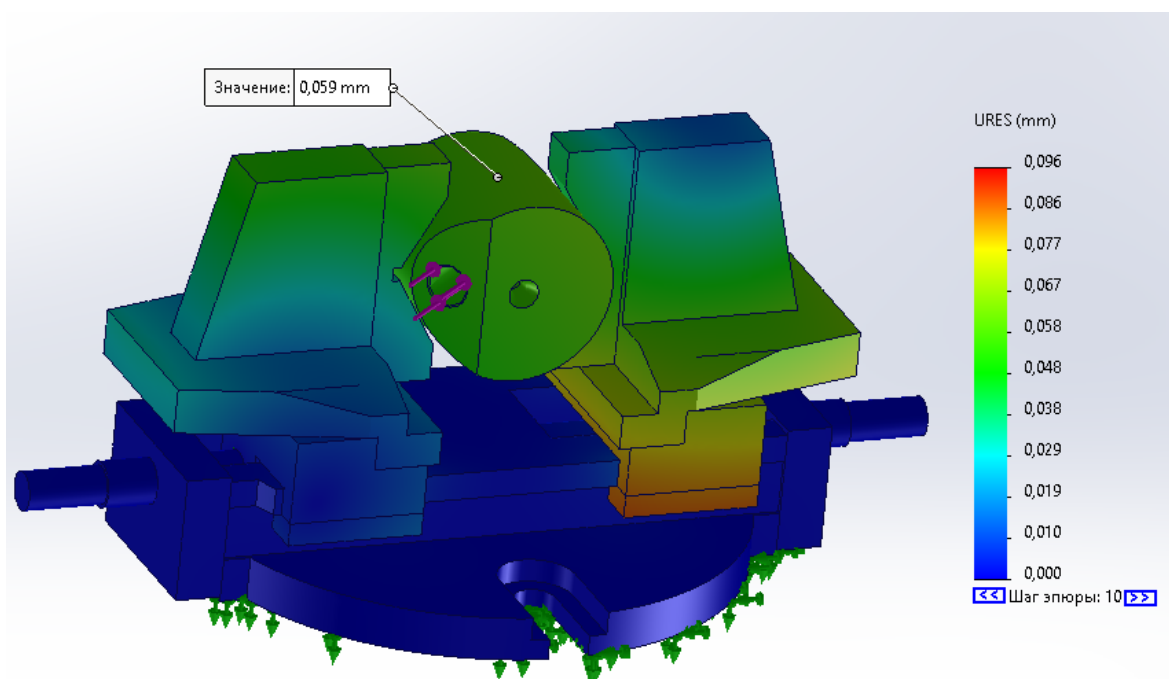


Рисунок 3.6 – Епюра переміщень при обробленні заготовки

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

48

Максимальне переміщення заготовки 0,059 мм. це є дуже малим показником тому можна вважати що сили затиску достатньо для виконання умови рівноваги.

3.2 Проектування оправки для токарної обробки

Для оброблення зовнішньої поверхні була спроектована оправка для затиску деталі у токарному патроні оскільки ця поверхня у подальшому використовується як база для довбання шпонкового паза.

Оправка встановлюється у токарний патрон після чого на оправку встановлюється деталь по точному отворі $\text{Ø}18\text{H}7$ та затискається гайкою.

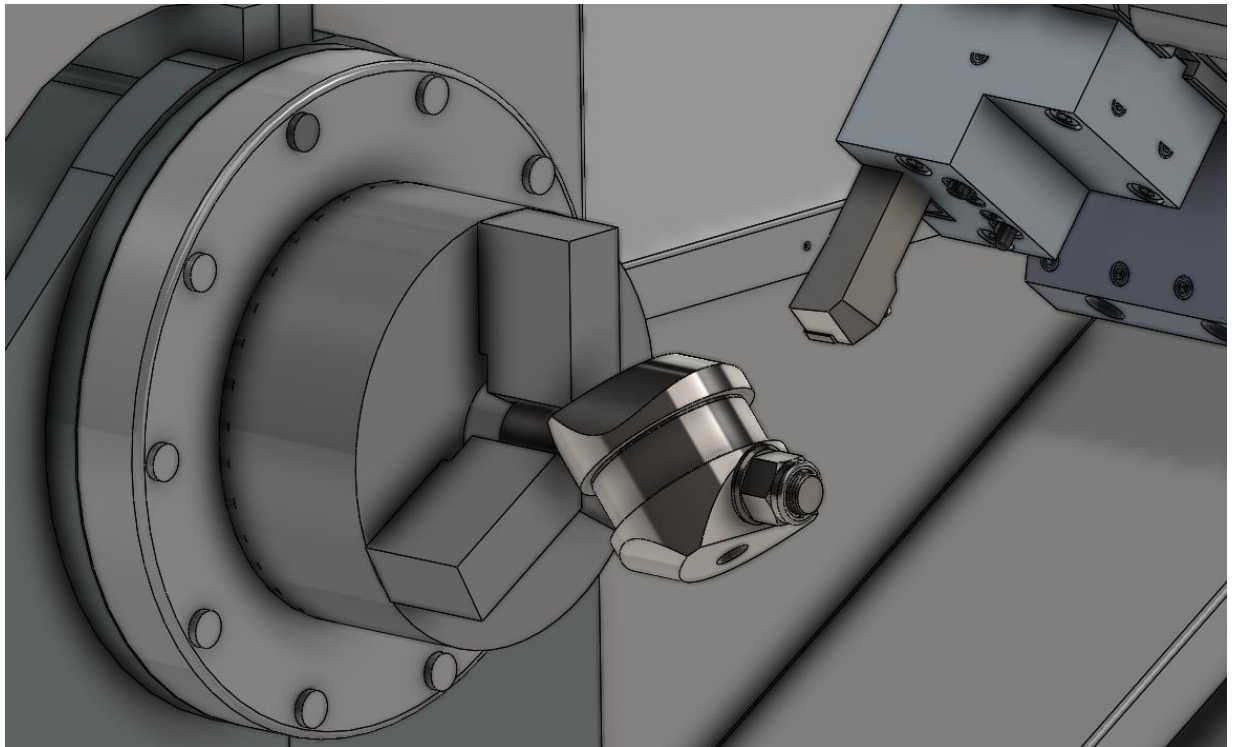


Рисунок 3.7 – Оправка операція точіння

3.3 Розрахунок оправки

Розрахунок режимів різання

Вибираємо різець токарний – DSBNR 2525M 15

Зі зміною пластинкою – SMNG 15 06 16-PR 4425

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

49

Характеристика вибраного різця:

$$\varphi = 75^\circ; a = 0^\circ; bxh = 25x25;$$

$$\varphi_1 = 15^\circ; \lambda = -6^\circ; r = 0,5 \text{ мм.}; \gamma = 10^\circ.$$

Глибина різання

$$t = 2,7 \text{ мм.}$$

Подача

$$S = 0,5 \text{ мм / об.}$$

Швидкість різання визначається за формулою

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V \text{ м / хв, [1, с. 16]}$$

Де: $C_V = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,35$ [1, с. 20, т. 19]

$$T = 60 \text{ хв. [1, с. 16]}$$

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{iV} \cdot K_{Ti} \cdot K_{T\theta} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{\varphi V1} \text{ [1, с. 21]}$$

Де: $K_{nV} = 0,9$; [1, с. 12, т. 7]

$$K_{iV} = 2,2$$
; [1, с. 12, т. 8]

$$K_{Ti} = 1$$
; [1, с. 13, т. 9]

$$K_{T\theta} = 1$$
; [1, с. 14, т. 10]

$$K_{\varphi V} = 0,8$$
; $K_{\varphi V1} = 0,97$. [1, с. 22, т. 20]

$$K_{mV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \text{ [1, с. 9, т. 3]}$$

Де: $K_r = 0,9$; $n_V = 0,9$; [1, с. 10, т. 4]

$\sigma_B = 980 \text{ МПа.}$ – межа міцності.

Тоді:

$$K_V = 0,9 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{0,9} \cdot 0,9 \cdot 2,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,97 = 1,08$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,7^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 1,08 = 184,2 \text{ м / хв.}$$

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

$$n = \frac{1000 \cdot 184,2}{\pi \cdot 80} = 732,9 \text{ об / хв.}$$

Знаходимо зусилля різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot V^n \cdot K_p, [1, \text{с. 21}]$$

Де: $C_p = 300$; $X = 1$; $Y = 0,75$; $n = -0,15$. [1, с. 24, т. 23]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, [1, \text{с. 22}]$$

Де: $K_{\varphi p} = 0,94$; $K_{\gamma p} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 0,87$. [1, с. 26, т. 24]

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}, [1, \text{с. 14, т. 11}]$$

Де: $\sigma_B = 980 \text{ МПа}$. – межа міцності.

$$n_p = \frac{0,75}{0,35} = 2,14$$

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,7^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 184,2^{-0,15} \cdot 1,6 = 3514 \text{ Н.}$$

Обраховуємо крутний момент

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot r_{\text{дет}}, [7, \text{с.39}]$$

Де: $r_{\text{дет}}$ радіус оброблюваної поверхні $r_{\text{дет}} = \frac{106}{2} = 53 \text{ мм} = 0,053 \text{ м}$.

Тоді: $M_{\text{різ}} = P_z \cdot r_{\text{дет}} = 3515 \cdot 0,053 = 186,28 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

Розраховуємо коефіцієнти запасу

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

Значення коефіцієнтів були наведені у пункті 3.2

Розраховуємо сили затиску

$$W = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{(a_1 \cdot f + a_2 \cdot f)}, [7, \text{с.39}]$$

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

Де: a_1 – плече сили тертя оправки з деталлю.

$$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2}. [7, \text{с.39}]$$

a_2 – плече сили тертя шайби з деталлю.

$$a_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_3^3 - d_2^3}{d_3^2 - d_2^2}. [7, \text{с.39}]$$

Тоді:

$$a_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{30^3 - 24^3}{30^2 - 24^2} = 13,5 \text{ мм.} = 0,0135 \text{ м.}$$

$$a_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_3^3 - d_2^3}{d_3^2 - d_2^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{30^3 - 24^3}{30^2 - 24^2} = 13,5 \text{ мм.} = 0,0135 \text{ м.}$$

Знаходимо необхідне зусилля затиску

$$W = \frac{K \cdot M_{\text{пиз}}}{(a_1 \cdot f + a_2 \cdot f)} = \frac{1,8 \cdot 186,28}{(0,0135 \cdot 0,16 + 0,0135 \cdot 0,16)} = 15458 \text{ Н.}$$

Розрахунок різі на міцність

$$D_{\text{різи}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{W}{[\sigma]_P}}. [9, \text{с.21}]$$

$$D_{\text{різи}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{15458}{150}} = 11,47 \text{ мм.}$$

Де: $[\sigma]_P$ – допустиме напруження гвинта для. Приймаємо $[\sigma]_P = 150 \text{ МПа}$.

За для забезпечення жорсткості при обробці обираємо найбільшу можливу різь так як посадковий отвір у нас $\text{Ø}18\text{H}7$ то приймаємо різьбу М16.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

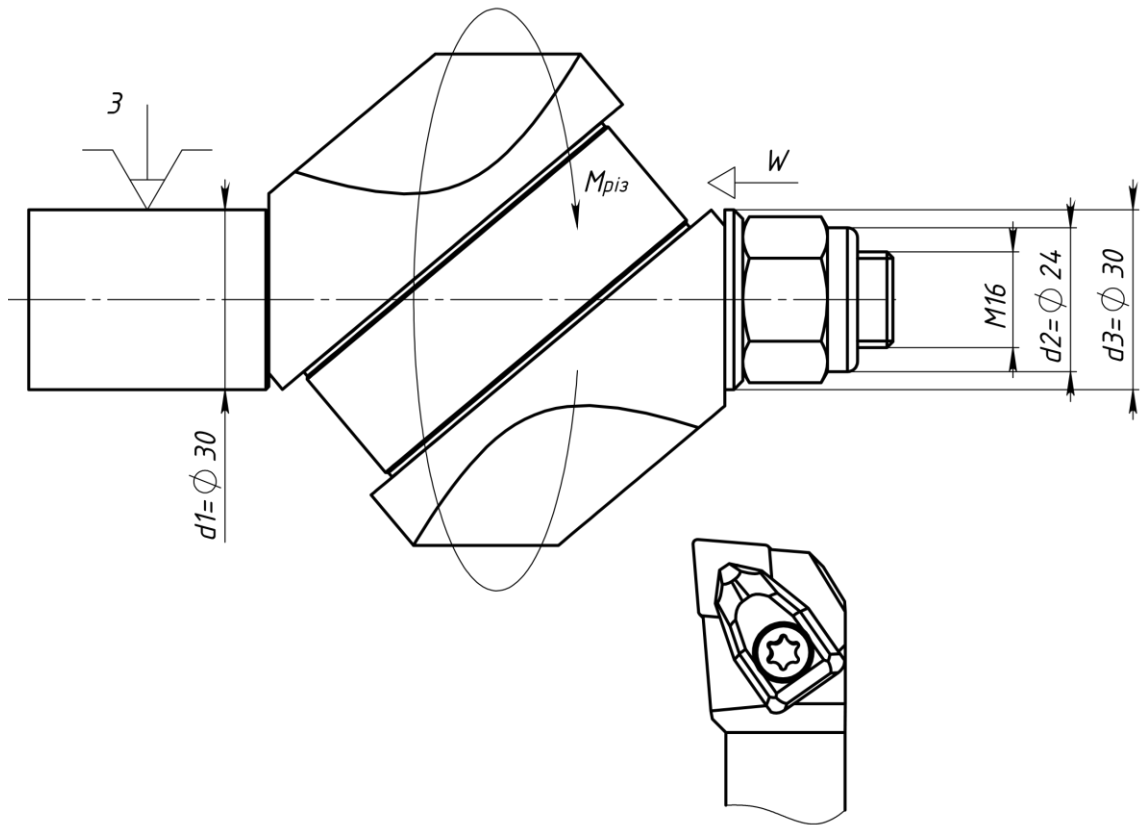


Рисунок 3.8 – Схема оброблення деталі на оправці

Розрахунок зусилля затиску гайки

$$Q = \frac{W \cdot \left(r_{cp} \cdot \tan(a^\circ + \varphi_{np}^\circ) + \frac{1}{3} \cdot f \frac{D_{308}^3 - D_{вн}^3}{D_{вн}^2 - D_{308}^2} \right)}{L}, [7, \text{с. 74}] [8, \text{с. 109}]$$

Де: $L_{руч}$ – довжина рукоятки ключа $L = 220 \text{ мм}$;

r_{cp} – радіус різі середнього діаметру гвинта. Для різьби М20 приймаємо $r_{cp} = 7,5 \text{ мм}$;

a° – кут підйому різі $\text{tg}(a^\circ) = \frac{P \cdot n}{\pi \cdot d_{cp}}$; [8, с. 109]

Де: P – крок різьби; n – кількість заходів різі; d_{cp} – середній діаметр різьби.

$$\text{tg}(a^\circ) = \frac{1,5 \cdot 1}{\pi \cdot 14,5} = 0,03293 \approx 1,8^\circ;$$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

53

φ° – зведений кут тертя різі для метричної різі

$$\varphi_{np} = \arctg \frac{f}{\cos \frac{\beta}{2}}; [8, \text{с. } 109]$$

Де: f – коефіцієнт тертя у гайці. Приймаємо $f = 0,1$; [8, с. 109]

β – кут метричної різі $\beta = 60^\circ$. [8, с. 109]

$$\varphi_{np} = \arctg \frac{0,1}{\cos \frac{60^\circ}{2}} \approx 6,5^\circ;$$

f – коефіцієнт тертя. Приймаємо: $f = 0,16$;

$D_{зов}$ – зовнішній діаметр різі. Приймаємо $D_{зов} = 15,35 \text{ мм}$;

$D_{вн}$ – внутрішній діаметр різі. Приймаємо $D_{вн} = 15,701 \text{ мм}$;

$$Q = \frac{15458 \cdot \left(7,5 \cdot \tan(1,8^\circ + 6,5^\circ) + \frac{1}{3} \cdot 0,16 \cdot \frac{15,35^3 - 14,701^3}{15,35^2 - 14,701^2} \right)}{220} = 158,8 \text{ Н.}$$

Оскільки згідно з вимогами техніки безпеки силу яку може прикладати людина не може перевищувати $158,8 \geq 160 \text{ Н}$ то можна вважати, розрахунок вірним.

3.4 Проєктування пристрою для довбання

Для виконання шпонкового паза був розроблений верстатний пристрій на базі уже існуючого пристрою (розділ 3.1) цей пристрій є модифікований, а саме було змінено основу до якої кріпляться призми та додано пластину з отвором для виходу довбача. Оскільки всі кріпильні отвори залишаються не змінними то пристрій є універсальний його можна переобладнати при необхідності.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

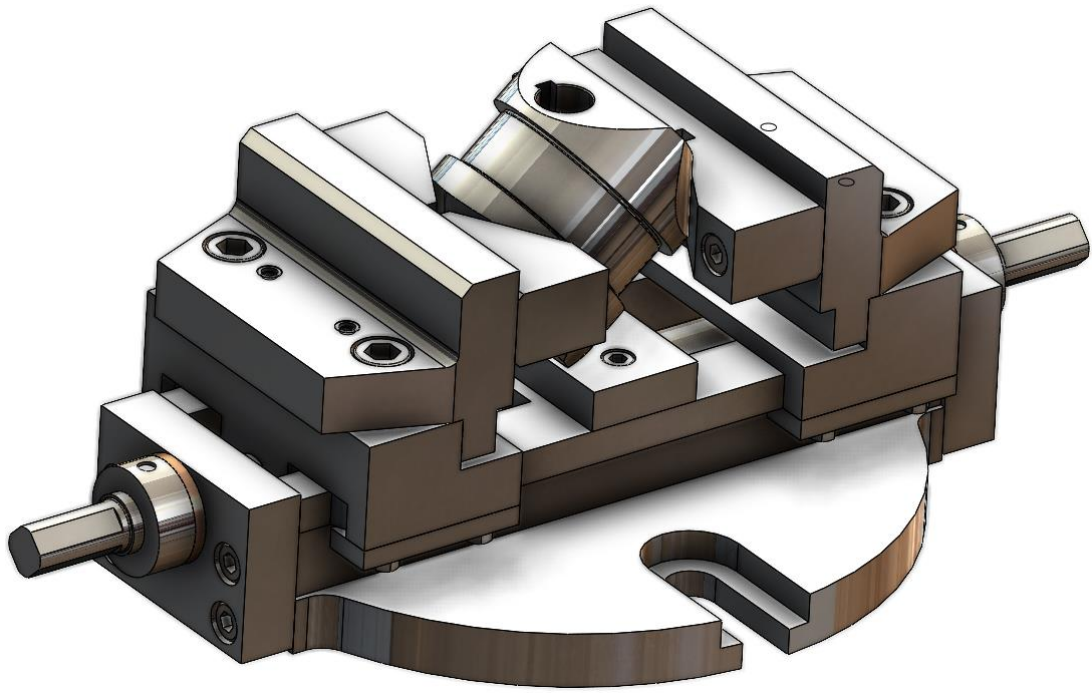


Рисунок 3.9 – Тривимірна модель пристрою для оброблення шпонкових пазів

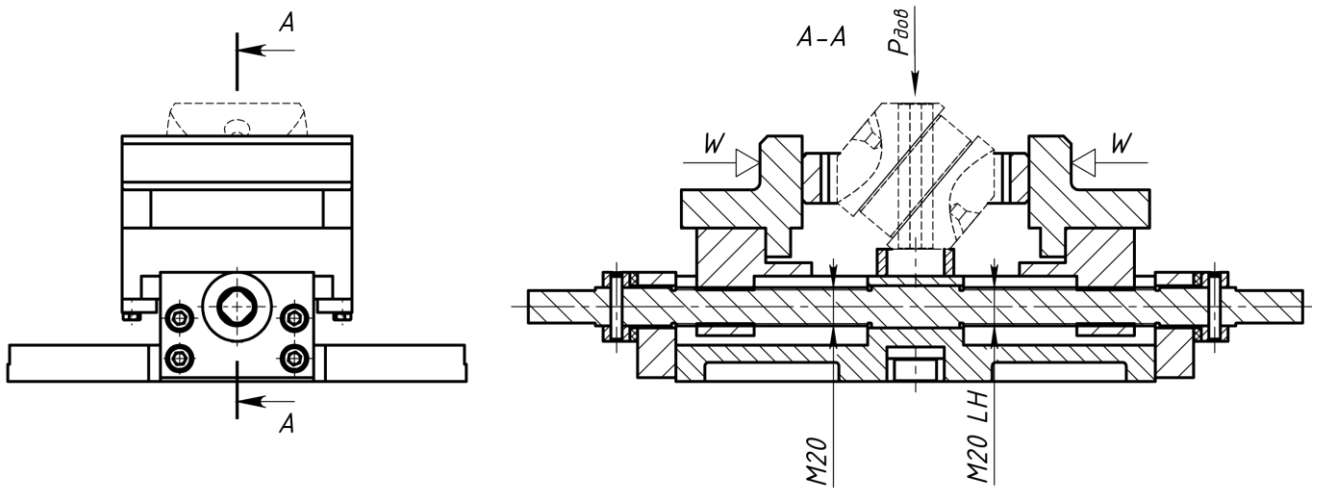


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема пристрою

Розрахунку на силу затиску роботи не потрібно оскільки при довбальні основне зусилля буде напрямлене в сторону нерухомої опори.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

55

3.5 Проектування контрольного інструменту

Граничний калібр є спеціальним інструментом, який використовується для контролю допустимих меж геометричних параметрів деталей виробу. При використанні калібрів фактичні розміри деталей не вимірюються безпосередньо; замість цього, визначається те, чи знаходяться ці розміри в межах, встановлених для припустимих відхилень (зносу). Граничні калібри дозволяють контролювати максимальні та мінімальні допустимі розміри деталей.

Калібри застосовуються для перевірки розмірів різноманітних деталей, таких як гладкі циліндричні, конічні, шліцьові й різьбові елементи, а також виступи, канавки, западини, глухі отвори, уступи та інше. Вони використовуються тоді, коли вимоги до точності розмірів не перевищують шостого класу точності.

За конструктивними особливостями граничні калібри поділяються на пробки (для контролювання внутрішніх розмірів) і скоби (для контролювання зовнішніх розмірів).

Залежно від розміру деталі, який контролюється калібром, калібри поділяються на дві категорії: прохідні та непрохідні.

– Прохідні калібри використовуються для контролю найменших граничних значень внутрішніх розмірів і найбільших граничних значень зовнішніх розмірів деталі.

– Непрохідні калібри використовуються для контролю найбільших граничних значень внутрішніх розмірів і найменших граничних значень зовнішніх розмірів деталі.

За призначенням калібри поділяються на три типи:

– Робочі калібри використовуються для виготовлення, налаштування та випробування виробів під час виробництва.

– Приймальні калібри використовуються під час остаточного приймання виготовленої продукції, щоб визначити її відповідність стандартам.

– Контрольні калібри використовуються для регулярного контролю і підтримки робочих калібрів у межах встановлених норм.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

3.5.1 Проектування калібру-пробки Ø18H7

Визначаємо граничні розміри отвору Ø18H7

$$D_{\max} = D + ES = 18 + 0,018 = 18,018 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 18 + 0 = 18,000 \text{ мм};$$

Допуск на виготовлення калібр-пробки $H = 4 \text{ мкм}$.

Відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідної частини калібр-пробки $Z = 3 \text{ мкм}$.

Допуск на зношення $Y = 3 \text{ мкм}$.

Допуск на контрольні калібри $H_p = 1.5 \text{ мкм}$.

Найбільший розмір нової робочої прохідної калібр-пробки:

$$P_{PP\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2} = 18 + 0,003 + \frac{0,004}{2} = 18,005 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір нової робочої прохідної калібр-пробки:

$$P_{PP\text{вик}} = P_{PP\max} - H = 18,005_{-0,004} \text{ мм};$$

Найменший розмір робочої прохідної спрацьованої калібр-пробки:

$$P_{PP\text{спр}} = D_{\min} - Z = 18 - 0,003 = 17,997 \text{ мм};$$

Найбільший розмір робочої непрохідної калібр-пробки:

$$P_{HE\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 18,018 + \frac{0,004}{2} = 18,020 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір нової робочої непрохідної калібр-пробки:

$$P_{HE\text{вик}} = P_{HE\max} - H = 18,016_{-0,004} \text{ мм};$$

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

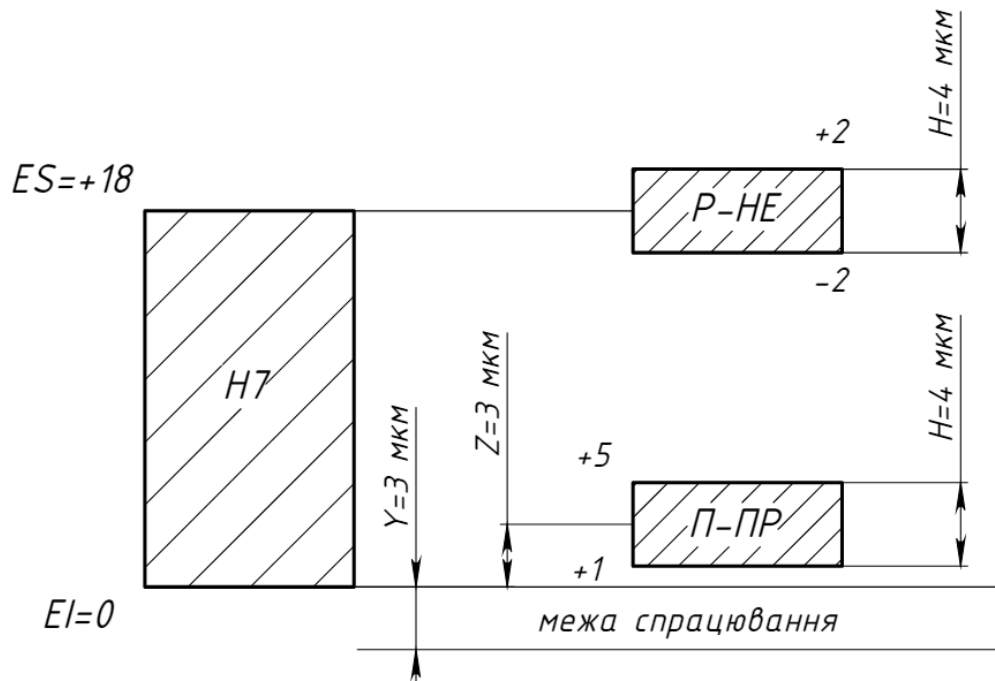


Рисунок 3.11 – Схема розташування поля допуску для калібр-пробки

3.5.2 Проектування калібру-скоби Ø65k6

Визначаємо граничні розміри валу Ø65k6

$$d_{\max} = d + es = 65 + 0,021 = 65,021 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 60 + 0,002 = 65,002 \text{ мм};$$

Допуск на виготовлення калібр-скоби $H_1 = 5 \text{ мкм}$.

Відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідної частини калібр-скоби $Z_1 = 4 \text{ мкм}$.

Допуск на зношення $Y_1 = 3 \text{ мкм}$.

Допуск на контрольні калібри $H_p = 2 \text{ мкм}$.

Найменший розмір нової робочої прохідної калібр-скоби:

$$P_{PP\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 65,021 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 65,0145 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір нової робочої прохідної калібр-скоби:

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

58

$$P_{PP_{\text{вук}}} = P_{PP_{\text{min}}} + H_1 = 65,0145^{+0,005} \text{ мм};$$

Найбільший розмір спрацьованої робочої прохідної калібр-скоби:

$$P_{PP_{\text{ср}}} = d_{\text{max}} + Z_1 = 65,021 + 0,004 = 65,025 \text{ мм};$$

Найменший розмір непрохідної робочої калібр-скоби:

$$P_{HE_{\text{min}}} = d_{\text{min}} - \frac{H_1}{2} = 65,002 - \frac{0,005}{2} = 64,9995 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір нової непрохідної калібр-скоби:

$$P_{HE_{\text{вук}}} = P_{HE_{\text{min}}} + H_1 = 64,9995^{+0,005} \text{ мм};$$

Визначаємо розміри контрольних калібрів для контрольованих розмірів калібр-скоби:

$$K_{PP_{\text{max}}} = d_{\text{max}} - Z_1 + \frac{H_P}{2} = 65,021 - 0,004 + \frac{0,002}{2} = 65,018 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір прохідного контрольного калібру-скоби:

$$K_{PP_{\text{вук}}} = K_{PP_{\text{max}}} - H_P = 65,018_{-0,002} \text{ мм};$$

Найбільший розмір непрохідного контрольного калібру-скоби:

$$K_{HE_{\text{max}}} = d_{\text{min}} + \frac{H_P}{2} = 65,002 + \frac{0,002}{2} = 65,003 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір непрохідного контрольного калібру-скоби:

$$K_{HE_{\text{вук}}} = K_{HE_{\text{max}}} - H_P = 65,003_{-0,002} \text{ мм};$$

Найбільший розмір контрольного калібру для контролю спрацьованої калібр-скоби:

$$K_{C_{\text{max}}} = d_{\text{max}} + Y_1 + \frac{H_P}{2} = 65,021 + 0,003 + \frac{0,002}{2} = 65,025 \text{ мм};$$

Виконавчий розмір контрольного калібру для контролю спрацьованої калібр-скоби:

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

$$KC_{\text{внк}} = KC_{\text{max}} - H_p = 65,025_{-0,002} \text{ мм};$$

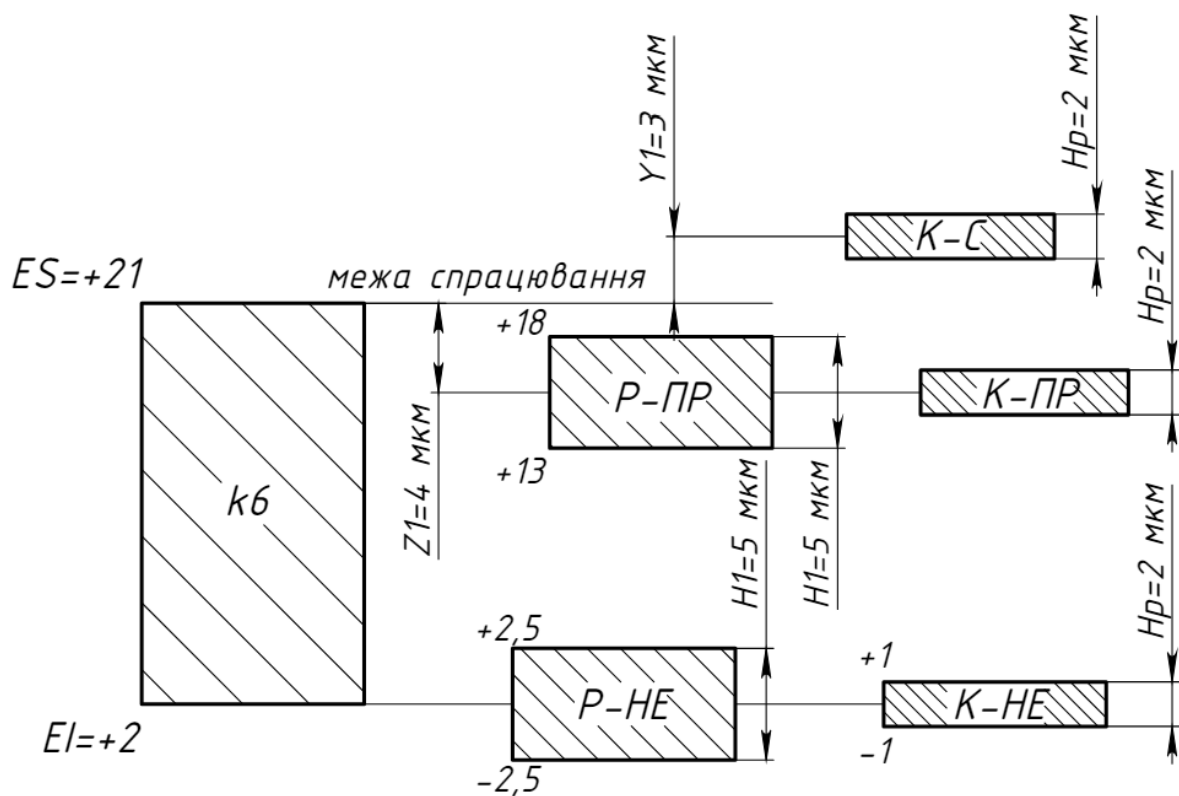


Рисунок 3.12 – Схема розташування поля допуску для калібр-скоби

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ

Арк.

60

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною складовою процесу машинобудування. Забезпечення безпечних умов праці сприяє не тільки збереженню здоров'я та життя працівників, але й підвищенню продуктивності та якості виробничих процесів. У цьому розділі розглядаються основні аспекти охорони праці в машинобудуванні, нормативно-правове регулювання, потенційні ризики та заходи їх мінімізації.

Законодавство України у сфері охорони праці базується на Конституції України та включає низку законодавчих актів, таких як Закон України "Про охорону праці", Кодекс законів про працю України та інші нормативно-правові акти.

Основні положення яких включають:

- Забезпечення прав працівників на безпечні та нешкідливі умови праці.
- Відповідальність роботодавця за створення та підтримання умов, що відповідають встановленим нормам.
- Регулярні перевірки та оцінки умов праці, медичний огляд працівників.
- Навчання та інструктаж працівників щодо безпечного виконання робіт.

4.1 Заходи щодо мінімізації ризиків

Для зниження рівня ризиків та забезпечення охорони праці на підприємствах машинобудування впроваджуються наступні заходи:

1) Технічні заходи

Модернізація обладнання та впровадження новітніх технологій є ключовими аспектами технічних заходів. До них належать:

- Автоматизація виробничих процесів: застосування автоматизованих систем управління, робототехнічних комплексів та іншого сучасного обладнання дозволяє зменшити вплив людського фактору та підвищити безпеку праці.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

– Установлення захисних огорож та пристроїв : використання захисних кожухів, екранів, блокувальних систем на верстатах та іншому обладнанні допомагає уникнути травм при випадкових контактах з рухомими частинами.

– Системи вентиляції та кондиціонування: забезпечення ефективної вентиляції робочих приміщень, встановлення систем кондиціонування повітря для підтримання комфортних температурних умов та видалення шкідливих парів і пилу.

2) Організаційні заходи

Організаційні заходи охоплюють планування робочих місць та організацію робочого процесу таким чином, щоб мінімізувати ризики для працівників:

– Раціональне планування робочих місць: організація простору таким чином, щоб забезпечити зручний доступ до необхідних інструментів та матеріалів, уникнути надмірних фізичних навантажень і зменшити ймовірність аварійних ситуацій.

– Організація робочого часу: регулювання робочого графіку з урахуванням фізіологічних та психологічних потреб працівників, забезпечення достатньої кількості перерв для відпочинку та відновлення сил.

– Регламентування перерв та відпочинку: встановлення чітких правил щодо тривалості та частоти перерв під час робочого дня, особливо для працівників, зайнятих на важких або монотонних роботах.

3) Навчальні заходи

Навчання та підвищення кваліфікації працівників є необхідною умовою для забезпечення високого рівня охорони праці:

– Регулярні інструктажі: проведення вступних, первинних, повторних та позапланових інструктажів з питань охорони праці для всіх працівників, особливо для нових співробітників та тих, що переходять на нові робочі місця.

– Спеціальне навчання: організація курсів з підвищення кваліфікації, тренінгів та семінарів для працівників з особливо небезпечних професій, навчання навичкам надання першої допомоги та дій у надзвичайних ситуаціях.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

– Підготовка керівників та фахівців: навчання керівників підприємств та фахівців з охорони праці новітнім методам управління безпекою та оцінки ризиків.

4.2 Управління охороною праці на підприємствах машинобудування

Ефективне управління охороною праці на підприємствах машинобудування вимагає системного підходу та включає наступні етапи:

– Оцінка ризиків: регулярний аналіз умов праці, ідентифікація потенційних ризиків та небезпек, визначення пріоритетів для їх усунення або мінімізації.

– Розробка політики безпеки: формування стратегії та політики з охорони праці, яка включає цілі, завдання та заходи щодо забезпечення безпеки на робочих місцях.

– Планування заходів: розробка планів заходів з охорони праці, визначення відповідальних осіб, строків виконання та ресурсів, необхідних для реалізації цих заходів.

– Впровадження та контроль: реалізація запланованих заходів, моніторинг та оцінка їх ефективності, коригування планів у разі необхідності.

– Підвищення обізнаності працівників: залучення працівників до процесу управління охороною праці, інформування їх про потенційні ризики та заходи щодо їх мінімізації.

4.3 Висновки

Охорона праці в машинобудуванні є комплексним процесом, який вимагає системного підходу та відповідального ставлення з боку роботодавців та працівників. Впровадження ефективних заходів з охорони праці сприяє підвищенню безпеки на робочих місцях, збереженню здоров'я працівників та покращенню виробничих показників підприємства. Забезпечення безпечних умов праці є важливим завданням, яке потребує постійної уваги та вдосконалення.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту був проведений аналіз деталі на технологічність, розроблено технологічний процес механічного оброблення деталі для перетворювача руху з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). У результаті було досягнуто високої точності та якості виготовлення деталі, що забезпечує стабільну та ефективну роботу вузла "Перетворювач руху". Правильний вибір заготовки та використання верстатів з ЧПК сприяли зниженню собівартості виробництва, підвищенню продуктивності та якості деталі.

У конструкторському розділі були розроблені спеціальні верстатні та контрольні пристрої, які дозволили значно покращити точність і якість оброблення, а також ефективно контролювати дотримання технічних вимог. Використання сучасних методів моделювання та аналізу міцності у програмному середовищі SolidWorks Simulation підтвердило надійність і ефективність розроблених конструкцій.

У розділі з охорони праці за для зменшення ризиків під час виконання робіт були розглянуті потрібні вимоги та заходи, що сприятимуть підвищенню безпеки та якості умов праці персоналу.

Таким чином, впроваджена технологія виготовлення деталі відповідає сучасним вимогам машинобудування, забезпечуючи високу економічну ефективність та конкурентоспроможність підприємства.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Б. Д. Буц / В. Є. Приходько / Ю. В. Ткачов. Розрахунок режимів різання металів: Навчальний посібник. – ДНУ,2005.–76с. Режим доступу: <https://files.fti.dp.ua/wp-content/uploads/tainacan-items/1746/3894/2005-calculation-of-metal-cutting-modes-2022-edition.pdf>

2. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 67 с. Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/Buliga_2019_67.pdf

3. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально–методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

4. Гордеев А.І., Урбанюк Є. А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник. – Хмельницький : ХНУ, 2005.– 294с.

5. Прокат калібрований загальні технічні умови ДСТУ 7807:2015. Режим доступу: https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU2/dstu_7807-2015.pdf

6. Технологія машинобудування: методичні вказівки з курсового проектування для студентів напрямків підготовки “Інженерна механіка” та “Машинобудування” / В.Д. Каразей, Л.В.Присяжний, Ю.В. Савицький .– Хмельницький : ХНУ 2009.– 104с.

7. В. П. Приходько Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв: Навчальний посібник.–КП,2022–89с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/261d53c9-94f4-480e-864a-602dbd5fbd71/content>

8. Приходько В.П., Литвин О.В. – Проектування оснащення верстатів роботів і машин. – Київ: КПІ – 2018. – 212 с. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/items/24d3578c-2209-443e-927a-573bac68e144>

										Арк.
										65
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ					

19. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.

20. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. - Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с.

21. Охорона праці в галузі машинобудування Пістун І.П., Стець Р.Є., Трунова І.О. / навчальний посібник (стереотипне видання) / Університетська книга 2023 – 556 с

22. Охорона праці. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах студентів спеціальності “Інженерна механіка” та “Машинобудування”/ А.А.Нестер, К.А. Паршенко – Хмельницький: ХНУ – 2009.

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		67

ДОДАТКИ

					ДП.ТМ.ФІТА.24.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		68