

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Технологічні особливості виготовлення деталі Кільце ущільнююче»

Виконав: студент(ка) // курсу, групи М-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Макашов Д.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник Логомінов В.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Обдур В.Д.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технологія машинобудування
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри С.І. Дядя
« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

- Макашова Данила Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проєкту (роботи) Технологічні особливості виготовлення деталі Кільце ущільнююче
- керівник проєкту (роботи) Логомінов В.О., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » 12 2020 року № 369
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі; річна програма випуску N=7000 шт
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Розрахунок деталі на міцність; 4 Автоматизація використання свердлильних головок для одночасного свердління декількох отворів; 5 Спеціальне завдання. Корозія, її форми та методи її запобігання; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів; 7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення проектування операцій в модулі NX CAM; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; лист автоматизації та листи до спецзавдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
<i>1-6</i>	<i>доцент Логомінов В.О.</i>		
<i>7</i>	<i>доцент Шмирко В.І.</i>		
<i>нормоконтроль</i>	<i>Степанов Д.М.</i>		

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
<i>1</i>	<i>Технологічна частина</i>	<i>24.09.2020</i>	
<i>2</i>	<i>Конструкторська частина</i>	<i>09.10.2020</i>	
<i>3</i>	<i>Розрахунок деталі на міцність</i>	<i>16.10.2020</i>	
<i>4</i>	<i>Автоматизація використання свердлильних головок для одночасного свердління декількох отворів</i>	<i>24.10.2020</i>	
<i>5</i>	<i>Спецзавдання. Корозія, її форми та методи її запобігання</i>	<i>06.11.2020</i>	
<i>6</i>	<i>Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів</i>	<i>12.11.2020</i>	
<i>7</i>	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>19.11.2020</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>27.11.2020</i>	
<i>9</i>	<i>Нормоконтроль і рецензія</i>	<i>02.12.2020</i>	
<i>10</i>	<i>Захист дипломного проєкту</i>	<i>11.12.2020</i>	

Студент(ка)

_____ Макашов Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Логомінов В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 142 с.; 58 рис.; 9 таб.; 6 дод.; 15 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВЕРСТАТ, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, КІЛЬЦЕ УЩІЛЬНЮЮЧЕ, КОРОЗІЯ, МІЦНІСТЬ, ОПЕРАЦІЯ, ПНЕВМОЦИЛІНДР, ПРИСТОСУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЧПУ.

Об'єкт дослідження – кільце ущільнююче.

Мета магістерської роботи – покращити технологічний процес виготовлення деталі базуючись на вже існуючому варіанті технологічного процесу.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерському проєкті розроблено технологічний процес по виготовленню деталі кільце ущільнююче, було підібрано обладнання, а також інструмент, було прораховано режими різання з нормами часу, до того ж спроектоване робоче та контрольне пристосування, запропоновано було автоматизацію з використанням свердлильних головок для одночасного свердління декількох отворів, було розроблено спецзавдання за темою «корозія, її форми та методи її запобігання» також було передбачено заходи безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	22
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	26
1.6 Розрахунок режимів різання	32
1.7 Технічне нормування операцій	51
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ	56
1.8.1 Розробка токарної операції 025	58
1.8.2 Розробка свердлильної операції 040	60
1.8.3 Розробка фрезерної операції 050	62
2 Конструкторська частина	64
2.1 Проектування робочого пристосування	64
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	64
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	65
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	66
2.2 Проектування контрольного пристосування	70
3 Розрахунок деталі на міцність	74

3.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції.....	79
3.3 Оптимізація геометрії деталі	82
4 Автоматизація	83
Використання свердлильних головок для одночасного свердління декількох отворів.....	83
5 Спеціальне завдання.....	87
5.1 Корозія та її сутність.....	87
5.2 Форми корозії	89
5.2.1 Рівномірна корозія (неглибока точкова корозія).....	89
5.2.2 Точкова корозія.....	91
5.2.3 Щілинна корозія.....	92
5.2.4 Розтріскування, викликане впливом середовища	94
5.2.5 Міжкристалічна (міжзернова) корозія.....	95
5.2.6 Гальванічна (контактна) корозія	97
5.3 Корозія і антикорозійний захист вуглецевої сталі	98
5.3.1 Фосфатування.....	99
5.3.3 Гаряче цинкування.....	100
5.3.4 Безперервне гаряче цинкування	101
5.3.5 Дифузійне цинкування (термічна дифузія).....	102
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів....	105
7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	111
Висновок	119
Перелік посилань	120
ДОДАТОК А	123
ДОДАТОК Б	125
ДОДАТОК В.....	126
ДОДАТОК Г	129
ДОДАТОК Д	135
ДОДАТОК Е.....	138

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГКМ	Горизонтально – кувальна машина
ЗВ	Засоби вимірювання
ЗОТС	Змашуючо-охолоджуюче технічне середовище
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
КГШП	Кривошипно горячештамповочний прес
КРН	Корозійне розтріскування під напругою
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
МЦХ	Масово-центровані характеристики
НДС	Напружено–деформований стан
ОК	Об’єкт контролю
ТП	Технологічний процес
ХТО	Хіміко–термічна обробка

ВСТУП

У магістерському дипломному проєкті на тему «Технологічні особливості виготовлення деталі Кільце ущільнююче» розробляється технологічний процес обробки в умовах серійного виробництва.

Метою проєкту є впровадження більш кращого обладнання, нових методів техніко-економічного аналізу, розробка технологічного забезпечення та поліпшення якості продукції при мінімальних витрат.

Технологія машинобудування - наукова галузь, що вивчає та встановлює закономірності, що діють у процесі машинобудування. Знання таких закономірностей необхідно для створення сучасних деталей при допомозі автоматизованих систем проєктування.

Всі такі заходи сприяють підвищенню техніко-економічної ефективності виробництва, зменшенню матеріаломісткості, витрат на інструменти, збільшенню кількості та якості продукції, зниженню витрат, підвищенню рівня виробництва та продуктивності процесу.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Кільце ущільнююче» (рисунок 1.1) має найбільш високу надійність герметизації, достатню довговічність і служить для перерозподілу температур та тиску між ступенями ротору. Кільце ущільнююче стоїть між двома дисками в роторі.

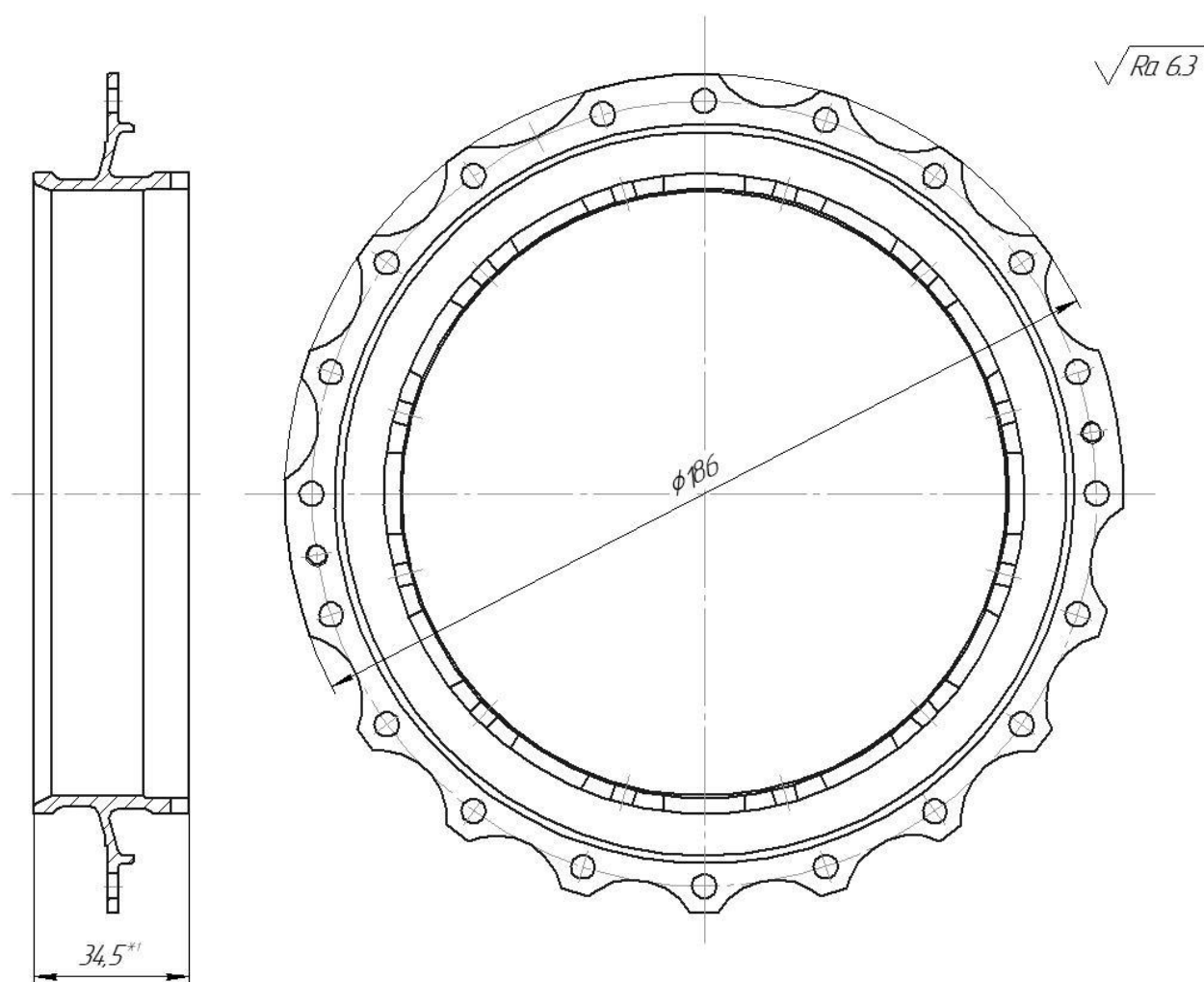


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі.

Дана деталь виготовлена з конструкційної легованої сталі 30ХН2МФА–

В якості заміни́ка даного матеріалу служить сталь 30ХН2ВФА. Вид поставки – сортовий прокат, в тому числі й фасонний: ГОСТ 4543–71, ГОСТ 2590–71, ГОСТ 2879–69. Калібрований пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78. Шліфований пруток ГОСТ 4543-71. Сму́га ГОСТ 103-76. Поковки та ковані заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70. Хімічний склад сталі (ГОСТ 4543–71) вказаний в табл. 1.1. Механічні властивості сталі 30ХН2МФА вказані в таблицях 1.1–1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад, % сталі 30ХН2МФА ГОСТ 4543-71

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	P	S	Cu
							не більше		
0,27 - 0,34	0,30 - 0,60	0,17 - 0,37	0,60 - 0,90	2,00 - 2,40	0,20 - 0,30	0,10 - 0,18	0,025	0,025	0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 30ХН2МФА

ГОСТ	Стан поставки, режими термообробки	Переріз, мм	σ _{0,2}	σ _B	δ _B	ψ	KCU, Дж/см ²	HB (HRC _э) не більше
			МПа		%			
			не більше					
4543-71	Пруток. Закалка 860°С, повітря	25	785	880	10	40	88	-
8479-70	Поковки.	100–300	490	655	13	40	54	212–248
	Закалка. Відпуск	300–500	490		12	35	49	212–248
-	Пруток. Закалка 850°С, мастило. Відпуск 200°С, повітря	15	1470	1710	11	50	58	49

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

В залежності від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технологічних та економічних умов здійснення виробничого процесу всі різноманітні виробництва умовно поділяються на три основних типи: одиничне, серійне та масове. У кожного з цих типів виробничий та технологічний процеси мають свої характерні риси, та кожному з них притаманна певна форма організації праці.

На даному етапі проектування складно визначити тип виробництва, тому було проведено визначення типу виробництва за виробничою програмою та масою деталі.

Враховуючи масу деталі $m = 0,516$ кг та річну програму випуску $N = 7000$ штук, тип виробництва був прийнятий багатосерійним [1].

Форми організації технологічних процесів згідно ГОСТ 14312–74 залежить від встановленого порядку виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

Для багатосерійного типу виробництва найбільш зручно було б використовувати змінно-потокową форму організації виробництва, при якій деталі надходять на ділянку партіями, але обробка їх здійснюється поточним методом.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Порівнюємо два методи виготовлення штампованих заготовок за допомогою ГKM (горизонтально - кувальна машина) та КГШП (кривошипно горячештамповочний прес). Ескізи заготовок зображені на рисунках 1.2, 1.4.

Спосіб отримання: КГШП.

Клас точності – Т3 [2, с.58 таб.5.13].

Невказані ухили 3-7 мм, радіуси R3.

Маса заготовки Q=1,783 кг.

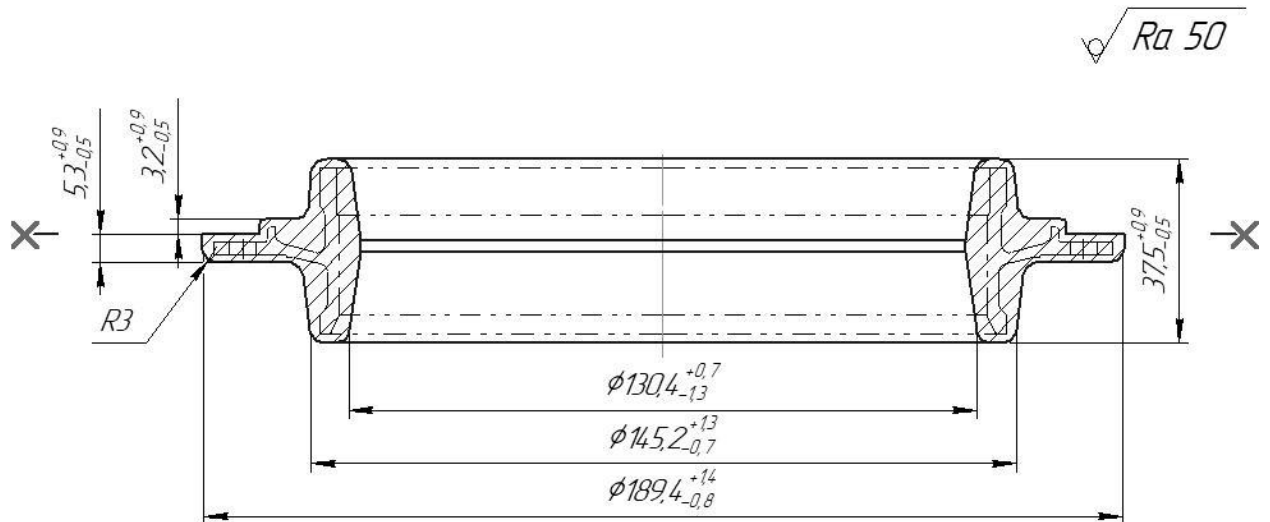


Рисунок 1.2 - Ескіз КГШП заготовки

Маса заготовки була визначена при допомозі програмного забезпечення КОМПАС (рис.1.3). МЦХ – це масово-центровочні характеристики моделі деталі.

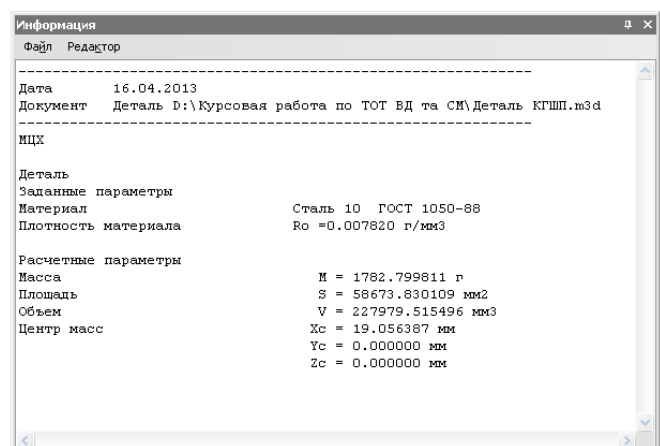
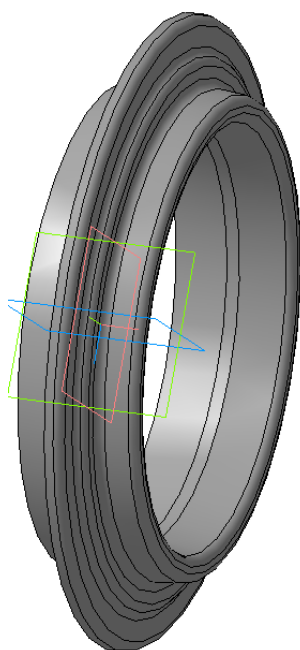


Рисунок 1.3 – Модель та МЦХ КГШП заготовки

Маса КГШП заготовки $m_3 = 1,716$ кг.

Спосіб отримання: ГKM.

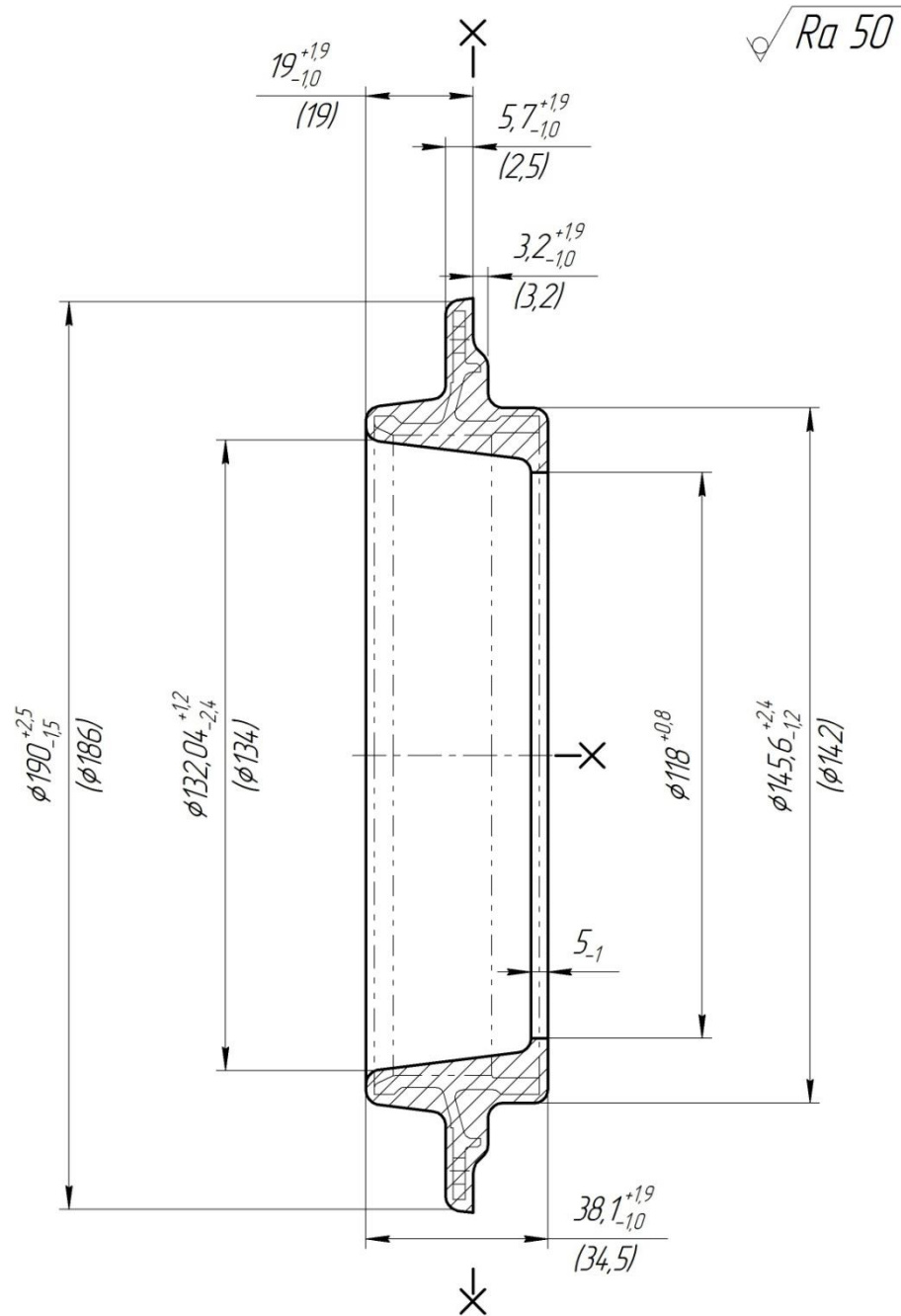
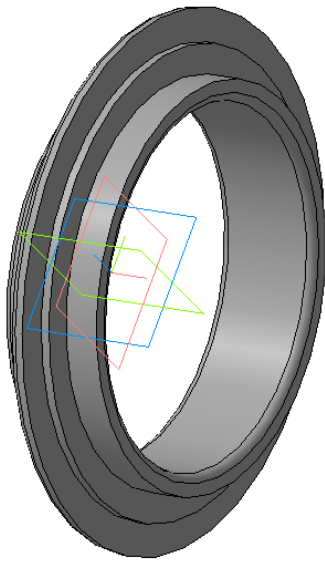


Рисунок 1.4 – Ескіз ГKM заготовки

Маса заготовки була визначена при допомозі програмного забезпечення КОМПАС (рис.1.5).



Информация	
Файл	Редактор
Дата	16.04.2013
Документ	Деталь D:\Курсовая работа по ТОТ ВД та СМ\Деталь ГKM правильно.m3d
МЦХ	
Деталь	
Заданные параметры	
Материал	Сталь 10 ГОСТ 1050-88
Плотность материала	Ro = 0.007820 г/мм3
Расчетные параметры	
Масса	M = 1716.417198 г
Площадь	S = 61196.121040 мм2
Объем	V = 219490.690286 мм3
Центр масс	Xc = 22.250046 мм
	Yc = 0.000000 мм
	Zc = 0.000000 мм

Рисунок 1.5 – Модель та МЦХ ГKM заготовки

Підраховуємо вартість заготовки, отриманої одним із методів за формулою (1.1):

- КГШП (штамповка):

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \frac{B_{\text{отх}}}{1000} \quad (1.1)$$

де Q – маса заготовки, кг;

q – маса деталі, кг;

B_6 – базова вартість виготовлення 1 т заготовок, грн;

K_T – коефіцієнт врахування точності заготовки;

K_M – коефіцієнт врахування матеріалу заготовки;

K_C – коефіцієнт врахування групи складності виготовлення заготовки;

K_3 – коефіцієнт врахування маси заготовки;

K_{Π} – коефіцієнт врахування програми випуску заготовок.

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 1,783 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 1,14 \cdot 1,11 \cdot 1 - (1,783 - 0,516) \frac{140}{1000} = 8,493 \text{ грн.}$$

- ГКМ:

$$B_{\pi} = \frac{3150}{1000} \cdot 1,716 \cdot 0,9 \cdot 1,22 \cdot 1,14 \cdot 1,11 \cdot 1 - (1,716 - 0,516) \cdot \frac{140}{1000} = 7,342 \text{ грн.}$$

Підраховуємо коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) за формулою (1.2):

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

- КГШП:

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,516}{1,783} = 0,289$$

- ГКМ:

$$\eta_{\text{ГКМ}} = \frac{0,516}{1,716} = 0,301$$

Результати підрахованих значень були зведені до таблиці 1.3.

З порівнянням декількох способів виготовлення заготовок, та з них що виготовлена на ГКМ дешевша від КГШП до того ж КВМ її був вище, тому отримати заготовку на ГКМ більш доцільно.

Таблиця 1.2 – Порівняльні показники за варіантами

Показник	Позначення	Одиниця виміру	Варіант	
			КГШП	ГКМ
Маса заготовки	Q	кг	1,783	1,716
Базова вартість 1 т заготівок	Сб	грн	3500	3150
Коефіцієнти	K_T	-	0,9	0,9
	K_M	-	1,22	1,22
	K_B	-	1,14	1,14
	K_P	-	1,11	1,11
	K_C	-	1	1
Вартість 1 т стружки	$S_{отх}$	грн	140	140
Вартість 1 шт. заготівок	С	грн	8,493	7,342
КВМ	η_1	-	0,289	0,301

Далі розраховано річне заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (B_1 - B_2) \cdot \Pi \quad (1.3)$$

де B_1 – вартість однієї тони заготовок виготовлених на КГШП, грн.;

B_2 – вартість однієї тони заготовок виготовлених на ГКМ, грн;

Π – річна програма випуску заготовок, шт.

$$E_B = (8,493 - 7,342) \cdot 7000 = 8057 \text{ грн.}$$

Також розраховано річне заощадження матеріалу:

$$M = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \eta_2} \cdot N \quad (1.4)$$

$$M = \frac{0,516(0,301 - 0,289)}{0,301 \cdot 0,289} \cdot 7000 = 498,27 \text{ кг}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Аналіз технологічності конструкції деталі проводиться за двома напрямками:

- якісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі характеризує технологічність узагальнено на підставі досвіду виконавця і характеризується показниками «добре - погано», «допустимо - неприпустимо» і залежить від кваліфікації і досвіду виконавця.

Кількісна оцінка технологічності деталі оцінюється числовими показниками і не залежить від виконавця.

КВМ галузевого машинобудування відповідає $\eta \geq 0,8$. Кільце ущільнююче має КВМ $\eta = 0,31$, через це деталь – нетехнологічна.

Кількісна оцінка визначається за коефіцієнтами за формулою:

$$K_{\text{тех}} = \frac{K_{\text{ун}} + K_{\text{точ}} + K_{\text{ш}}}{3} \quad (1.5)$$

де $K_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікованих елементів;

$K_{\text{точ}}$ – коефіцієнт точності;

$K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_{\text{ун}} = \frac{n_{\text{ун}}}{n_{\Sigma}} \quad (1.6)$$

де $n_{\text{ун}}$ – коефіцієнт уніфікації;

n_{Σ} – загальна кількість деталей.

Коефіцієнт точності визначається за формулою (1.7):

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} \quad (1.7)$$

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності розраховуємо за наступною формулою (1.18):

$$A_{\text{ср}} = \frac{15 \cdot n_1 + 14 \cdot n_2 + \dots + 6 \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.8)$$

де $n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;

$\sum n$ – кількість усіх розмірів.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{B_{\text{ср}}} > 0,6 \quad (1.9)$$

де $K_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шорсткості;

$B_{\text{ср}}$ – середній квалітет шорсткості, який визначається за формулою:

$$B_{\text{ср}} = \frac{K_4 \cdot n_1 + K_5 \cdot n_2 + \dots + K_7 \cdot n_n}{\sum n} \quad (1.10)$$

де $K_{4 \dots 7}$ – клас шорсткості;

$n_1 \dots n_n$ – кількість розмірів, що мають відповідний клас шорсткості;

$\sum n$ – кількість усіх розмірів.

Було виконано якісну оцінку (рис.1.6):

- геометрична форма деталі середньої складності, відповідає класу дисків;
- деталь тонкостінна;
- деталь нормальної точності;
- фаски та радіуси є уніфікованими елементами деталі;

- є можливість обробляти деталь стандартним інструментом;
- доступність всіх поверхонь деталі до обробки.

Було проведено кількісну оцінку.

Усі отримані дані було занесено до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз деталі на технологічність

№розм	Розміри	Квалітет	Шорсткість / клас шор.	Уніфікація
1	2	3	4	5
діаметральні				
1	Ø 174 _{-0,15}	h12	6,3/4	+
2	Ø 156(±0,5)	JS14	6,3/4	+
3	Ø 147(±0,5)	js14	6,3/4	+
4	Ø 142 _{-0,25}	h11	6,3/4	+
5	Ø 139 _{-0,25}	h11	6,3/4	+
6	Ø 136 ^{+0,25}	H11	6,3/4	+
7	Ø 134 ^{+0,025}	H6	0,1/10	+
8	Ø 135 ^{+0,25}	H11	6,3/4	+
9	Ø 140 _{-0,25}	h11	6,3/4	+
10	Ø 142 _{-0,25}	h11	6,3/4	+
11	Ø 164(±0,0125)	js6	1,6/6	+
12	Ø 5,5 ^{+0,12}	H12	6,3/4	—
13	Ø 5	5H6H	6,3/4	+
14	Ø 50 ⁺⁵	h12	6,3/4	+
34	Ø 186 _{-0,15}	h12	6,3/4	+
лінійні				
15	4(±0,004)	js6	6,3/4	+
16	0,5	H12	6,3/4	+
17	1,3	H12	6,3/4	—
18	19 _{-0,21}	h12	6,3/4	+
19	15,5 _{-0,027}	h8	1,6/6	+
20	3,2 _{-0,12}	h12	6,3/4	—
21	2,5	h12	6,3/4	—
22	0,6 ^{+0,3} ×45°	h12	6,3/4	—
23	8	h12	6,3/4	+
24	1,8	h12	6,3/4	—
25	1,65	h12	6,3/4	—
26	0,6	h12	6,3/4	—
27	4	H12	6,3/4	+
28	10	H12	6,3/4	+
29	34,5	h12	0,8/7	+

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
30	3 ^{+0,6}	h12	6,3/4	+
31	3 ^{+0,6}	h12	6,3/4	+
32	3 ^{+0,6}	h12	6,3/4	+
33	3 ^{+0,6}	h12	6,3/4	+
35	2 _{-0,25}	h14	6,3/4	+
36	R1,6	h12	6,3/4	—
37	R1,6	h12	6,3/4	—
38	R1	H12	6,3/4	+
39	R0,6	H12	6,3/4	—
40	R0,6 _{-0,3}	h12	6,3/4	—

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою (1.4):

$$K_{\text{ун}} = \frac{28}{40} = 0,7 \geq 0,6$$

Коефіцієнт уніфікації достатньо високий, це означає що за даним параметром деталь являється технологічною.

Підраховуємо середній квалітет точності і коефіцієнт точності за формулою (1.8), (1.7):

$$A_{\text{ср}} = \frac{14 \cdot 3 + 12 \cdot 26 + 11 \cdot 6 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 4}{40} = 11,3$$

$$K_{\text{точ}} = 1 - \frac{1}{11,3} = 0,91 > 0,6$$

Коефіцієнт точності також достатньо високий, що означає за даним параметром деталь являється технологічною.

Підрахунок коефіцієнту шорсткості та середнього квалітету шорсткості, за формулами (1.10), (1.9):

$$B_{cp} = \frac{5 \cdot 4 + 6 \cdot 31 + 7 \cdot 3 + 8 \cdot 2}{40} = 6,1$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{6,1} = 0,83 > 0,6$$

Коефіцієнт шорсткості також достатньо високий, що означає за даним параметром деталь – технологічна.

Підрахунок загального рівня технологічності за формулою (1.3):

$$K_{тех} = \frac{0,7 + 0,91 + 0,83}{3} = 0,81 > 0,6$$

З вищезазначених підрахунків зроблений висновок. Тому кількісна оцінка коефіцієнта деталі відповідає технологічності конструкції і не задовольняє параметрам якісної оцінки, тому деталь вважається нетехнологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

МОП зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 134H6^{(+0,025)}$.

Показники точності та якості деталі.

Заготовка:

$Td_3 = 3600$ мкм; $Ra_3 = 200$ мкм; квалітет - IT 17.

Деталь:

$Td_d = 0,025$ мм = 25 мкм; $Ra_d = 0,1$ мкм.

Уточнення за квалітетом визначається за формулою (1.11):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}}; \quad (1.11)$$

де $Td_{\text{заг}}$ – допуск заготовки в мкм;

$Td_{\text{дет}}$ – допуск деталі в мкм.

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{3,6}{0,025} = 144$$

Уточнення за шорсткістю підраховується за формулою:

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}; \quad (1.12)$$

де $Ra_{\text{заг}}$ – шорсткість даної заготовки в мкм;

$Ra_{\text{дет}}$ – шорсткість даної деталі в мкм.

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{50}{0,1} = 500$$

Кількість переходів підраховується за формулою (1.13):

$$K_{\text{розр}} = 2 \lg \varepsilon_{oTd} \quad (1.13)$$

$$K_{\text{розр}} = 2 \cdot \lg 144 = 4,32$$

Приймаємо кількість переходів $K=5$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 17 - 6 = 11 = 5 + 3 + 1 + 1 + 1$$

$$IT17 \rightarrow H12 \rightarrow H9 \rightarrow T/O \rightarrow H8 \rightarrow H7 \rightarrow H6$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6 \rightarrow Ra\ 0,8 \rightarrow Ra\ 0,1.$$

Перевірка:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{oTd} &\leq \Pi \varepsilon_{iTd} \\ 144 &\leq 144 \text{ вірна} \\ \varepsilon_{oRa} &\leq \Pi \varepsilon_{iRa} \\ 500 &\leq 500 \text{ вірна}\end{aligned}$$

Результати розрахунків були занесені до таблиці 1.4. Перевірка була виконана, маршрут обробки заданої поверхні вірний.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 164js6(\pm 0,0125)$.

Дані щодо деталі та заготовки.

Заготовка:

$Td_3 = 3600$ мкм; $Ra_3 = 200$ мкм; квалітет – IT 17.

Деталь:

$Td_d = 0,025$ мм = 25 мкм; $Ra_d = 1,6$ мкм; квалітет – H7^(+0,039).

Уточнення за квалітетом та шорсткістю розраховуються за формулами (1.11), (1.12):

$$\begin{aligned}\varepsilon_{oTd} &= \frac{3600}{25} = 144 \\ \varepsilon_{oRa} &= \frac{50}{1,6} = 31,25\end{aligned}$$

Кількість переходів підраховується за формулою (1.13):

$$K_{расч} = 2 \cdot \lg 144 = 4,32$$

Приймаємо кількість переходів $K=4$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 17 - 7 = 10 = 3 + 3 + 2 + 2$$

$$IT17 \rightarrow h12 \rightarrow T/O \rightarrow h9 \rightarrow h7 \rightarrow js6$$

$$Ra\ 50 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 6,3 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{oTd} &\leq \Pi \varepsilon_{iTd} \\ 144 &\leq 144 - \text{вірна} \\ \varepsilon_{oRa} &\leq \Pi \varepsilon_{iRa} \\ 31,25 &\leq 31,25 - \text{вірна} \end{aligned}$$

Результати підрахунку внесені у таблицю 1.4. Була виконана перевірка, маршрут обробки заданої поверхні вірний.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі було покращено завдяки об'єднанню операцій: було об'єднано дві свердлильних та одну різьбонарізну операцію, які виконувалися на двох свердлильних верстатах 2Т140 та 2А592, в одну свердлильну 030 операцію на верстаті 2Р118Ф2.

Таблиця 1.4 – План обробки поверхонь

	Показ., мкм	Уточн.	Кіл. пер.	Різні.пок. ШТК	i	Метод обр.		Td, мкм	Ra, мкм	ε _{iTd}	ε _{iRa}
Внутр. цил.пов. ø134H6 ^{(+0,025)?}	Td Ra	144 500	5	17-6=11= =5+3+1+ 1+1	1	Загот.	IT17	3600	50	—	—
					2	Раст. п/чист.	H12	400	12,5	9	4
					3	Раст.чист.	H9	100	3,2	4	3,906
					4	Т/О	—	—	—	—	—
					5	Шлиф. чист.	H7	40	1,6	2,5	2
					6	Шлиф. тонк.	H6	25	0,8	1,6	2
					7	Суперфиниш.	H6	25	0,1	1	8
					8	Уточнення					
Зовн. цил.пов. ø164js6(±0,012)	Td Ra	144 31,25	4	17-7=10= =4+3+2+1	1	Загот.	IT17-	3600-	50	—	—
					2	Точ. чорн.	h13	400	12,5	9	4
					3	Точ. чист.	h9	100	6,3	3,9	1,98
					4	Шліф.н/ч	h7	40	3,2	2,56	1,96
					5	Шліф. чист	js6	25	1,6	1,6	2
					6	Уточнення					

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розраховуємо припуск розрахунково-аналітичним методом на розмір $\varnothing 164js6(\pm 0,0125)$.

Розрахунок зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 164js6(\pm 0,0125)$ Ra=1,6.

МОП:

1. Заготовка
2. Точіння чорнове h13($T_{D2} = 400$ мкм);
3. Точіння чистове h9($T_{D3} = 100$ мкм);
4. Шліфування напівчистове h7($T_{D4} = 40$ мкм);
5. Шліфування чистове js6($T_{D5} = 25$ мкм).

Нормативи значень висоти нерівностей Rz та висоти дефектного шару h щодо заготовки були підібрані [1, табл.3.7, с.23] та внесені у таблиці 1.5.

За переходами:

1. Заготовка $Rz_1 = 50$ мкм $h_1 = 100$ мкм;
2. Точіння чорнове $Rz_2 = 100$ мкм $h_2 = 75$ мкм;
3. Точіння чистове $Rz_3 = 25$ мкм $h_4 = 25$ мкм;
4. Шліфування напівчистове $Rz_4 = 8$ мкм $h_5 = 20$ мкм;
5. Шліфування чистове $Rz_5 = 5$ мкм $h_6 = 15$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою (1.14):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.14)$$

де $\rho_{зм}$ – допустиме значення зміщення поверхні;

$\rho_{кор}$ – допустиме значення короблення поверхні.

Визначаємо допустиме значення зміщення поверхні за формулою (1.15):

$$\rho_{зм} = \rho_{зм\ таб} \cdot l \quad (1.15)$$

де $\rho_{зм.таб}$ – табличне значення кривизни поверхні; $\rho_{зм\ таб} = 0,8$ мкм/мм

[1, табл.3.9, с.25];

l – довжина даної поверхні.

$$\rho_{зм} = \pm 0,5 = 1000 \text{ мкм}$$

Допустиме значення короблення поверхні розраховується за формулою:

$$\rho_{кор} = \rho_{к\ таб} \cdot l \quad (1.16)$$

де $\rho_{к\ таб}$ – табличне значення кривизни поверхні; $\rho_{к\ таб} = 0,8$ мкм/мм

[2, табл.15, с.186];

l – довжина даної поверхні.

$$\rho_{кор} = 0,8 \cdot 3,2 = 2,56 \text{ мкм}$$

Сумарне значення просторових відхилень визначається за формулою (1.14):

$$\rho_1 = \sqrt{1000^2 + 2,56^2} = 1000 \text{ мкм}$$

Приймаємо коефіцієнти уточнення k_i за [2, табл.13, с.42];

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot k_2 = 1000 \cdot 0,06 = 60 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = \rho_2 \cdot k_3 = 60 \cdot 0,04 = 2,4 \text{ мкм};$$

$$\rho_4 = \rho_3 \cdot k_4 = 2,4 \cdot 0,03 = 0 \text{ мкм};$$

Визначення мінімальних припусків розраховується за формулою:

$$2Z_i^{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.17)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей попередньої операції;

h_{i-1} – висота дефектного шару попередньої операції;

ρ_{i-1} – значення просторового відхилення попередньої операції;

ε_i – значення похибки установки даної операції, [3, табл.13, с.42].

$$2Z_2^{\min} = 2(200 + 100 + \sqrt{1000^2 + 300^2}) = 2,688 \text{ мм};$$

$$2Z_3^{\min} = 2(100 + 75 + \sqrt{60^2 + 120^2}) = 0,618 \text{ мм};$$

$$2Z_4^{\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{2,4^2 + 4^2}) = 0,109 \text{ мм};$$

$$2Z_5^{\min} = 2(8 + 20) = 0,056 \text{ мм}.$$

Розраховуємо номінальні припуски

$$2Z_2^H = 2Z_2^{\min} + e_{i \text{ заг}} = 2,688 + 1,2 = 3,888 \text{ мм};$$

$$2Z_3^H = 2Z_3^{\min} + Td_2 = 0,618 + 0,4 = 1,018 \text{ мм};$$

$$2Z_4^H = 2Z_4^{\min} + Td_3 = 0,109 + 0,1 = 0,209 \text{ мм};$$

$$2Z_5^H = 2Z_5^{\min} + Td_4 + es = 0,056 + 0,04 + 0,0125 = 0,1085 \text{ мм}.$$

Знаходимо номінальні діаметри:

$$d_5^H = d_{\text{дет}}^H = 164 \text{ мм};$$

$$d_4^H = d_{\text{дет}}^H + 2Z_5^H + es + Td_4^H = 164 + 0,056 + 0,0125 + 0,04 = 164,109 \text{ мм};$$

$$d_3^H = d_4^H + 2Z_4^H = 164,109 + 0,209 = 164,318 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_3^H + 2Z_3^H = 164,318 + 1,018 = 165,336 \text{ мм};$$

$$d_{\text{заг}}^H = d_2^H + 2Z_2^H = 165,336 + 3,888 = 169,224 \text{ мм}.$$

Знаходимо максимальні припуски:

$$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + Td_1 + Td_{\text{заг}} = 2,688 + 0,4 + 3,6 = 6,688 \text{ мм};$$

$$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + Td_1 + Td_2 = 0,618 + 0,4 + 0,1 = 1,118 \text{ мм};$$

$$2Z_3^{\max} = 2Z_3^{\min} + Td_2 + Td_3 = 0,109 + 0,1 + 0,04 = 0,249 \text{ мм};$$

$$2Z_4^{\max} = 2Z_4^{\min} + Td_3 + Td_4 = 0,056 + 0,04 + 0,025 = 0,121 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$Z_i^{\max} - Z_i^{\min} = Td_{i-1} + Td_i,$$

$$6,688 - 2,688 = 4 \text{ мм} \equiv 3,6 + 0,4 = 4 \text{ мм};$$

$$1,118 - 0,618 = 0,5 \text{ мм} \equiv 0,4 + 0,1 = 0,5 \text{ мм};$$

$$0,249 - 0,109 = 0,14 \text{ мм} \equiv 0,1 + 0,04 = 0,14 \text{ мм};$$

$$0,121 - 0,056 = 0,065 \text{ мм} \equiv 0,04 + 0,025 = 0,065 \text{ мм}.$$

Умови виконуються.

$$d_{\text{заг}}^H - d_{\text{дет}}^H = 2Z_0^H,$$

$$169,224-164=3,888+1,018+0,209+0,1085$$

$$5,224 \approx 5,224.$$

Результат перевірки показав, що схема припусків - вірна, дані внесено до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Розрахунок припусків на обробку циліндричної внутрішньої поверхні $\varnothing 164_{js6}(\pm 0,0125)$

	Найменування операції	R_z , мкм	h , мкм	ρ	ε_i	Td , мм	$2Z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Вик. p-p d , мм	$2Z_i^{max}$, мм	$2Z_i^{min}$, мм
1	Заготівельна	200	200	1000	—	3,6	—	169,224	$\varnothing 169^{+2,4}_{-1,2}$	—	—
2	Точ. чорнове	100	75	60	300	0,4	3,888	165,336	$\varnothing 165,3_{-0,4}$	6,688	2,688
3	Точ. чист.	25	25	2,4	120	0,1	1,018	164,318	$\varnothing 164,3_{-0,3}$	1,118	0,618
4	Шліф. н/ч	8	20	0	4	0,04	0,209	164,109	$\varnothing 164,1_{-0,04}$	0,249	0,109
5	Шліф. чист.	5	15	0	0	0,025	0,1085	164	$\varnothing 164 \pm 0,0125$	0,121	0,056

Табличний спосіб розрахунку припусків.

Розрахунок циліндричної зовнішньої поверхні $\varnothing 134H6^{(+0,025)}$.

Мінімальні припуски були обрані табличним способом [1, табл.4.3, с.42].

0. Заготовка;

1. Розточування напівчистове $2Z_1^{min}=2 \cdot 2,2=4,4$ мм;

2. Розточування чистове $2Z_2^{min}=2 \cdot 1,2=2,4$ мм;

3. Т/О

4. Шліфування чистове $2Z_2^{min}=2 \cdot 0,6=1,2$ мм;

5. Шліфування тонке $2Z_2^{min}=2 \cdot 0,07=0,14$ мм.

Знаходимо розрахункові номінальні припуски:

$$2Z_1^H = ES + 2Z_1^{min} = 1,2 + 4,4 = 5,6 \text{ мм};$$

$$2Z_2^H = 2Z_1^{min} + Td_1 = 2,4 + 0,4 = 2,8 \text{ мм};$$

$$2Z_4^H = 2Z_4^{min} + Td_2 = 1,2 + 0,1 = 1,3 \text{ мм};$$

$$2Z_5^H = 2Z_5^{min} + Td_3 = 0,14 + 0,04 = 0,18 \text{ мм}.$$

Знаходимо номінальні діаметри:

$$d_5^H = d_{\text{дет}}^H = 130 \text{ мм};$$

$$d_4^H = d_5^H - 2Z_5^H = 130 - 0,18 = 129,82 \text{ мм};$$

$$d_2^H = d_4^H - 2Z_4^H = 129,82 - 1,3 = 128,52 \text{ мм};$$

$$d_1^H = d_2^H - 2Z_2^H = 128,52 - 2,8 = 125,72 \text{ мм};$$

$$d_{\text{заг}}^H = d_1^H - 2Z_1^H = 125,72 - 5,6 = 120,12 \text{ мм}.$$

Знаходимо максимальні припуски:

$$2Z_1^{\text{max}} = 2Z_1^{\text{min}} + Td_1 + Td_{\text{заг}} = 4,4 + 0,4 + 3,6 = 8,4 \text{ мм};$$

$$2Z_2^{\text{max}} = 2Z_2^{\text{min}} + Td_1 + Td_2 = 2,4 + 0,4 + 0,1 = 2,9 \text{ мм};$$

$$2Z_4^{\text{max}} = 2Z_4^{\text{min}} + Td_2 + Td_4 = 1,2 + 0,1 + 0,04 = 1,34 \text{ мм};$$

$$2Z_5^{\text{max}} = 2Z_5^{\text{min}} + Td_4 + Td_5 = 0,14 + 0,04 + 0,025 = 0,205 \text{ мм}.$$

Перевіряємо підраховані припуски:

$$Z_i^{\text{max}} - Z_i^{\text{min}} = Td_{i-1} + Td_i,$$

$$8,4 - 4,4 = 4 \text{ мм} \equiv 3,6 + 0,4 = 4 \text{ мм};$$

$$2,9 - 2,4 = 0,5 \text{ мм} \equiv 0,4 + 0,1 = 0,5 \text{ мм};$$

$$1,34 - 1,2 = 0,14 \text{ мм} \equiv 0,1 + 0,04 = 0,14 \text{ мм};$$

$$0,205 - 0,14 = 0,065 \text{ мм} \equiv 0,04 + 0,025 = 0,065 \text{ мм}$$

Умови виконуються

$$d_{\text{заг}}^H - d_{\text{дет}}^H = 2Z_o^H,$$

$$130 - 120,12 = 9,88 = 5,6 + 2,8 + 1,3 + 0,18$$

$$9,88 \equiv 9,88$$

Результат перевірки показав, що схема припусків - вірна, дані внесено до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати розрахунку припусків для обробки циліндричної внутрішньої поверхні $\varnothing 134^{(+0,025)}$

	Операції	Відхилення		Допуск	Ном прип. $2z_i^H$, мм	Номін. р-р, d_i^H , мм	Исп. р-р d_i , мм	Припуски	
		es, мм	ei, мм	Td, мм				$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівка	+1,2	-2,4	3,6	—	118,92	$\varnothing 119^{+1,2}_{-2,4}$	-	-
2	Розточ. н/ч	+0,4	0	0,4	5,6	125,72	$\varnothing 125,7^{+0,4}$	8,4	4,4
3	Розт. чист.	+0,1	0	0,1	2,8	128,52	$\varnothing 128,5^{+0,1}$	2,9	2,4
4	Т/О	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Шліф. чист	+0,04	0	0,04	1,3	129,82	$\varnothing 129,8^{+0,04}$	1,34	1,2
6	Шліф. тонк	+0,025	0	0,025	0,18	134	$\varnothing 134^{+0,025}$	0,205	0,14
7	Суперфініш	+0,025	0	0,025	—	134	$\varnothing 134^{+0,025}$		

1.6 Розрахунок режимів різання

Розраховуються режими різання на 025 операцію (рис. 1.7).

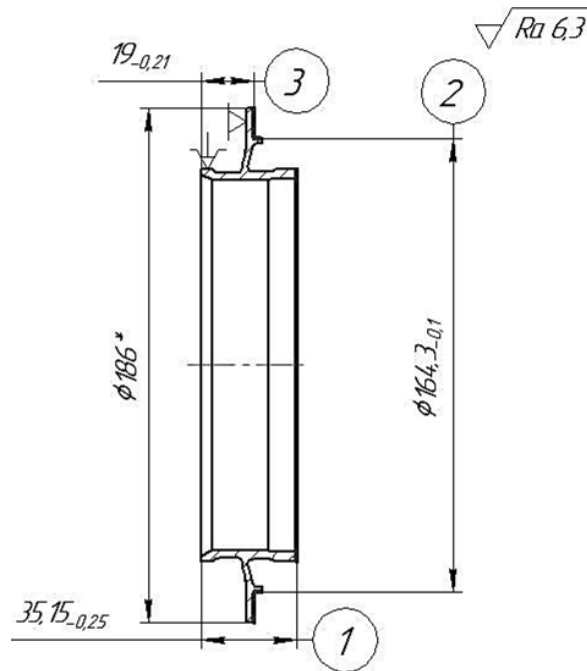


Рисунок 1.7 – Ескіз обробки деталі “кільце ущільнююче” на операцію 025 токарну з ЧПУ. Верстат 16К20ФЗ

1 Перехід – Підрізати торець.

Виходячи з даного, обрано різець контурний – з пластинами із твердого сплаву Т15К6, ТУ 2–035–892–82 [5, таб.36, с.134].

Підрахунок глибини різання за формулою (1.18):

$$t = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{2} \quad (1.18)$$

де $L_{\max/\min}$ – довжина деталі перед обробкою та після відповідно.

$$t_1 = \frac{36,95 - 35,15}{2} = 0,9 \text{ мм}$$

Підрахунок подачі за формулою (1.19):

$$S_o = S_T \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.19)$$

де S_T – табличне значення подачі, [4, с.12];

K_1 – коефіцієнт за довжиною точіння, [4, с.12];

K_2 – коефіцієнт за видом поверхні обробки, [4, с.12].

$$S_o = 0,08 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,076 \text{ мм/об}$$

Прийнято згідно паспорту верстата $S_o = 0,08 \text{ мм/об}$.

Підрахунок розрахункової швидкості різання за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{таб}} \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot V_4 \cdot V_5 \cdot V_6 \cdot V_7 \cdot V_8 \quad (1.20)$$

де $V_{\text{таб}}$ – табличне значення швидкості різання, м/хв [4, с.14];

V_1 – коефіцієнт, що залежить від діаметру оброблюваної поверхні, [4, с.14];

V_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини різання, [4, с.14];

V_3 – коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваної поверхні, [4, с.14];

V_4 – коефіцієнт, що враховує наявність охолодження; [4, с.14];

V_5 – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні [4, с.14];

V_6 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [4, с.14].

V_7 – коефіцієнт, який залежить від значення подачі, [4, с.14];

V_8 – коефіцієнт, що враховує стійкість ріжучої частини інструменту, [4, с.14].

$$V_{\text{розр}} = 20,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,93 \cdot 0,94 \cdot 0,9 = 44,3 \text{ м/хв}$$

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{розр}}}{\pi \cdot D} \quad (1.21)$$

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 44,3}{\pi \cdot 142} = 99,35 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 95 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{пр}}}{1000} \quad (1.22)$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot 142 \cdot 95}{1000} = 42,36 \text{ хв}$$

Підрахунок фактичної потужності електродвигуна за формулою (1.23):

$$N_{\phi} = N_{\text{таб}} \cdot K_{n1} \cdot K_{n2} \quad (1.23)$$

де $N_{\text{таб}}$ – табличне значення потужності, кВт [6, с.121];

K_{n1} – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [6, с.127];

K_{n2} – коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [6, с.127];

$$N_{\phi} = 2,4 \cdot 0,9 \cdot 1,1 = 2,38 \text{ кВт}$$

Порівняння потужності головного руху, кВт згідно паспорту верстата підраховується за формулою (1.24):

$$\begin{aligned} N_{\phi} &\leq N_{\text{гл}} \\ 2,38 &\leq 8,5 \end{aligned} \quad (1.24)$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

$$t_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{n \cdot S_o} \cdot i \quad (1.25)$$

де $L_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу інструменту, мм;

i – кількість проходів, яку робить інструмент в даній операції.

Підрахунок довжини робочого ходу інструмента за формулою (1.26):

$$L_{\text{р.х}} = l_{\text{вр}} + l_{\text{різ}} + l_{\text{пер}} \quad (1.26)$$

де $l_{\text{різ}}$ – довжина ділянки різання, мм;

$l_{\text{вр}}$ – довжина врізання, мм [6, с.287];

$l_{\text{пер}}$ – довжина перебігу, мм.

$$L_{\text{р.х}} = 3,5 + 2 + 2 = 7,5 \text{ мм}$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

$$t_0 = \frac{7,5}{95 \cdot 0,08} \cdot 1 = 0,99 \text{ хв}$$

2 Перехід – Точити начисто поверхню 2.

Виходячи з даного, обираємо ріжучий інструмент – різець контурний, Т15К6; ТУ 2-035-892-82.

Підрахунок глибини різання за формулою (1.18):

$$t_2 = \frac{165,536 - 164,3}{2} = 0,618 \text{ мм}$$

Підрахунок подачі за формулою (1.19):

$$S_{o2} = 0,08 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,076 \text{ мм/об}$$

Прийнято згідно паспорту верстата $S_{o2} = 0,08 \text{ мм/об}$.

Підрахунок розрахункової швидкості різання за формулою (1.20):

$$V_{розр2} = 20,7 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,07 \cdot 1,93 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 1 = 53,43 \text{ м/хв}$$

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.21):

$$n_{розр2} = \frac{1000 \cdot 53,43}{\pi \cdot 164,9} = 103,69 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів шпинделя $n_{пр2} = 100 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{\phi 2} = \frac{\pi \cdot 164,3 \cdot 100}{1000} = 51,53 \text{ хв}$$

Підрахунок фактичної потужності електродвигуна за формулою (1.23):

$$N_{\phi 2} = 2,4 \cdot 1 \cdot 1 = 2,4 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужність головного руху Згідно паспорту верстата (1.24):

$$2,4 \leq 8,5$$

Підрахунок довжини робочого ходу інструменту за формулою (1.26):

$$L_{p.x2} = 3,2 + 2 = 5,2 \text{ мм}$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

$$t_{o2} = \frac{5,2}{100 \cdot 0,08} \cdot 1 = 0,65 \text{ хв}$$

3 Перехід – Підрізання торця 3.

Виходячи з даного, обираємо ріжучий інструмент – різець контурний; Т15К6; ТУ 2-035-892-82.

Підрахунок глибини різання за формулою (1.18):

$$t_3 = \frac{20,8 - 19}{2} = 0,9 \text{ мм}$$

Підрахунок подачі за формулою (1.19):

$$S_{o3} = 0,08 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,076 \text{ мм/об}$$

Прийнято згідно паспорту верстата $S_{o3} = 0,08 \text{ мм/об}$.

Підрахунок розрахункової швидкості різання за формулою (1.20):

$$V_{розр3} = 20,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,93 \cdot 1 = 52,44 \text{ м/хв}$$

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.21):

$$n_{\text{розрз}} = \frac{1000 \cdot 52,44}{\pi \cdot 186} = 89,79 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{прз}} = 85 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{\phi 3} = \frac{\pi \cdot 186 \cdot 85}{1000} = 49,64 \text{ хв}$$

Підрахунок фактичної потужності електродвигуна за формулою (1.23):

$$N_{\phi 3} = 2,4 \cdot 1 \cdot 1 = 2,4 \text{ кВт}$$

Порівнюємо з потужність головного руху, кВт Згідно паспорту верстата (1.24):

$$2,4 \leq 8,5$$

Підрахунок довжини робочого ходу інструмента за формулою (1.26):

$$L_{\text{р.х}} = 10,85 + 2 + 2 = 14,85 \text{ мм}$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

$$t_{01} = \frac{14,85}{85 \cdot 0,08} \cdot 1 = 2,18 \text{ хв}$$

$$t_{\text{о заг}} = t_{01} + t_{02} + t_{03} = 0,99 + 0,65 + 2,18 = 3,82 \text{ хв}$$

Результати підрахунків внесено до таблиці 1.6.

Розрахунок режимів різання на операцію 030 – свердлильну (рис.1.8).

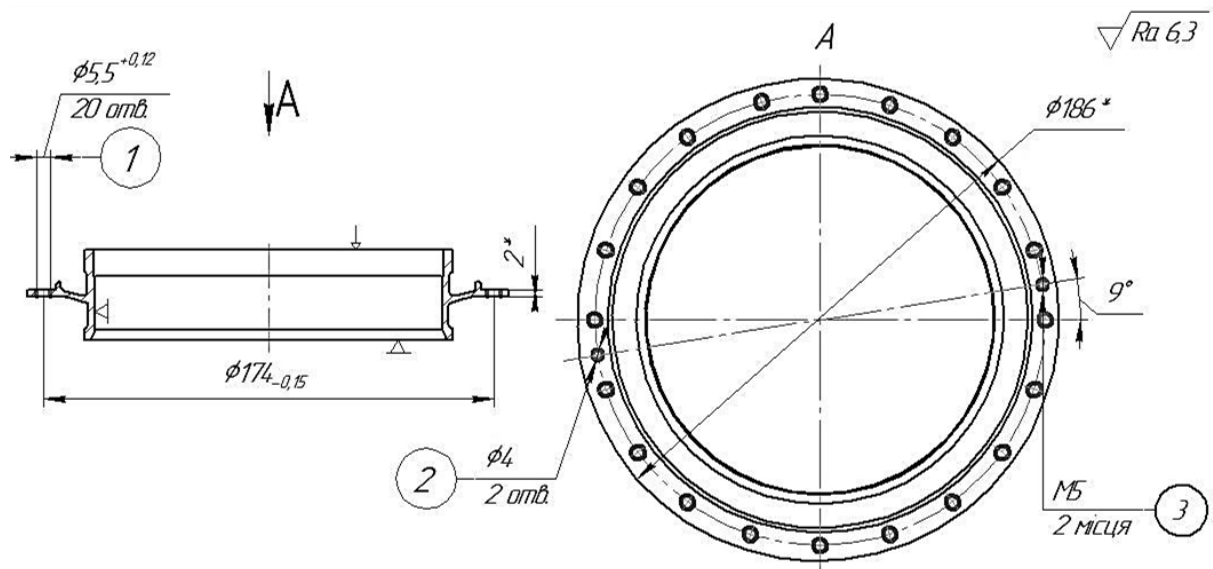


Рисунок 1.8 – Ескіз обробки деталі “кільце ущільнююче” на свердлильну 050 операцію. Вертикально-свердильний 2Р118Ф2

1 перехід – Свердління 20-х отворів $\phi 5,5$.

Виходячи з даного, обрано ріжучий інструмент: свердло спіральне з циліндричним хвостовиком $\phi 5,5$ мм, зі швидкорізальної сталі Р6М5, 2300–6185, ГОСТ 10902–77.

Підрахунок глибини різання за формулою (1.27):

$$t = \frac{d_{\text{св}}}{2} \quad (1.27)$$

$$t_1 = \frac{5,5}{2} = 2,75 \text{ мм}$$

Підрахунок подачі за формулою (1.19):

$$S_{01} = 0,1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,1 \text{ мм/об}$$

Прийнято згідно паспорту верстата $S_{01} = 0,1$ мм/об.

Підрахунок розрахункової швидкості різання за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр1}} = 10,7 \cdot 1 \cdot 1,09 \cdot 0,93 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 10,85 \text{ м/хв}$$

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр1}} = \frac{1000 \cdot 10,85}{\pi \cdot 5,5} = 628,3 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр1}} = 625 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{\phi_1} = \frac{\pi \cdot 5,5 \cdot 625}{1000} = 10,75 \text{ хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{\text{кр1}} = 0,29 \text{ Н} \cdot \text{м}$, [6, с.275].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.28):

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{пр}}}{9750} \quad (1.28)$$

$$N_1 = \frac{0,29 \cdot 625}{9750} = 0,019 \text{ кВт}$$

Підрахунок потужності головного руху, кВт згідно паспорту верстата (1.24):

$$0,019 \leq 3,7$$

Підрахунок довжини робочого ходу інструмента за формулою (1.26):

$$L_{\text{р.х.1}} = 2,5 + 2 + 3 = 7,5 \text{ мм}$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

$$t_0 = \frac{7,5}{0,1 \cdot 625} \cdot 20 = 2,4 \text{ хв}$$

2 перехід – Свердління 2-х отворів $\varnothing 5$ мм.

Виходячи з даного, обрано ріжучий інструмент: свердло спіральне з циліндричним хвостовиком $\varnothing 5$ мм, зі швидкорізальної сталі Р6М5, 2300–7545, ГОСТ 10902–77.

Підрахунок глибини різання за формулою (1.27):

$$t_2 = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою (1.31):

$$S_{o2} = 0,06 \cdot 0,95 \cdot 1 = 0,057 \text{ мм/об}$$

Прийнято згідно паспорту верстата $S_{o2} = 0,06$ мм/об.

Підрахунок розрахункової швидкості різання за формулою (1.20):

$$V_{розр2} = 10,7 \cdot 0,95 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 15,61 \text{ м/хв}$$

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.21):

$$n_{розр2} = \frac{1000 \cdot 11,41}{\pi \cdot 5} = 726,75 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів шпинделя $n_{пр2} = 710 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{\phi_2} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 710}{1000} = 11,15 \text{ хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{кр2}=0,30 \text{ Нм}$, [6, с.275].

Фактична потужність електродвигуна розраховується за формулою (1.28):

$$N_2 = \frac{0,30 \cdot 710}{9750} = 0,02 \text{ кВт}$$

Підрахунок потужності головного руху, кВт згідно паспорту верстата (1.24):

$$0,02 \leq 3,7$$

Підрахунок довжини робочого ходу інструмента за формулою (1.26):

$$L_{p.x.2} = 2,5 + 2 + 2 = 6,5 \text{ мм}$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

$$t_{o2} = \frac{6,5}{0,06 \cdot 710} \cdot 2 = 0,31 \text{ хв}$$

3 перехід – Нарізати різь 2-х отворів $\varnothing 5 \text{ мм}$.

Виходячи з даного, обрано ріжучий інструмент: метчик короткий з прохідним хвостовиком $\varnothing 5 \text{ мм}$, зі швидкорізальної сталі Р6М5, ГОСТ 3266–81.

Підрахунок глибини різання за формулою (1.29):

$$t = \frac{h}{i} \quad (1.29)$$

де d – зовнішній діаметр різи;

d_1 – внутрішній діаметр різи;

i – число проходів.

h – розраховується за формулою (1.36):

$$h = \frac{5-4,134}{2} = 0,433 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{0,433}{1} = 0,433 \text{ мм}$$

Подача при нарізанні різи дорівнює величині кроку різи, тому

$$S_{o3} = P = 0,8 \text{ мм/об}$$

Згідно паспорту верстата корегуємо та приймаємо $S_o = 0,1 \text{ мм/об}$.

Підрахунок розрахункової швидкості різання за формулою (1.20):

$$V_{розрз} = 8,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 8,3 \text{ м/хв}$$

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.21):

$$n_{розрз} = \frac{1000 \cdot 8,3}{\pi \cdot 5} = 528,66 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів шпинделя $n_{прз} = 520 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{фз} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 520}{1000} = 8,164 \text{ хв}$$

Крутний момент приймаємо $M_{кр}=0,32 \text{ Н}\cdot\text{м}$, [6, с.275].

Підрахунок фактичної потужності електродвигуна за формулою (1.30):

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{пр}}{975} \quad (1.30)$$

$$N_3 = \frac{0,32 \cdot 520}{975} = 0,17 \text{ кВт}$$

Підрахунок потужності головного руху, кВт згідно паспорту верстата (1.24):

$$0,17 \leq 3,145$$

Підрахунок довжини робочого ходу інструмента за формулою (1.26):

$$L_{р.х.3} = 2,5 + 2 + 2 = 6,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо машинний час за формулою (1.31):

$$t_o = \left(\frac{l+y+\Delta}{n_d \cdot S} + \frac{l+y+\Delta}{n_{зх.д.} \cdot S} \right) \cdot i \quad (1.31)$$

де l – довжина нарізаної різі;

y – величина врізання інструменту;

Δ – величина перебігу.

$n_{зхл}$ – швидкість обертів шпинделя при зворотному ході

$$t_{o3} = \left(\frac{2,5+1,6+0,8}{520 \cdot 0,8} + \frac{2,5+1,6+0,8}{130 \cdot 0,8} \right) \cdot 2 = 0,118 \text{ хв.}$$

$$t_{o \text{ заг}} = t_{o1} + t_{o2} + t_{o3} = 2,4 + 0,31 + 0,118 = 2,828 \text{ хв.}$$

Результати підрахунків внесено до таблиці 1.6.

Розраховуються режими різання на 040 операцію (рис.1.9).

Виходячи з даного, було обрано ріжучий інструмент: фреза кінцева, Р6М5, 2220–0019 ГОСТ 17025–71 [5, таб.96, с.188].

Глибина різання дорівнює глибині занурення фрези, тому $t = 4$ мм.

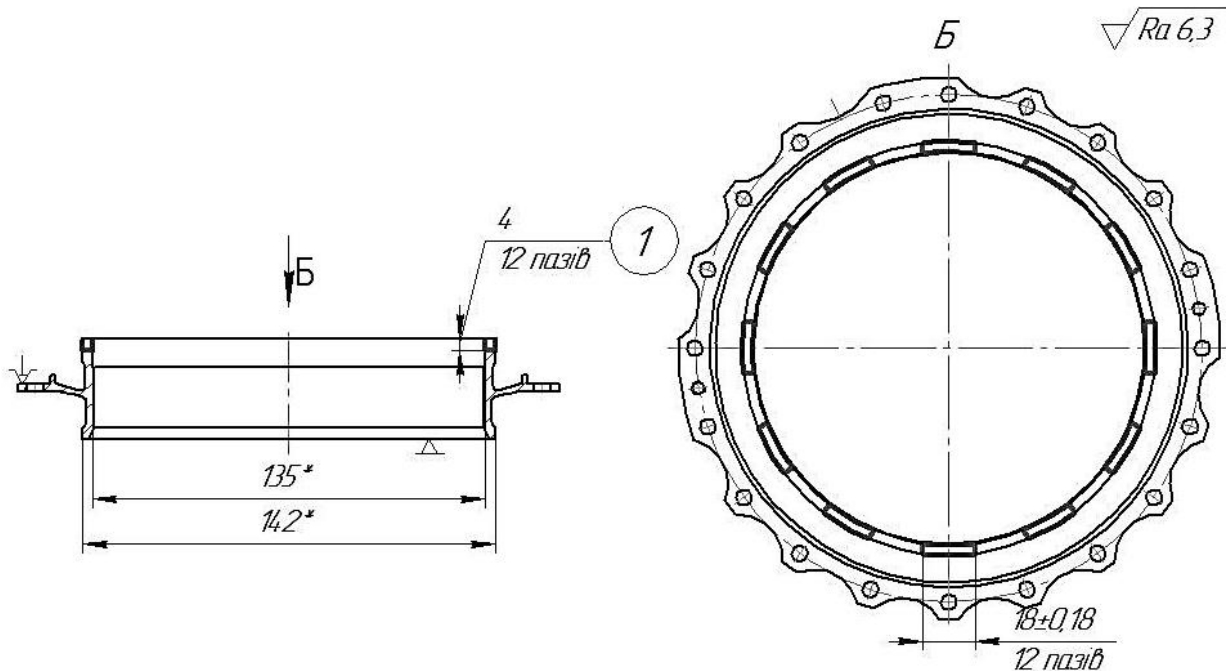


Рисунок 1.9 – Ескіз обробки деталі “Кільце ущільнююче” на фрезерну операцію 040. Верстат вертикально-фрезерний з ЧПУ 6Р11Ф3–1

Подача в мм на один зуб розраховується за формулою (1.32):

$$S_z = S_T \cdot K_{S_z D} \cdot K_{S_z t} \cdot K_{S_z \Pi} \cdot K_{S_z o} \cdot K_{S_z \text{III}} \cdot K_{S_z i} \quad (1.32)$$

- де S_{zT} – табличне значення подачі, мм/зуб [4, с.14];
 $K_{S_z D}$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези, [4, с.14];
 $K_{S_z t}$ – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [4, с.14];
 $K_{S_z \Pi}$ – коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [4, с.14];
 $K_{S_z o}$ – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження, [4, с.14];
 $K_{S_z \text{III}}$ – коефіцієнт, який враховує шорсткість поверхні, [4, с.14];
 $K_{S_z i}$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту, [4, с.14].

$$S_z = 0,094 \cdot 1,0 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1,0 = 0,059 \text{ мм/зуб}$$

Згідно паспорту верстата корегуємо та приймаємо $S_z = 0,06 \text{ мм/зуб}$.

Підрахунок розрахункової швидкості різання за формулою (1.20):

$$V_{\text{розр}} = 34,8 \cdot 1,06 \cdot 0,87 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 14,82 \text{ м/хв}$$

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.21):

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot 14,82}{\pi \cdot 18} = 262,2 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів шпинделя $n_{\text{пр}} = 250 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot 18 \cdot 250}{1000} = 14,13 \text{ хв}$$

Підрахунок хвилинної подачі за формулою (1.33):

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{пр}} \quad (1.33)$$

$$S_{\text{хв}} = 0,06 \cdot 4 \cdot 250 = 60 \text{ мм/хв}$$

Корегування хвилинної подачі згідно паспорту верстата $S_{\text{хв.пр}} = 60 \text{ мм/хв}$.

Підрахунок фактичної потужності електродвигуна за формулою (1.34):

$$N_{\text{ф}} = N_{\text{таб}} \cdot K_{n1} \cdot K_{n2} \cdot K_{n3} \quad (1.34)$$

де $N_{\text{таб}}$ – табличне значення потужності, кВт [6, с.332];

V_1 – коефіцієнт, що залежить від діаметру фрези, [6, с.409];

V_2 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, [6, с.417];

V_3 – коефіцієнт, що залежить від виду оброблюваної поверхні, [6,с.421];

$$N_{\phi} = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,5 \text{ кВт}$$

Порівняння потужності головного руху, кВт згідно паспорту верстата підраховується за формулою (1.24):

$$1,5 \leq 5,5$$

Підрахунок довжини робочого ходу інструмента за формулою (1.26):

$$L_{p.x} = 4 + 4 + 2 = 10 \text{ мм}$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

$$t_0 = \frac{10}{60} \cdot 12 = 2 \text{ хв.}$$

Результати підрахунків внесено до таблиці 1.6.

Підрахунок режимів різання на 065 операцію (рис.1.10).

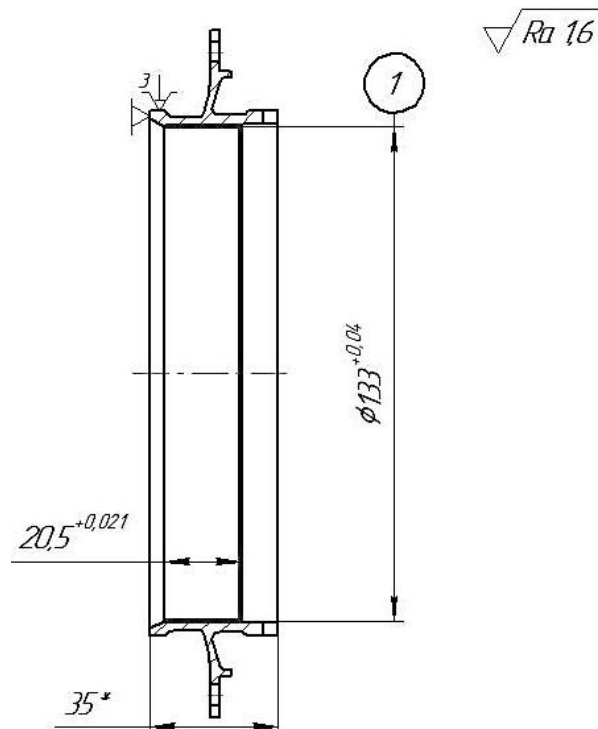


Рисунок 1.10 – Ескіз обробки деталі “кільце ущільнююче” на операцію 065 шліфувальну. Верстат внутрішньо-шліфувальний 3К228

Виходячи з даного, обрано шліфувальний круг $d_{кр}=100$ мм, $B = 25$ мм, СМ2 – С2, ГОСТ 2424–83 [6, с.684].

Підрахунок глибини різання за формулою (1.18):

$$t_1 = \frac{133 - 132,6}{2} = 0,2 \text{ мм}$$

Прийнята подача $S_o = 0,5$ мм/об [5, таб.55 с.301].

Значення швидкості обертання шліфувального круга та деталі за нормативами приймається $V_{кр} = 30$ м/с, $V_{дет} = 25$ м/хв [5, таб.55 с.301].

Підрахунок швидкості обертів шпинделя за формулою (1.35):

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot V_{дет}}{\pi \cdot D} \quad (1.35)$$

$$n_{дет} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 133} = 59,86 \text{ хв}^{-1}$$

Підрахунок швидкості обертів шліфувального круга за формулою (1.36):

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot V_{кр} \cdot 60}{\pi \cdot D_{кр}} \quad (1.36)$$

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 30 \cdot 60}{\pi \cdot 100} = 5732,48 \text{ хв}^{-1}$$

Прийнято згідно паспорту верстата швидкість обертів: $n_{кр} = 5500 \text{ хв}^{-1}$,
 $n_{дет} = 60 \text{ хв}^{-1}$.

Підрахунок фактичної швидкості різання за формулою (1.22):

$$V_{ф_{дет}} = \frac{\pi \cdot 133 \cdot 60}{1000} = 25,06 \text{ м/хв}$$

$$V_{ф_{кр}} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 5500}{1000 \cdot 60} = 28,78 \text{ м/с}$$

Підрахунок фактичної потужності електродвигуна за формулою (1.23):

$$N_{ф} = 3,7 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 0,85 = 1,03 \text{ кВт}$$

Порівнюємо потужність головного руху згідно паспорту верстата за формулою (1.24):

$$3,8 \leq 7$$

Підрахунок довжини робочого ходу інструменту формулою (1.26):

$$L_{р.х} = 20,5 + 0,1 + 0,1 = 20,7 \text{ мм}$$

Підрахунок машинного часу за формулою (1.25):

1.7 Технічне нормування операцій

Нормування токарної операції 025.

Підрахунок допоміжного часу за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{б.п}} + t_{\text{б.в}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{щ}} + t_{\text{кор}} + t_{\text{контр}} \quad (1.35)$$

де $t_{\text{уст/сн}}$ – час на встановлення, зняття, вивірку, закріплення, розкріплення та зняття деталі, хв;

$t_{\text{упр}}$ – час керування верстатом, розраховується за формулою, хв (1.36);

$t_{\text{б.п/б.о}}$ – час на швидкий підвід та відвід інструменту, хв [6, с.203];

$t_{\text{зм}}$ – час необхідний для зміни інструменту, повороту револьверної голівки, зміни позицій шпинделя, зміни копіїв, хв [6, с.209];

$t_{\text{щ}}$ – відкриття та закриття щитка безпеки, хв;

$t_{\text{кор}}$ – час на підрахунок корекції верстатів з ЧПУ, хв [6, с.209];

$t_{\text{контр}}$ – час необхідний для вимірювань та контролю основних параметрів деталі, хв [6, с.206].

$$t_{\text{упр}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}} + t_{\text{перекл}} \quad (1.36)$$

де $t_{\text{вкл/викл}}$ – час на включення та виключення верстату, хв [6, таб.5.8 с.202];

$t_{\text{перекл}}$ – час необхідний для переключення режимів верстату, хв [6, таб.5.9 с.203].

$$t_{\text{упр}} = 0,02 + 0,04 + 0,04 = 0,1 \text{ хв}$$

Підрахунок допоміжного часу за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,08 + 0,1 + 0,15 + 0,036 + 0,036 + 0,048 = 0,45 \text{ хв}$$

Підрахунок оперативного часу за формулою (1.37):

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.37)$$

$$t_{\text{оп}} = 3,82 + 0,45 = 4,27 \text{ хв}$$

Підрахунок прибавочного часу за формулою (1.38):

$$t_{\text{пр}} = \alpha_{\Sigma} \cdot t_{\text{оп}} \quad (1.38)$$

де α_{Σ} – нормативи часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби, хв [6, таб.6.1 с.214].

$$t_{\text{пр}} = 6,5\% \cdot 4,27 = 0,278 \text{ хв}$$

Підрахунок штучного часу за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{пр}} \quad (1.39)$$

$$t_{\text{шт}} = 4,27 + 0,278 = 4,548 \text{ хв}$$

Підрахунок підготовче-заключного та штучно-калькуляційного часу за формулами (1.40), (1.41):

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.40)$$

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + t_{\text{пз}} / n \quad (1.41)$$

де $t_{\text{пз1}}$, $t_{\text{пз2}}$, $t_{\text{пз3}}$, хв [6, табл.6.4, с.216];

$$t_{\text{пз}} = 14 + 2 + 6 = 22 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 4,548 + 22/140 = 4,705 \text{ хв}$$

Нормування свердлильної операції 030.

Підрахунок допоміжного часу за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,051 + 0,02 + 0,44 + 0,0162 + 0,024 = 0,55 \text{ хв}$$

Підрахунок часу керування верстатом за формулою (1.36):

$$t_{\text{упр}} = 0,01 + 0,006 + 0,004 = 0,02 \text{ хв}$$

Підрахунок оперативного часу за формулою (1.37):

$$t_{\text{оп}} = 2,828 + 0,55 = 3,378 \text{ хв}$$

Підрахунок прибавочного часу за формулою (1.38):

$$t_{\text{пп}} = 5,5\% \cdot 3,378 = 0,185 \text{ хв}$$

Підрахунок штучного часу за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт}} = 3,378 + 0,185 = 3,563 \text{ хв}$$

Підрахунок підготовче-заключного та штучно-калькуляційного часу за формулами (1.40), (1.41):

$$t_{\text{пз}} = 0 + 4 + 5 = 9 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 3,563 + 9/140 = 3,627 \text{ хв}$$

Нормування фрезерної операції з ЧПУ 075

Підрахунок допоміжного часу за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,08 + 0,1 + 0,15 + 0,036 + 0,036 + 0,048 = 0,45 \text{ хв}$$

Підрахунок часу керування верстатом за формулою (1.36):

$$t_{\text{упр}} = 0,007 + 0,009 + 0,004 = 0,2 \text{ хв}$$

Підрахунок оперативного часу за формулою (1.37):

$$t_{\text{оп}} = 2,0 + 1,535 = 3,535 \text{ хв}$$

Підрахунок прибавочного часу за формулою (1.38):

$$t_{\text{пр}} = 8\% \cdot 3,535 = 0,282 \text{ хв}$$

Підрахунок штучного часу за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт}} = 3,535 + 0,282 = 3,817 \text{ хв}$$

Підрахунок підготовче-заключного та штучно-калькуляційного часу за формулами (1.40), (1.41):

$$t_{\text{пз}} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 3,817 + 23/140 = 3,98 \text{ хв}$$

Нормування шліфувальної операції 090.

Підрахунок допоміжного часу за формулою (1.35):

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 0,04 + 0,05 + 0,05 + 0,025 + 0,035 + 0,03 + 0,11 + 0,086 = 0,526 \text{ хв}$$

Підрахунок часу керування верстатом за формулою (1.36):

$$t_{\text{упр}} = 0,003 + 0,075 + 0,008 = 0,086 \text{ хв}$$

Підрахунок оперативного часу за формулою (1.37):

$$t_{\text{оп}} = 0,69 + 0,526 = 1,22 \text{ хв}$$

Підрахунок прибавочного часу за формулою (1.38):

$$t_{\text{пр}} = 6,5\% \cdot 1,22 = 0,079 \text{ хв}$$

Підрахунок штучного часу за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт}} = 1,22 + 0,079 = 1,299 \text{ хв}$$

Підрахунок підготовче-заключного та штучно-калькуляційного часу за формулами (1.40), (1.41):

$$t_{\text{пз}} = 5 + 1 + 6 = 12 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт-к}} = 1,299 + 12/140 = 1,39 \text{ хв}$$

Всі нормативи часу зведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Нормативи часу

№ оп.	Найменування операції	$T_{\text{шт}}$, хв.	$T_{\text{п.з.}}$, хв.	Величина партії, $n_{\text{опт}}$, шт.	$T_{\text{шт.к.}}$, хв.
025	Токарна з ЧПК	4,548	22	140	4,705
030	Свердлильна	3,237	9		3,301
040	Фрезерна	3,413	23		3,577
090	Шліфувальна	1,299	12		1,39

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ

NX - це лідируюча CAD / CAM / CAE / CSE система, побудована на кращих технологіях, призначених для створення виробів будь-якої складності. NX займає міцні позиції, завдяки широким можливостям використання системи в різних областях промисловості (авіакосмічна промисловість, двигунобудування, автомобілебудування, машинобудування і т.д.) і застосування сучасних технологій, що забезпечують користувача передовими рішеннями в області MCAD на всіх етапах створення виробу. Можливості програмного забезпечення Siemens NX:

- 1) Моделювання (CAD). NX - неперевершене за можливостями і гнучкості рішення, що містить широкий діапазон додатків для проектування в машинобудуванні.
- 2) Промисловий дизайн. Дизайнеру пропонуються інструменти створення і управління зовнішнім виглядом поверхонь, що дозволяють з точністю до мікрона будувати моделі дуже складних форм.
- 3) Виробництво (CAM). Модулі системи NX є одними з кращих в світі. Генератор ЧПУ-програм виконаний на основі процесів обробки. Він включає правила обробки, призначені для створення програм при мінімальній участі інженера.
- 4) Інженерний аналіз (CAE). В системі NX реалізована можливість створення і аналізу складних механічних систем з великими відносними переміщеннями. Наявні засоби дозволяють здійснювати статичний, кінематичний і динамічний аналіз механічних систем.
- 5) Імітація роботи верстата (CSE). Безпосередньо в NX відбувається симуляція обробки, завантаженої програми в G-кодах.

- 6) Проектування, випуск технічної документації. В системі NX реалізована розробка збірок великого розміру, причому забезпечується створення складальної моделі як зверху донизу, так і знизу вгору.
- 7) NX Render і NX Visualize. Створення високоякісних фотореалістичних зображень виробів.
- 8) Спеціальні додатки. NX пропонує широкий набір інструментів, який вирішує спеціалізовані завдання. Проектування листових деталей, виготовлених штампуванням, витяжкою, формуванням, помічник створення зварних конструкцій, інструменти для проектування трубопроводів, кабелів, електропроводки і модуль для створення деталей з композитного матеріалу.

1.8.1 Розробка токарної операції 025

Види траєкторії та розташування різця в процесі обробки зображено на рисунках 1.12-1.14.

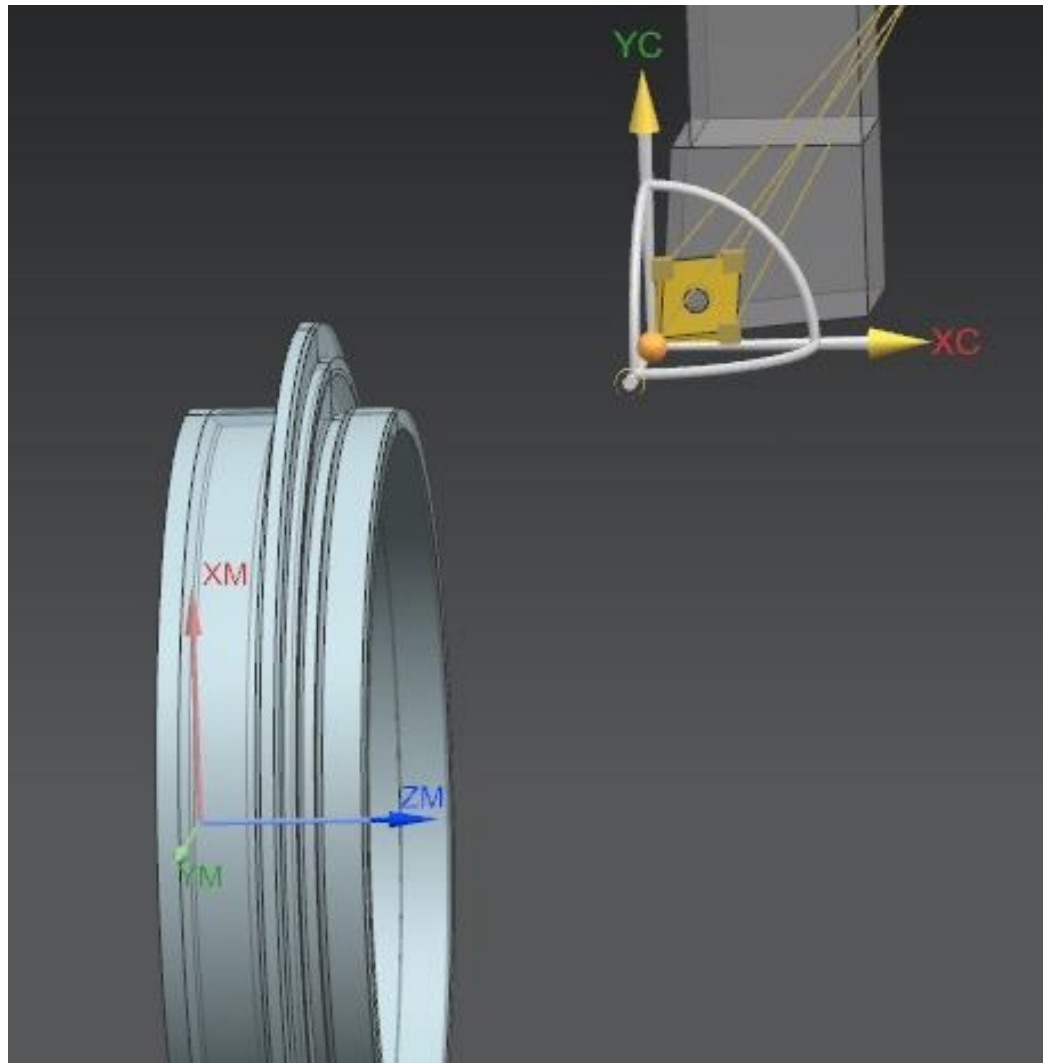


Рисунок 1.12 – Зображення траєкторії та розташування різця на початку обробки

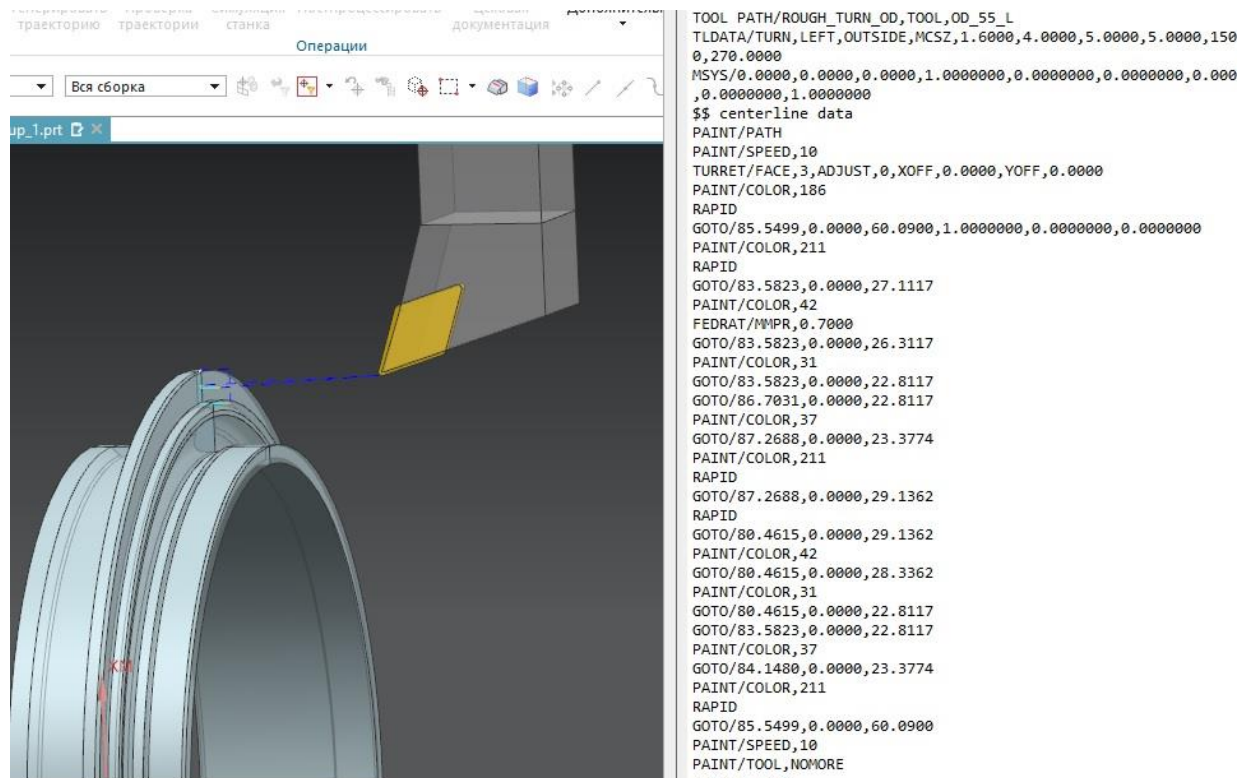


Рисунок 1.13 – Зображення траєкторії різця та наведений поруч початок програми обробки

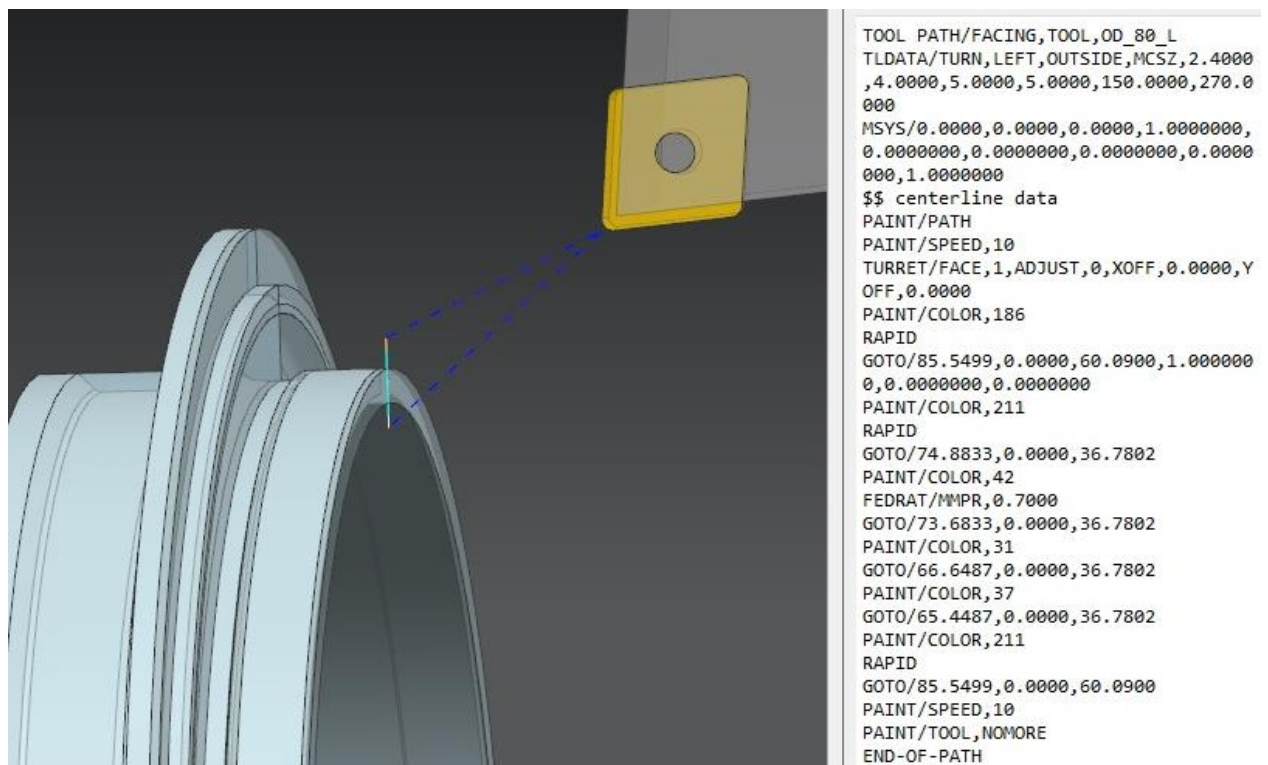


Рисунок 1.14 – Зображення траєкторії різця та наведеним поруч закінченням програми обробки (підрізка торця)

1.8.2 Розробка свердильної операції 040

Види траєкторії свердла та zenківки в процесі обробки зображено на рис. 1.15- 1.18.

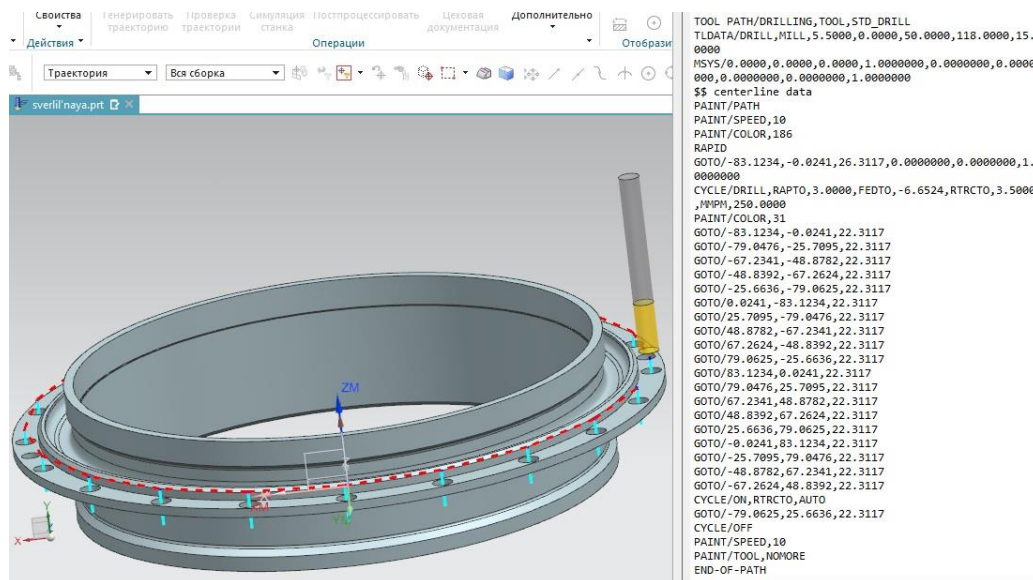


Рисунок 1.15 – Зображення траєкторії руху та розташування інструменту на початку 1-го переходу з наведеною поруч програмою обробки

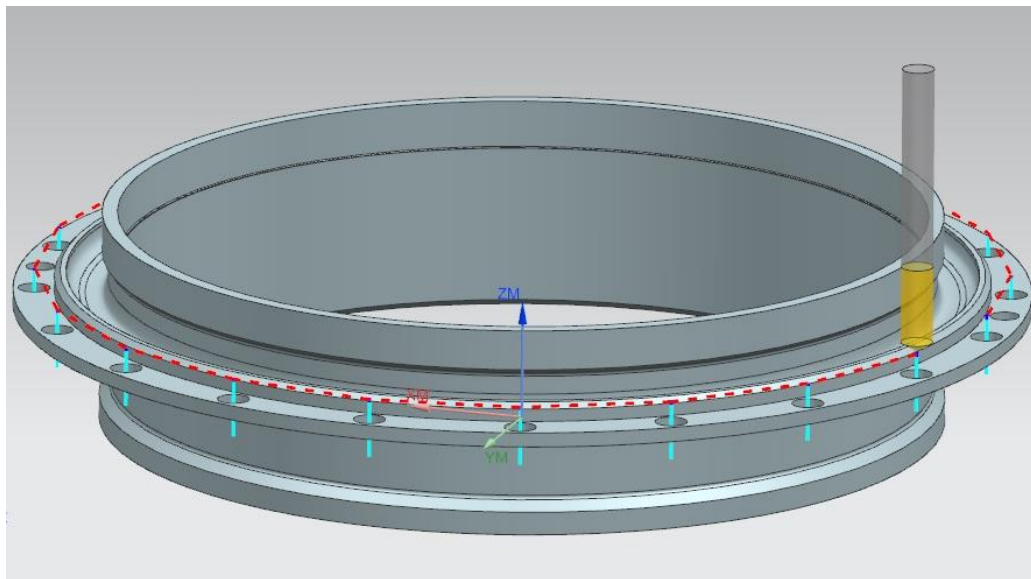


Рисунок 1.16 – Зображення траєкторії руху та розташування інструменту в процесі 1-го переходу

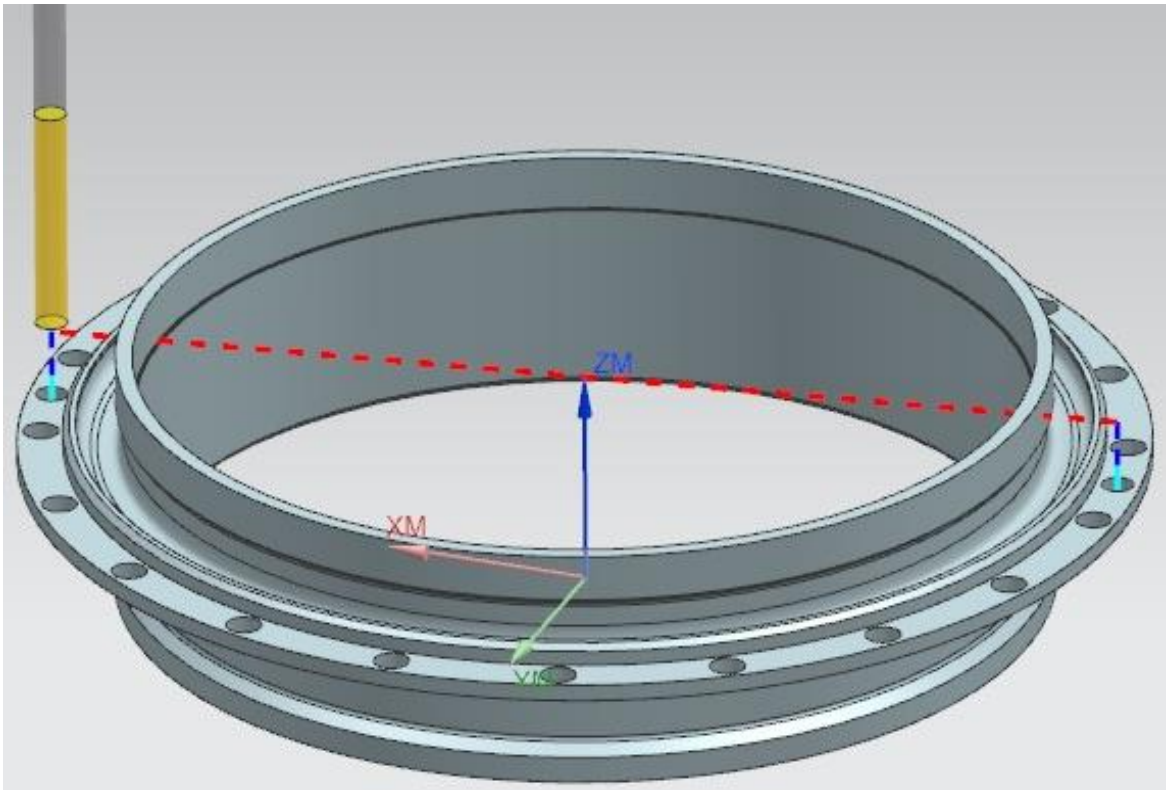


Рисунок 1.17 – Зображення траєкторії руху та розташування інструмента після 2-го та 3-го переходів

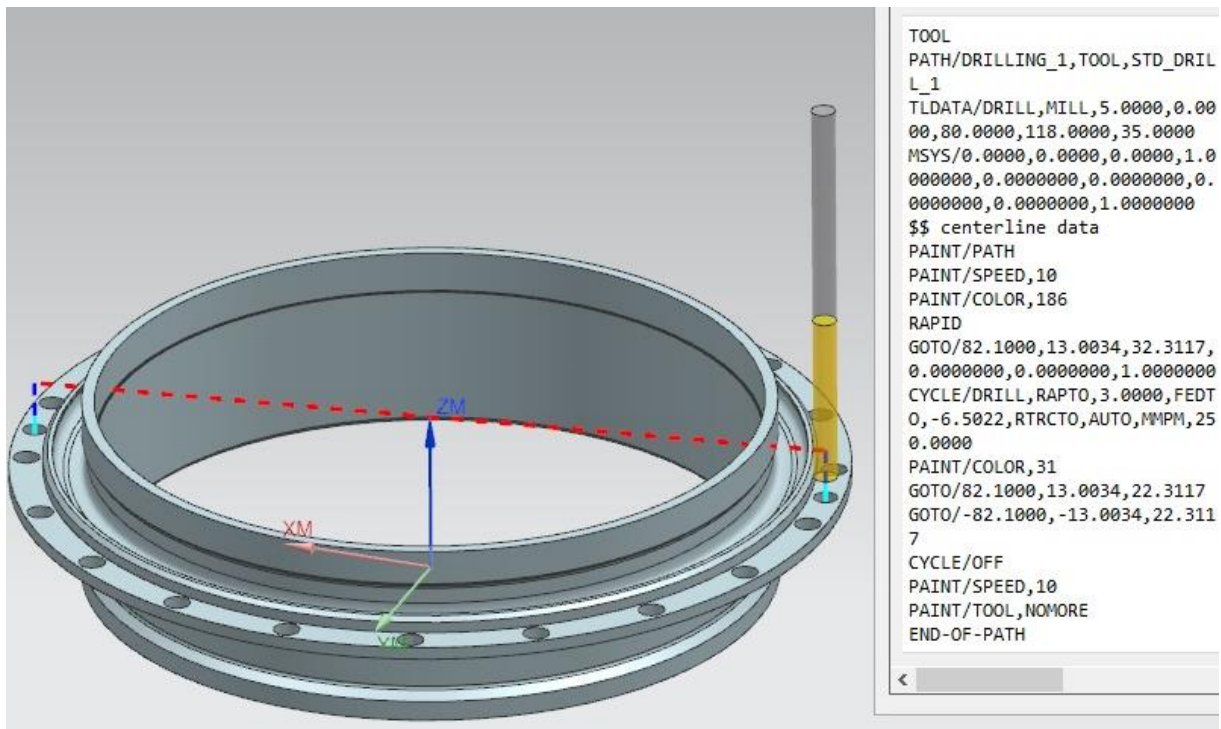


Рисунок 1.18 – Зображення траєкторії руху та розташування інструменту після 2-го та 3-го переходів з наведеною поруч програмою обробки

1.8.3 Розробка фрезерної операції 050

Види траєкторії кінцевої фрези в процесі обробки зображено на рисунках 1.19, 1.20.

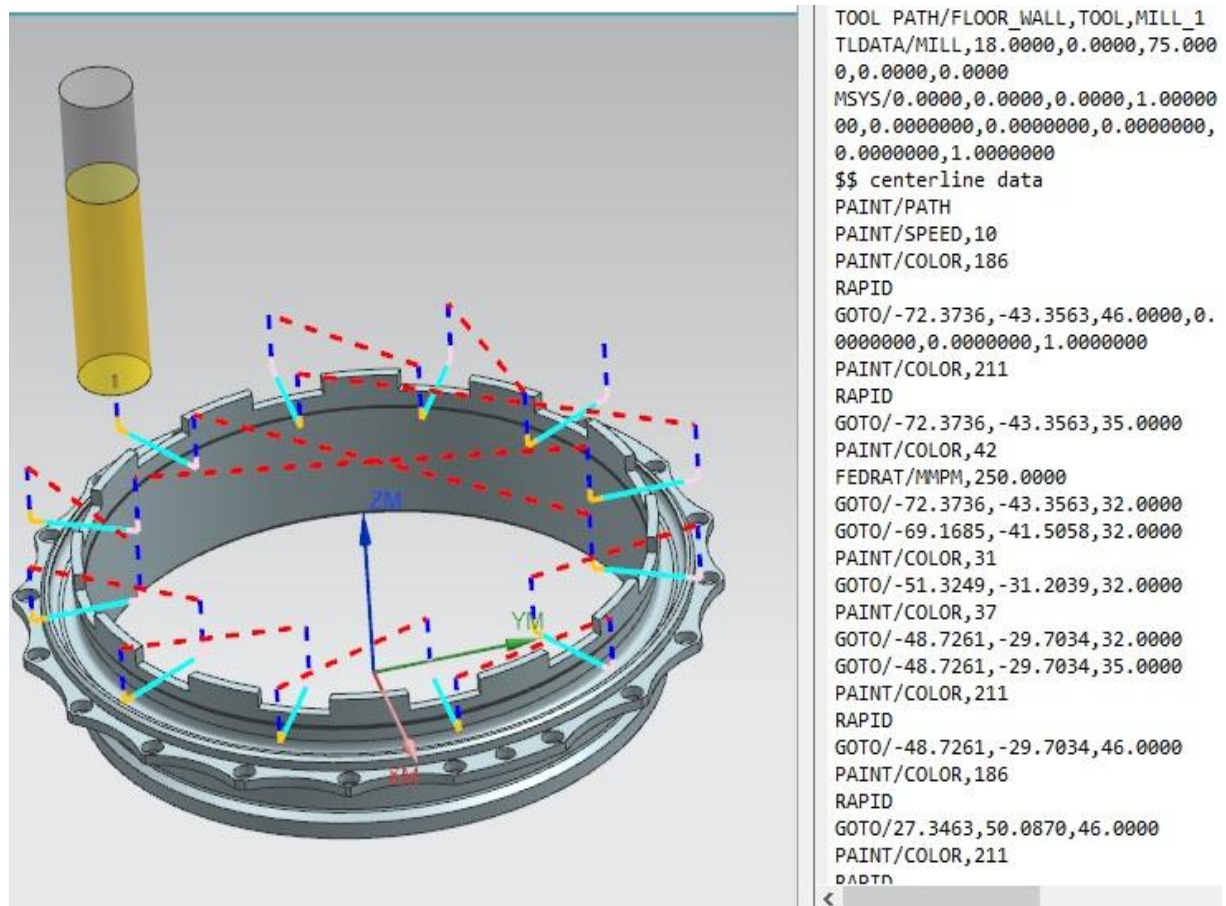


Рисунок 1.19 – Зображення траєкторії руху кінцевої фрези з наведеним поруч початком програми обробки

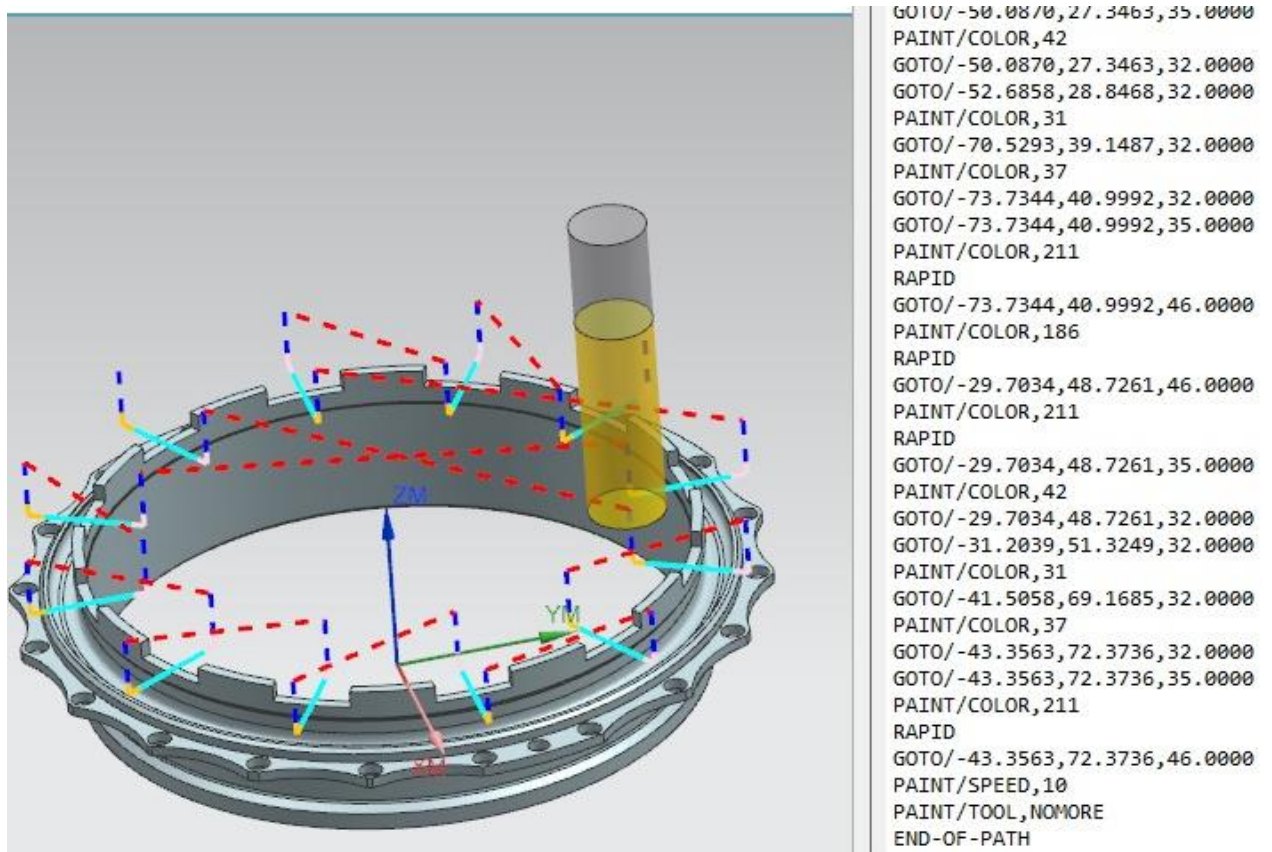


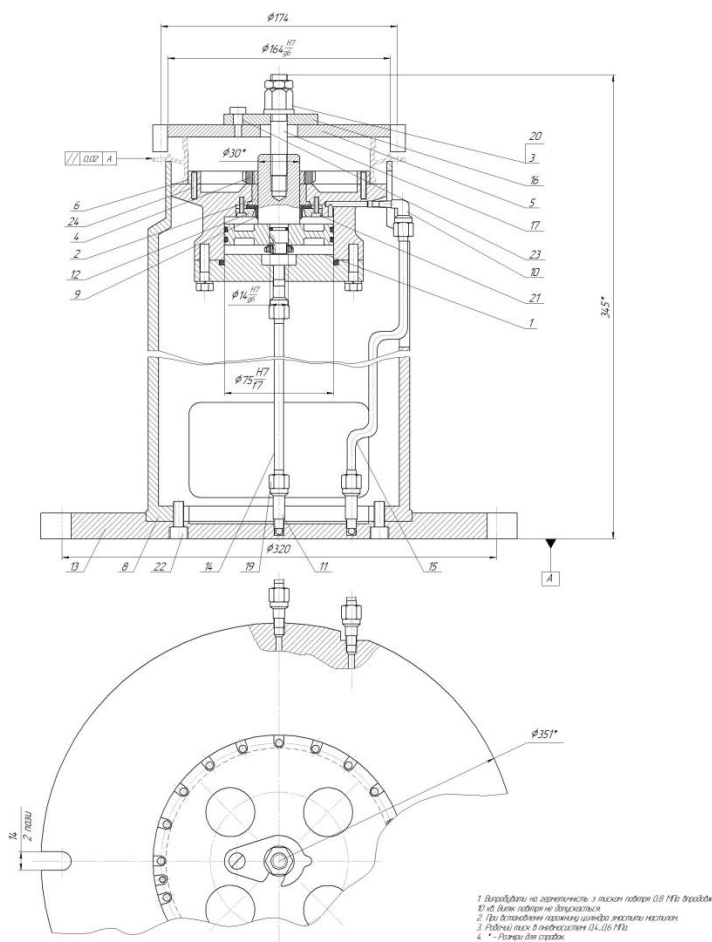
Рисунок 1.20 – Зображення траєкторії руху та розташування кінцевої фрези наприкінці фрезерування пазів та фрагменту програми обробки

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Спроековано пристосування для свердління (рис. 2.1). Призначене воно для швидкого та надійного закріплення заготовок при свердлінні отворів. Заготовка в пристосуванні базується на площину фланця та оправку.



- 1 – пневмоциліндр в зборі ; 2 – втулка регулюєма; 3 – гайка спеціальна;
4 – гайка спеціальна; 5 – диск прижимний; 6 – кільце направляюче;
8 – корпус; 9 – манжет; 10 – муфта повітряпідвідна; 11 – патрубок;
12 – підпора; 13 – плита; 14 – трубка; 15 – трубка; 16 – шайба відкидна;
17 – шток; 19, 20 – гайка; 21, 22, 23, 24 – гвинт,

Рисунок 2.1 – Графічне зображення робочого пристосування

Деталь в пристосуванні притискається диском прижимним, який створює зусилля затиску. При затисканні повітря подається до верхньої порожнини пневмоциліндра, таким чином шток переміщується донизу, притискаючи змінний крюк. Фіксування відбувається завдяки механізму та після обробки знімається подачею тиску в нижню порожнину пневмоциліндра.

На верстат пристосування встановлюється за направляючими та кріпиться болтами у відповідних місцях.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Підраховується похибка установки заготовки в пристосуванні за формулою (2.1):

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 \quad (2.1)$$

де ε_y – різниця граничних відхилень вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту, яка виникає в процесі базування та закріплення заготівки, мм;

ε_6 – частина похибки установки, яка виникає в результаті розбіжності вимірювальної та настроєчної баз, мм;

ε_3 – частина похибки установки, яка виникає в результаті відхилення вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією прикладених сил закріплення, мм.

Визначаємо похибку базування $\varepsilon_6 = T_{dl} = 0,25$ мм.

Виходячи з того, що напрямки сили закріплення та розміру обробки співпадають, необхідно враховувати похибку закріплення $\varepsilon_{з\text{ табл}} = 0,07 \text{ мм}$ [7, таб. 4.7, с.50].

$$\varepsilon_y = 0,25 + 0,07 = 0,32 \text{ мм}$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

На відміну від інших випадків підрахунку сил закріплення, де ми застосовували принцип не передачі сил різання на затискні пристрої, конструкція кондукторних пристосувань передбачає розподіл сил закріплення заготовки між опорною і затискною поверхнею. При цьому варіанті підрахунку сили тертя розподіляються між верхньою затискною поверхнею та нижньою опорною поверхнею.

Коефіцієнт запасу закріплення розраховується за формулою (2.2):

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.2)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу [8, с.100];

k_1 – враховує зміну сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці [8, с.100];

k_2 – враховується у всіх випадках обробки та залежить від виду обробки, матеріалу, який обробляється та нерівномірного зносу ріжучого інструменту [8, таб. 6.1 с. 101];

k_3 – враховує умови переривчастого виду обробки [8, с.100];

k_4 – характеризує затискний пристрій з точки зору постійності сил затиску [8, с.100];

k_5 – характеризує ручні затиски з точки зору зручності закріплення деталі [8, с.100];

k_6 – враховується у тому випадку, коли розрахунок сил затиску робиться з урахуванням моментів сил різання та залежить від виду опорної поверхні пристосування [8, с.100].

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 4,84$$

Підрахунок сили затиску за формулою (2.3):

$$W = \frac{3kMn}{f \left[\left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left(\frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]} \quad (2.3)$$

де M – крутний момент на свердлі, Н·м;

f – коефіцієнт тертя спокою;

n – число одночасно працюючих свердл.

$$W = \frac{3 \cdot 4,84 \cdot 0,29 \cdot 4}{0,16 \left[\left(\frac{0,166^3 - 0,158^3}{0,166^2 - 0,158^2} \right) + \left(\frac{0,142^3 - 0,135^3}{0,142^2 - 0,135^2} \right) \right]} = 400 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмокамери за формулою (2.4):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (2.4)$$

де Q – сила затиску, Н;

p – тиск в пневмосистемі, МПа;

η – коефіцієнт корисної дії.

Визначаємо діаметр пневмокамери за формулою (2.4):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 400}{\pi \cdot 0,3 \cdot 0,85}} = 43,93 \text{ мм}$$

Для даного робочого пристосування приймається найближчим діаметр пневмоциліндру, з ряду стандартних $D=75$ мм. Відповідно до діаметру циліндра вибираємо діаметр штоку $d=20$ мм [8, таб.7.3 с.139].

Економічний ефект з впровадженням даного пристосування

Визначення економічної ефективності конкретної конструкції пристрою базується на порівнянні вартості базового і пропонованого варіантів конструкції пристрою.

Якщо в порівнюваних варіантах пристосування витрати на електроенергію, стисле повітря, знос обладнання, інструменту, обслуговування однакові, то економічну оцінку можна порівняти з технологічними витратами на обробку однієї деталі.

Підрахунок технологічної собівартості обробки однієї деталі перед та після впровадження конкретного пристосування за формулами (2.5), (2.6):

$$C_a = L_a \left(1 + \frac{z}{100}\right) + \frac{S_a}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100}\right), \quad (2.5)$$

$$C_b = L_b \left(1 + \frac{z}{100}\right) + \frac{S_b}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100}\right) \quad (2.6)$$

де C_a, C_b – собівартість виготовлення однієї деталі, грн;

L – штучна заробітна плата, грн;

z – цехові накладні на заробітну плату, %;

S – витрати на виготовлення та наладку пристосувань, грн;

N – річна програма випуску або число деталей в партії, шт;

i – срок амортизації пристосувань, в роках;

q – витрати пов'язані з утриманням, ремонтом та експлуатацією пристосувань в %.

Підрахунок штучної заробітної плати при обробці однієї деталі за формулою (2.7):

$$L = t_{\text{шт}} \cdot p \quad (2.7)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час на виконання операції обробки заготовки, хв;

p – хвилинна тарифна ставка робітника, грн.

$$L_a = 0,752 \cdot 18 = 13,54 \text{ грн.}$$

$$L_b = 0,752 \cdot 22 = 16,54 \text{ грн.}$$

Підрахунок собівартості виготовлення пристосування орієнтовно визначається в залежності від складності його конструкції за формулою (2.8):

$$S = nC_n \quad (2.8)$$

де n – кількість деталей в пристосуванні, котра визначає групу складності деталей;

C_n – питома собівартість виготовлення однієї деталі пристосування, грн.

$$S_a = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ грн.}$$

$$S_b = 30 \cdot 3 = 90 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність від впровадження даного пристосування розраховується за формулою (2.9):

$$E = (C_b - C_a) \cdot N \quad (2.9)$$

Підрахунок технологічної собівартості обробки однієї деталі перед та після впровадження пристосування за формулами (2.5), (2.6):

$$C_a = 15(1+200/100)+15/7000(1/1+20/100) = 130,2 \text{ грн.}$$

$$C_b = 90(1+200/100)+90/7000(1/2+20/100) = 116,56 \text{ грн.}$$

Підрахунок економічної ефективності від впровадження даного пристосування за формулою (2.9):

$$E = (130,2 - 116,56) \cdot 7000 = 95480 \text{ грн.}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

Необхідно розрахувати на точність контрольний пристрій (рис. 2.2). Пристосування використовується для контролю паралельності. Похибка приладу не більше 0,02 мм.

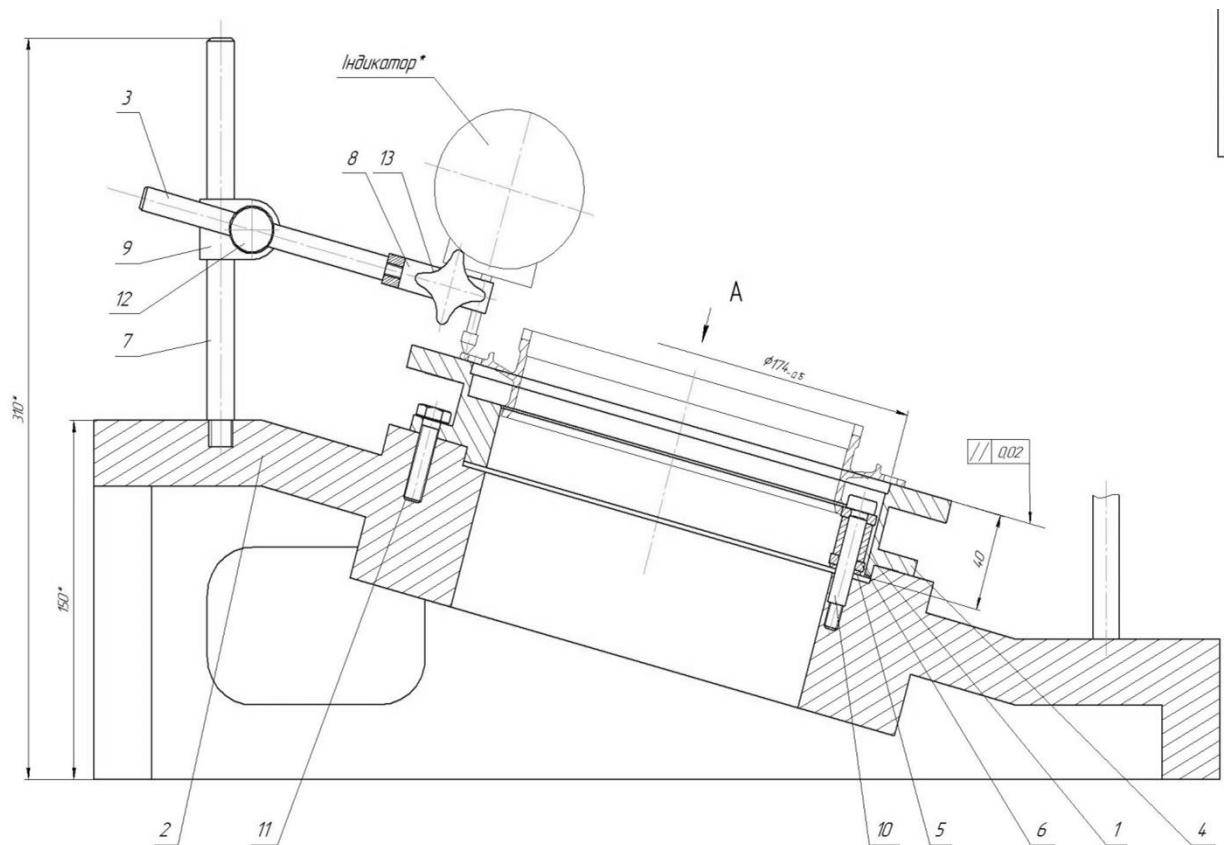


Рисунок 2.2 – Пристосування для контролю паралельності

1 – втулка, 2 – корпус, 3 – кронштейн, 4 – плита 5 – проставка, 6 – ролик,
7 – стійка, 8 – тримач, 9 – хомут, 10-13 – гвинт.

Деталь $\varnothing 142_{-0,25}$ встановлюється в отвір плити 4 таким чином, щоб вона дотикалася до роликів 6. Корпус 2 нахилений відносно горизонтальної площини під кутом, для забезпечення контакту з плитою 5. Яка до корпусу 2 кріпиться за допомогою гвинтів 10 та 11. Стійка 7 кріпиться до корпусу за допомогою різі. На стійку встановлюється кронштейн 3 з тримачем 8, у який встановлюється індикаторний годинник.

Для виміру паралельності деталь перевіряється вручну, з індикаторного годинника знімаються показання.

Визначаємо допустиму похибку вимірювання $[\epsilon_{\text{вим}}]$. На основі [9, табл.3.1, стр.129] приймається $[\epsilon_{\text{вим}}]=0,009$ мм. Визначаємо фактичну похибку вимірювань для даного контрольного пристосування, яка повинна рівнятися або бути менше допустимої похибки, яка розраховується за формулою (2.10):

$$\epsilon_{\text{вим}} = \epsilon_{\text{иу}} + \epsilon_{\text{ип}} + \epsilon_{\text{им}} + \sqrt{(\epsilon_{\text{нб}}^2 + \epsilon_{\text{з}}^2 + \epsilon_{\text{ис}}^2 + \epsilon_{\text{зп}}^2 + \epsilon_{\text{см}}^2 + \epsilon_{\text{інш}}^2)} \quad (2.10)$$

де $\epsilon_{\text{иу}}$ – системна похибка, що створюється внаслідок неточного складання та розташування кріпильних елементів на корпусі КВП;

$\epsilon_{\text{ип}}$ – системна похибка, що створюється внаслідок неточного виготовлення передавальних елементів;

$\epsilon_{\text{им}}$ – системна похибка, що створюється внаслідок неточного виготовлення еталонів та встановлюваних елементів;

$\epsilon_{\text{нб}}$ – похибка, що створюється внаслідок неспівпадання технологічної та вимірювальної баз;

$\epsilon_{\text{з}}$ – похибка, що створюється внаслідок кріплення деталі, що вимірюється через її можливу деформацію;

$\epsilon_{\text{ис}}$ – похибка, що створюється внаслідок зсуву вимірювальної бази від початкового положення під час вимірювання та яка залежить від вимірювальної сили ;

$\epsilon_{\text{зп}}$ – похибка, створена через виникання зазорів між осями важелів

передавальних пристроїв якщо такі присутні;

$\varepsilon_{\text{см}}$ – похибка використовуваної ціни вимірів;

$\varepsilon_{\text{інш}}$ – інші похибки, викликані дією випадкових чинників в процесі контролю.

Визначаємо складові сумарної похибки вимірювання.

Похибка виготовлення встановлюваних елементів пристосування (в даному випадку - втулка) на процес виміру не впливає, тому складова $\varepsilon_{\text{ву}}$ виключається.

Пристосування використовується для контролю паралельності однієї поверхні відносно іншої, тобто має місце суміщення вимірювальної та конструкторської баз, тому складова $\varepsilon_{\text{нб}}$ також виключається.

При контролі не відбувається зміщення вимірювальної бази деталі від заданого положення під дією вимірювальних сил тому, що контролер підтискає деталь до плити. Тому складова $\varepsilon_{\text{ис}}$ виключається.

У конструкції пристосування відсутні затискні елементи, передавальні елементи, і не використовуються еталони, отже також можна виключити похибки $\varepsilon_{\text{им}}$, $\varepsilon_{\text{з}}$, $\varepsilon_{\text{ип}}$.

Тому кінцевою можна прийняти наступну розрахункову формулу (2.11):

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \sqrt{(\varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{см}}^2 + \varepsilon_{\text{інш}}^2)} \quad (2.11)$$

Засобом виміру в даному пристосуванні є індикатор годинникового типу ИЧ1 з ціною поділки 0,005 мм і діапазоном вимірювання 0-1 мм. [9, табл. 3.3, стор 148] похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{\text{си}} = 0,0037$ мм.

Інша похибка визначається, як частина допуску неконтролюємого параметру:

$$\varepsilon_{\text{інш}} = 0,02 \cdot 0,04 = 0,008 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \sqrt{(0,0038^2 + 0,008^2)} = 0,0046 \text{ мм}$$

Перевіряємо умову придатності даного пристосування, порівнюючи отримане значення фактичної похибки вимірювання з найбільшим припустимим значенням:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{вим}} &\leq [\varepsilon_{\text{вим}}] \\ 0,0046 &\leq 0,005 \end{aligned}$$

Умова витримується. Отже контрольно-вимірювальний пристрій відповідає вимогам щодо точності вимірювального устаткування і може застосовуватися для виконання даної операції контролю.

3 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

3.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

3D модель деталі (рис. 3.1) в результаті розбиття її на кінцеві елементи вільною сіткою (рис. 3.2), фіксується за всіма шістьма ступенями волі верхнім лівим торцем; навантаження діє на поверхню фланця, на якій розташовані отвори (рис. 3.3). Після завдання матеріалу *Steel* (в SIEMENS NX завдається тільки матеріал, всі властивості якого програма задає автоматично) та граничних умов у програмному модулі SIEMENS NX. Візуалізацію результатів першого розрахунку – напружено-деформований стан (НДС) – зображено на рисунку 3.4.

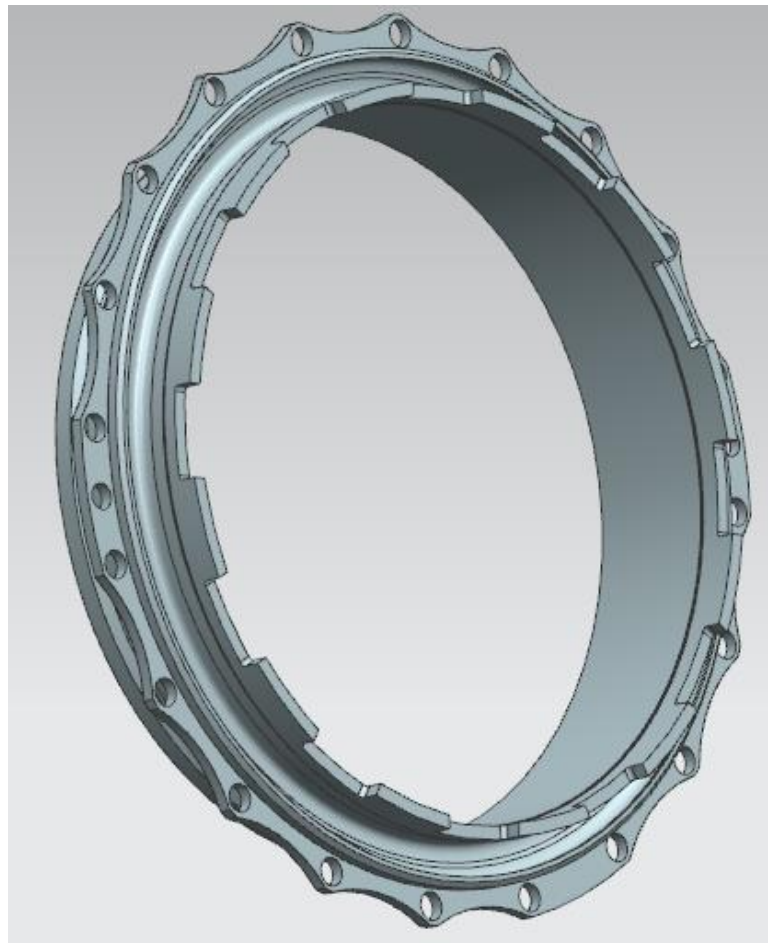


Рисунок 3.1 – Зображення моделі деталі «кільце ущільнююче»

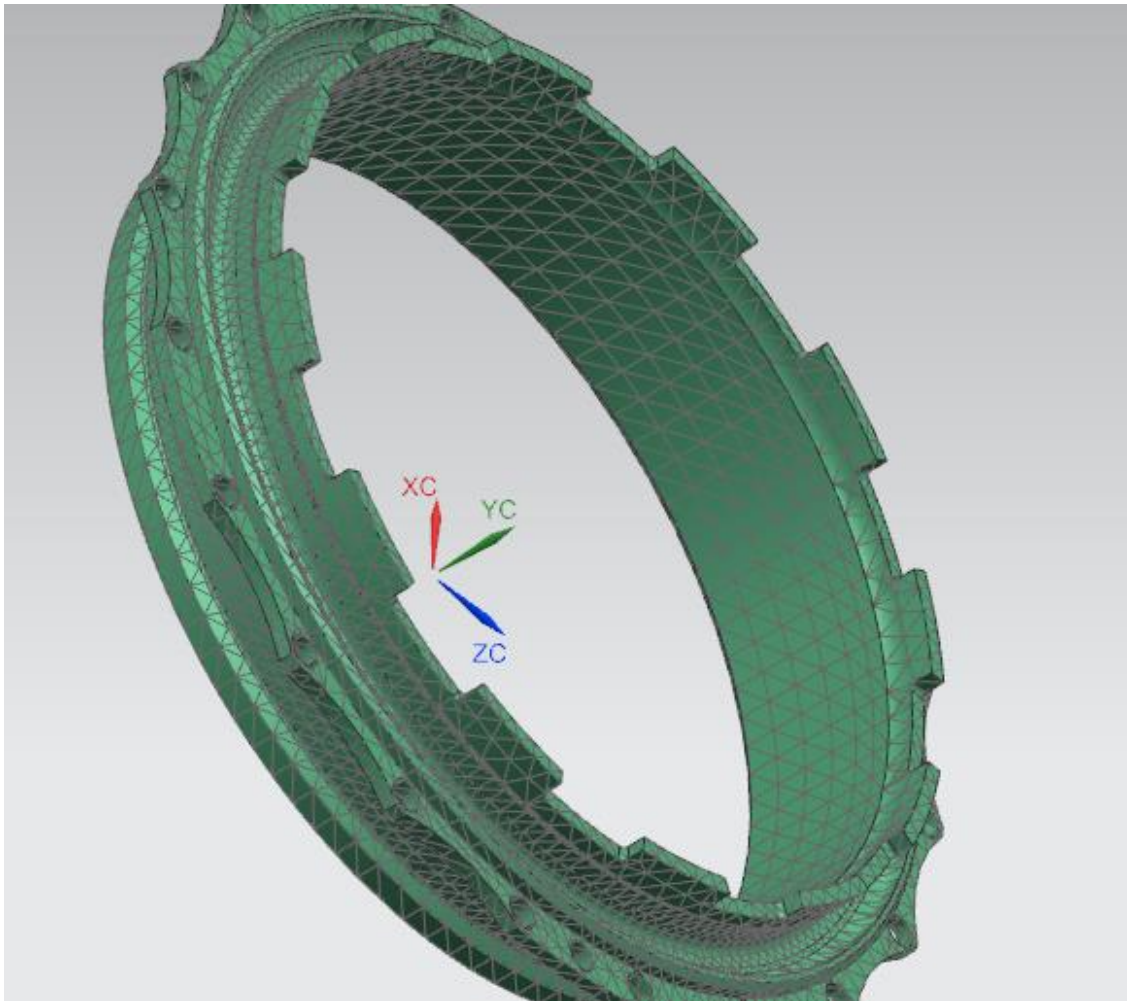


Рисунок 3.2 – Зображення кінцево-елементної моделі деталі

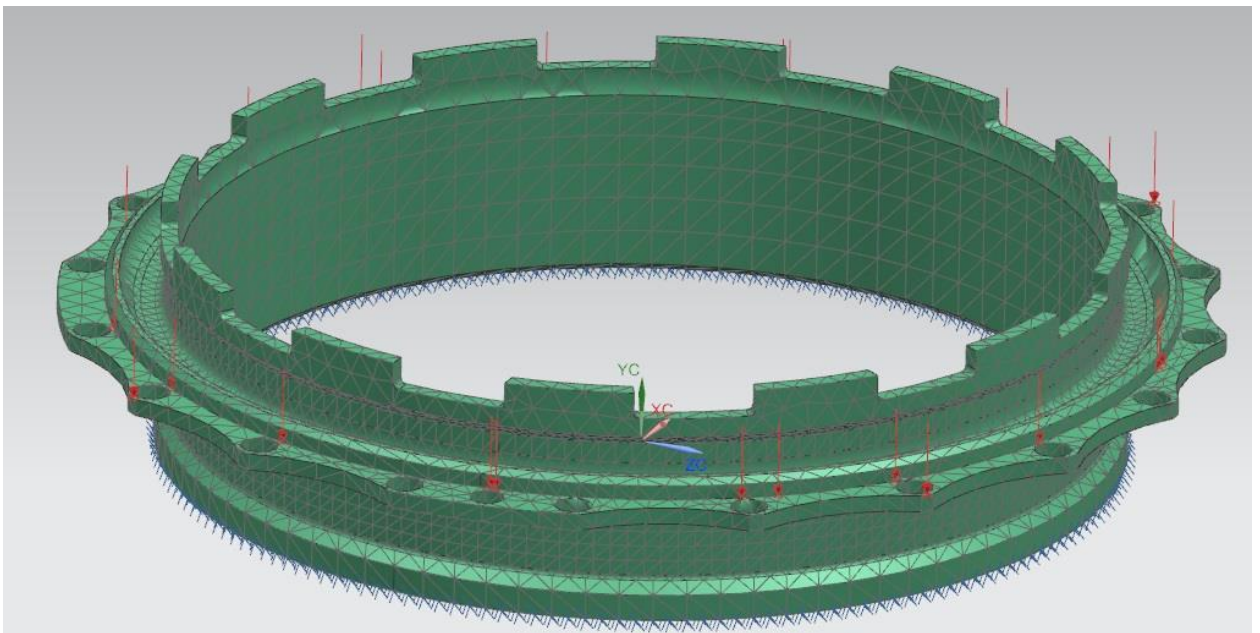


Рисунок 3.3 – Зображення моделі деталі з визначеними зонами фіксації та навантажень

Межі міцності матеріалу при розтягуванні $[\sigma_b]=665$ МПа.

Допустимий коефіцієнт запасу міцності авіабудівної промисловості $[n]=2...5$.

Щоб визначити оптимальне значення коефіцієнта запасу міцності для даної деталі, було прикладене навантаження 1 МПа (рис. 3.4), 3 МПа (рис. 3.5), 5 МПа (рис. 3.6). Результати проведених розрахунків занесено до таблиці 3.1.

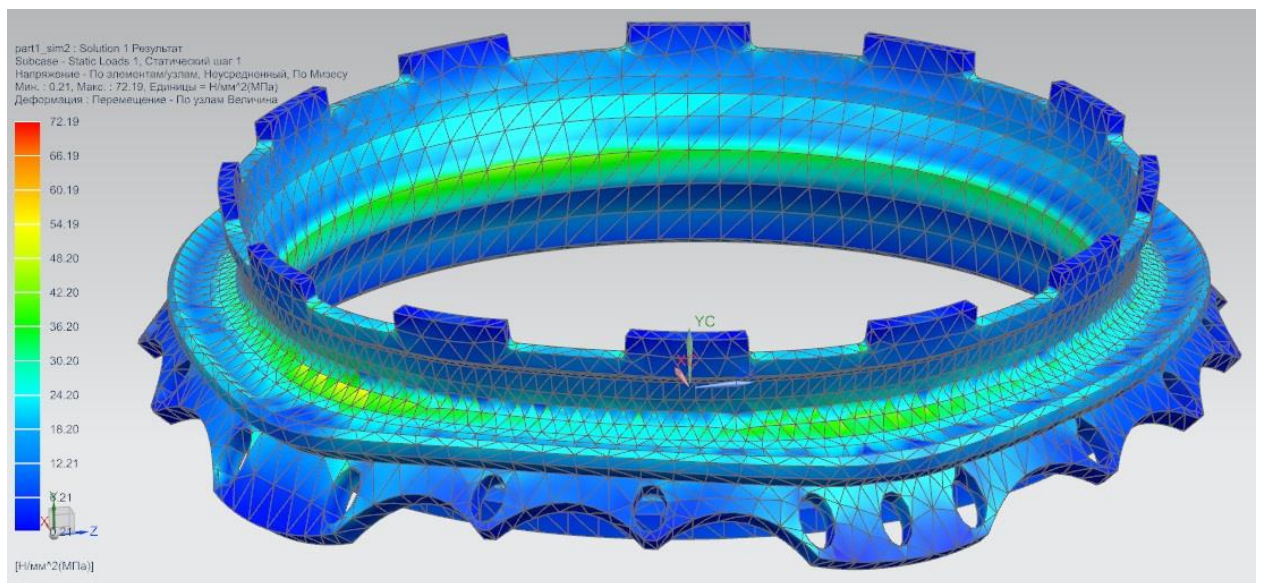


Рисунок 3.4 – 3D модель деталі з зображенням напружено-деформованого стану (НДС) після прикладеного навантаження 1 МПа

Небезпечний переріз знаходиться на внутрішньому радіусі біля фланцевої частини (рис. 3.4-3.6).

Коефіцієнт запасу міцності розраховується за формулою (3.1):

$$n = [\sigma_b] / \sigma_{\max} \quad (3.1)$$

де $[\sigma_b]$ – границя міцності матеріалу при розтягуванні, МПа;

$\sigma_{\max}$ – найбільше розрахункове напруження, що виникає в елементі

конструкції при експлуатаційному навантаженні.

Розрахунок коефіцієнту запасу міцності при різних навантаженнях, наведено в таблиці 3.1.

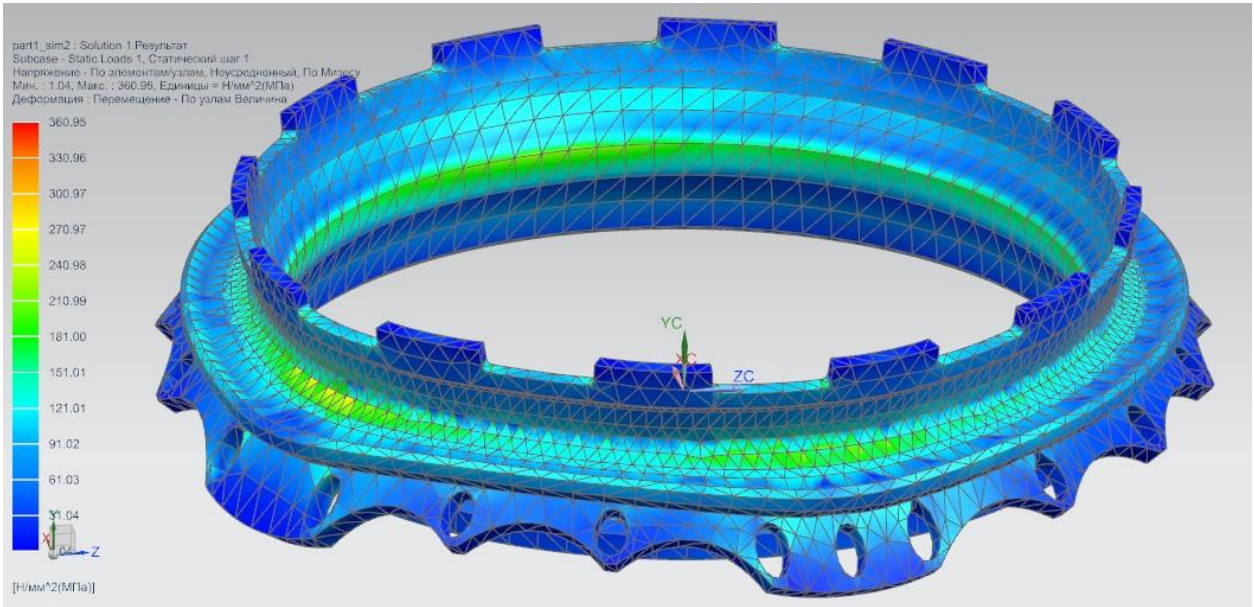


Рисунок 3.5 – Модель деталі з відображенням НДС після прикладеного навантаження 3 МПа

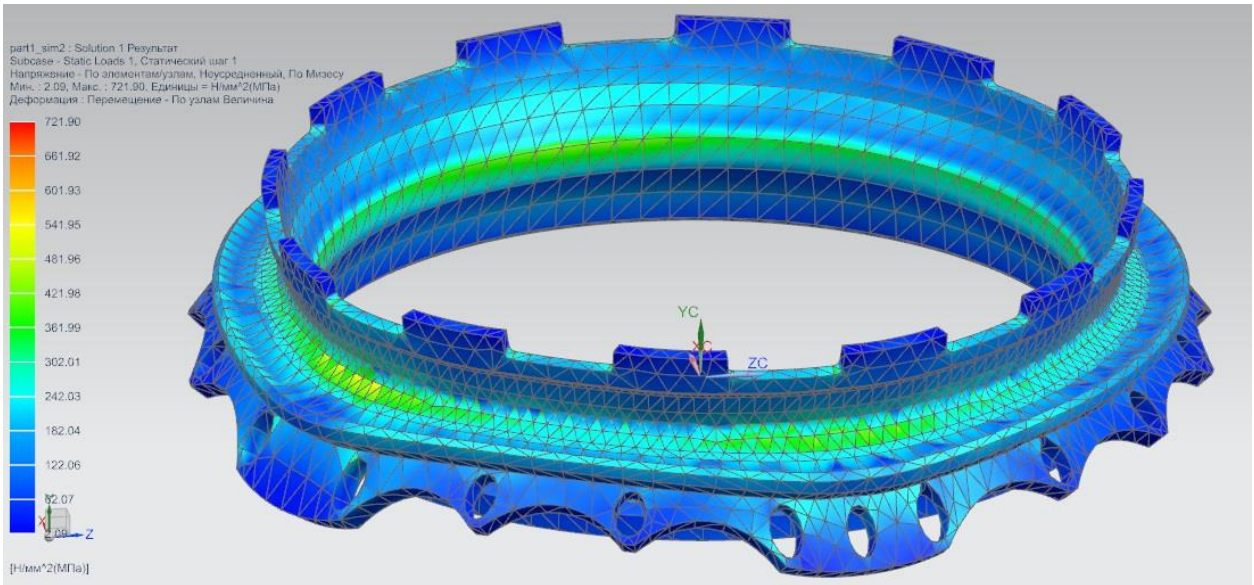


Рисунок 3.6 – Модель деталі з відображенням НДС після прикладеного навантаження 5 МПа

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків НДС та коефіцієнту запасу міцності

Прикладене навантаження σ_0 , МПа	Максимальне навантаження $\sigma_{\max}$, МПа	Коефіцієнт запасу міцності, n
1	72,19	9,21
3	247,34	2,69
5	360,95	1,84

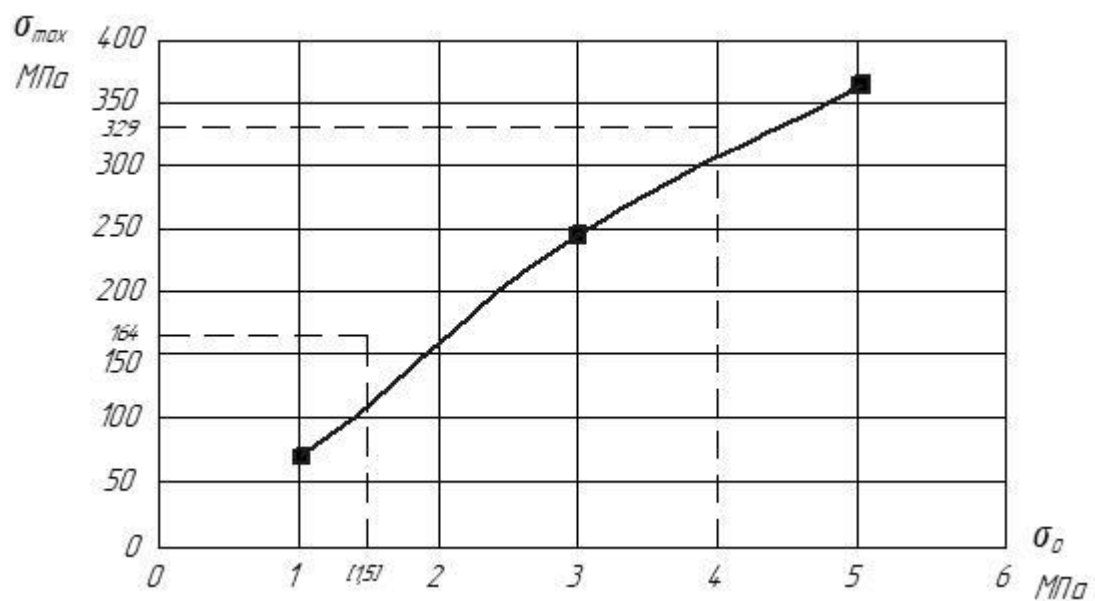


Рисунок 3.7 – Графік залежності максимального навантаження $\sigma_{\max}$ від прикладеного σ_0

За результатами, наведеними в таблиці 3.1 та графіку (рис. 3.7), можна зробити висновок, що оптимальне прикладене навантаження 2 МПа. Тому, що коефіцієнт запасу міцності при 2 МПа входить в межі допустимого. Тому для подальших розрахунків, було обране саме це значення.

Загалом для забезпечення $n_\sigma=2\dots5$ ($\sigma_{\max}=164\dots329$ МПа) навантаження повинно вкладатися в діапазон $\sigma_0=1,5\dots4$ МПа. Граничне значення $[\sigma_0]=4$ МПа.

3.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Найуразливішою частиною деталі є радіус біля фланцю (рис. 3.8). Тому саме ця частина деталі буде підлягати подальшій оптимізації.

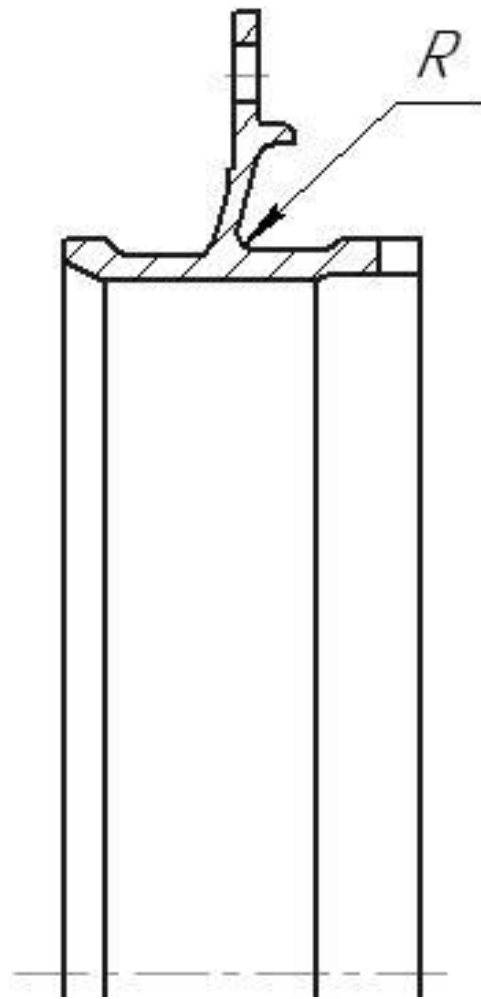


Рисунок 3.8 – Ділянка деталі, яка підлягає зміні

Під зміною конструкції деталі розуміємо змінення радіусу R (рис. 3.8), що є концентратором напружень. Змінені радіуси та результати розрахунків в SIEMENS NX заносимо до таблиці 3.2. Графічні види розрахунків зображено на рисунках 3.9-3.12.

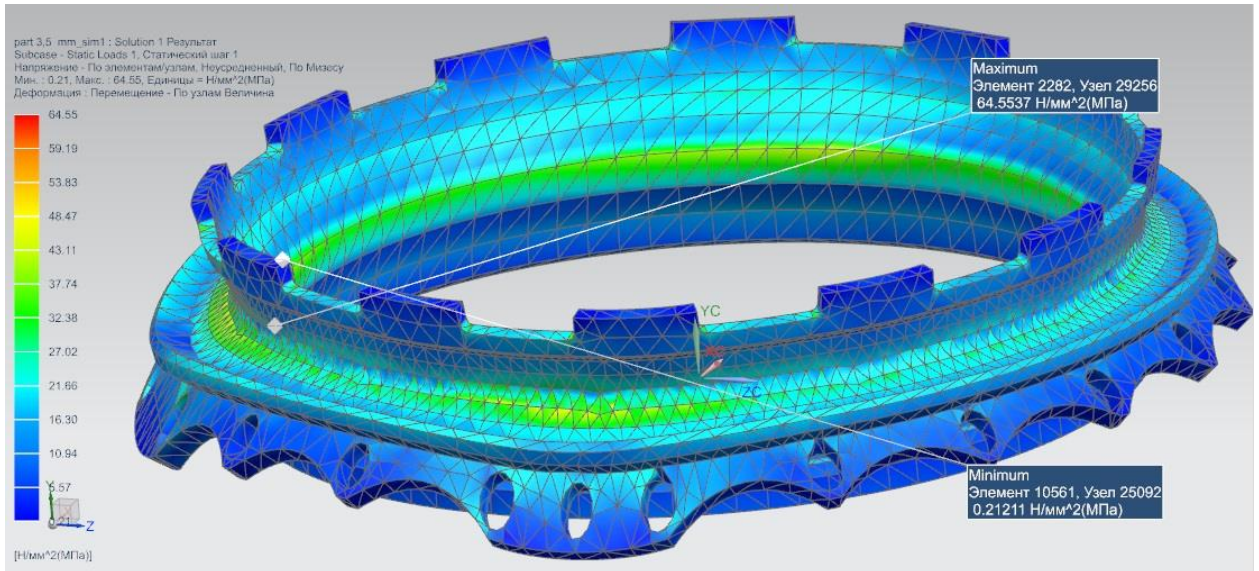


Рисунок 3.9 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на $R=3,5$ мм та відображенням максимального та мінімального значень навантаження

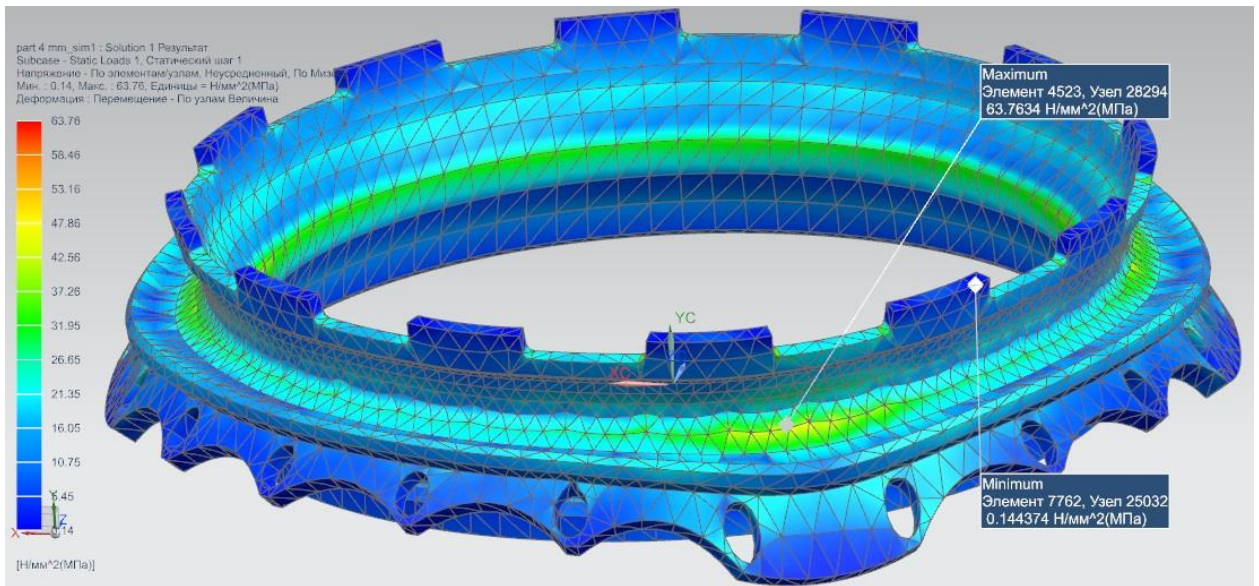


Рисунок 3.10 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на $R=4$ мм та відображенням максимального та мінімального значень навантаження

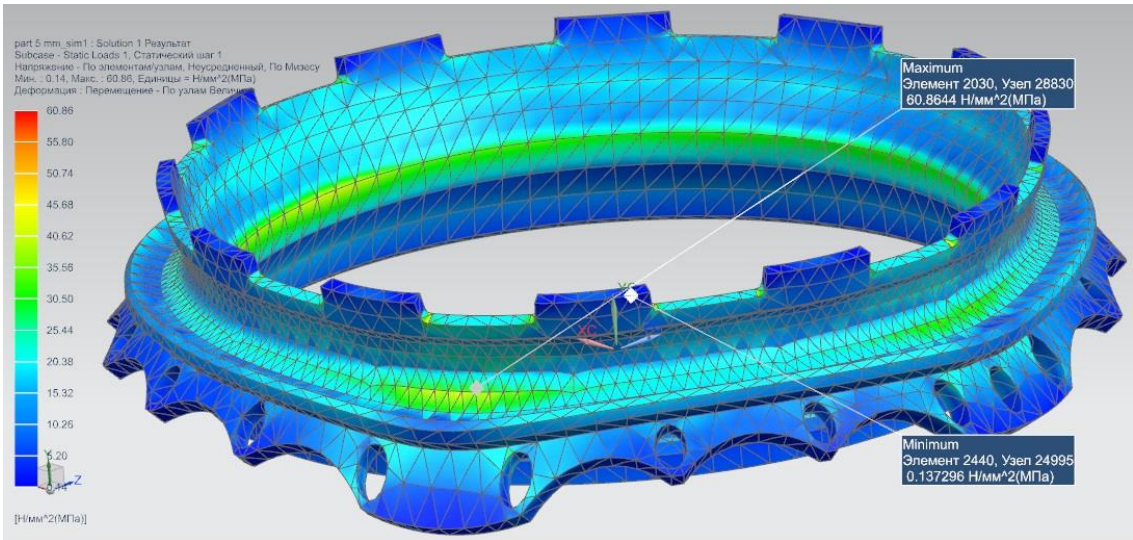


Рисунок 3.11 – Модель деталі з відображенням напружено-деформованого стану після зміни радіусу на R=5 мм та відображенням максимального та мінімального значень навантаження

Таблиця 3.2 – Результати визначення НДС при зміні радіусу (рис. 3.7)

Радіус, що підлягає зміні	σ_0 , МПа, сумарне прикладене навантаження	Максимальне напруження σ_{max} , МПа
2	4	260,29
3,5		258,21
4		255,05
5		243,46

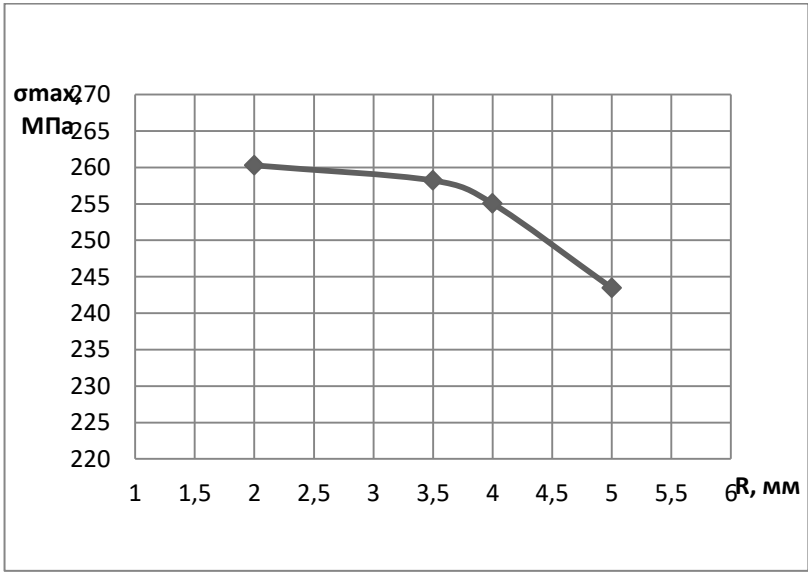


Рисунок 3.12 – Графік залежності σ_{max} від величини радіусів

3.3 Оптимізація геометрії деталі

За результатами зміни R (рис. 3.8), наведеними на (рис.3.12), можна підсумувати, що збільшення величини радіусу супроводжується зменшенням величини напруження.

Рекомендація заходів щодо майбутньої оптимізації геометрії деталі: збільшити значення радіусу (рис. 3.8) до R5 мм, якщо це не буде заважати подальшій експлуатації та функціям деталі.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ

ВИКОРИСТАННЯ СВЕРДЛИЛЬНИХ ГОЛОВОК ДЛЯ ОДНОЧАСНОГО СВЕРДЛІННЯ ДЕКІЛЬКОХ ОТВОРІВ

Розробка сучасних систем числового програмного керування (ЧПУ), що дозволяють в автоматичному режимі керувати кількома робочими органами верстата, в тому числі і одночасно за декількома координатами, дозволяє створювати верстати з ЧПУ з широкими технологічними можливостями, проводити на них комплексну обробку заготовок, застосовувати велику кількість різноманітних ріжучих інструментів [10].

Так, на токарних верстатах з ЧПУ можна проводити не тільки токарну обробку, але і свердління і розточування отворів по периферії і на торцях заготовки, фрезерування площин, пазів шпон, нарізування різи та ін. Такі верстати отримали назву токарні багатоцільові верстати з ЧПУ.

Колишні свердлильні, фрезерні та розточувальні верстати були об'єднані в один свердлильно-фрезерно-розточний верстат, на якому можна проводити свердління, розточування точних отворів, фрезерування площин і складних профілів. Ці верстати отримали назву багатоцільових верстатів з ЧПУ з вертикальним або з горизонтальною компонованням шпинделя. Спершу такі верстати називали обробними центрами і багатоопераційними верстатами. На цих верстатах проводилася обробка великою кількістю заздалегідь визначеної, встановленої в оправки або на різцедержавках ріжучого інструменту з його автоматичною заміною під час виготовлення деталей [10].

Були розроблені і застосовувалися різні варіанти револьверних головок на свердлильних і фрезерних верстатах з ЧПУ (наприклад, верстати з ЧПУ мод. 6P13PФ3 і мод. 2P13Ф2, а також ряд зарубіжних верстатів).

Однак основним недоліком таких верстатів виявилася мала ємність револьверних головок (рис. 4.1, а). Збільшення числа позицій, як показано на рис. 2, б, в, призводить до обмеження величини ходу працюючого ріжучого

інструменту через близьке розташування сусіднього інструменту. Другим недоліком таких револьверних головок в верстатах з ЧПУ була складність їх конструкції через необхідність мати в револьверній голівці шість однакових шпинделів.

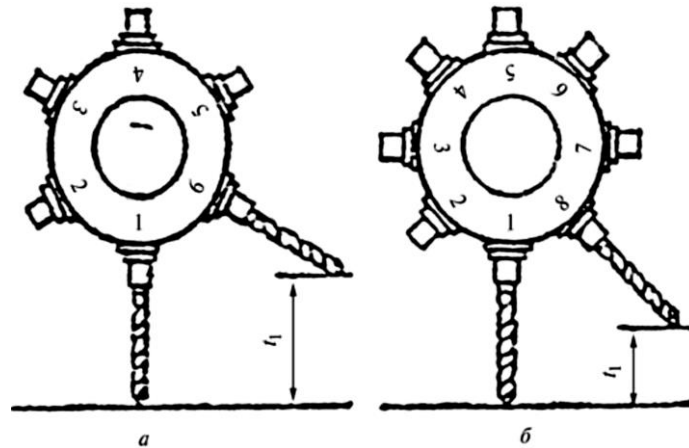


Рисунок 4.1 – Схеми револьверних головок з різною кількістю позицій:

а - шість позицій; б - вісім позицій

Револьверні головки з універсальними шарнірами виробляються давно; протягом багатьох років вони змінюються та оновлюються, але все ж таки підтверджують обґрунтованість ідеї і залишають без змін характерні риси:

- можливість використання як при свердлінні, так і при нарізанні різі;
- компактне позиціонування шпинделів в зборі, обмежується тільки розмірами однієї і тієї ж робочої області;
- пристосовність до всіх типів сверدل або спеціальних інструментів;
- особлива вигода, коли необхідно часто змінювати інтервал між отворами.

В теперішній час є велика різноманітність револьверних головок, наприклад [11]:

- з круглою підставкою (рис. 4.2) для максимально 12 отворів; максимальна продуктивність свердління $\varnothing 22$ мм, мінімальна відстань між центрами 15 мм і максимальна 350 мм;

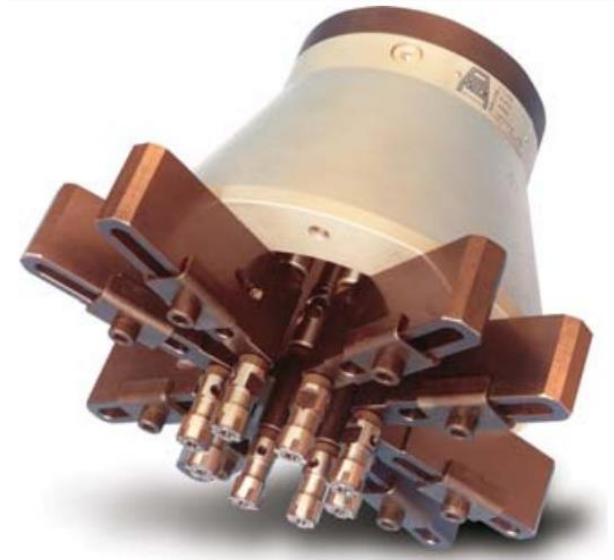


Рисунок 4.2 – Зображення револьверної головки з круглою підставкою [11]

- з лінійною підставкою (рис. 4.3) для 12 отворів; максимальна продуктивність свердління $\varnothing 22$ мм, мінімальна відстань між центрами 17 мм і максимальна 610 мм;

- з прямокутною підставкою (рис. 4.4) для максимально 16 отворів; максимальна продуктивність свердління $\varnothing 22$ мм, мінімальна відстань між центрами 32 мм і максимальна 395 мм.



Рисунок 4.3 – Зображення револьверної головки з лінійною підставкою [11]



Рисунок 4.4 – Зображення револьверної головки з прямокутною підставкою [11]

З розробкою і впровадженням систем ЧПУ на металорізальних верстатах цей спосіб заміни ріжучих інструментів отримав подальший розвиток і застосування не тільки на токарних верстатах з ЧПУ, а й на інших типах верстатів. Для даної деталі можна використовувати таку головку для операції 030 свердлення отворів по колу.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.

КОРОЗІЯ, ЇЇ ФОРМИ ТА МЕТОДИ ЇЇ ЗАПОБІГАННЯ

5.1 Корозія та її сутність

Корозія – це широко поширений природний процес. Вона має серйозні економічні наслідки. Приблизно п'ята частина щорічно виробленої в світі сталі використовується для заміни сталевих виробів, пошкоджених корозією. Незважаючи на те, що правильний і ефективний захист від корозії і збільшує початкові витрати, в довгостроковій перспективі це допоможе заощадити кошти і ресурси. Пошкодження, викликані корозією, можуть привести до дуже серйозних наслідків [13].

Корозія - це фізико-хімічна взаємодія між металом і навколишнім середовищем, що приводить до зміни властивостей металу і, можливо, до значного збитку для конструкції, середовища або технічної системи, в яку вони входять [15].

Як і всі хімічні реакції, процес корозії протікає в разі наявності відповідних сприятливих умов (рис. 5.1). Крім того, існують інші фактори, що впливають на швидкість реакції. Під видами корозії мається на увазі тип взаємодії між металом і навколишнім середовищем, а під формами корозії – феноменологічні прояви. Типи корозійних реакцій:

1. Хімічна реакція. Типова реакція хімічної корозії протікає при високих температурах в тих випадках, коли метал взаємодіє з гарячими газами і утворює оксидну плівку.

2. Металофізична реакція. Прикладом даного виду корозії є підвищення крихкості, викликане дифузією водню в метал, яке може привести до поломки деталі.

3. Електрохімічна реакція. Найбільш поширеною реакцією корозії є електрохімічна реакція. В ході таких реакцій відбувається обмін електронами

в металі і іонами в провідному електроліті, наприклад, такому, як водяна плівка на поверхні металу.



Рисунок 5.1 – Хімічні реакції за участю заліза в ході корозії і процесу відновлення металу [13]

В цілому процес можна розділити на дві часткові реакції:

- Розчинення металу – окислення або анодна реакція: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$
- Відновлення, або катодна реакція, в якій головним чином беруть участь кисень повітря і вода: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

Ці дві часткові реакції можуть протікати на поверхні металу с більш-менш рівномірним розподілом, що призводить до рівномірного руйнування, а також виникати на окремих ділянках, що призводить до виникнення локальних форм корозії, наприклад, точкової корозії.

Даний механізм і електрохімічна природа реакції корозії визначають умови, необхідні для виникнення корозії (рис. 5.2):

- наявність провідного металу;
- наявність електроліту (досить і тонкого шару рідини на поверхні);
- наявність кисню для катодної реакції.



Рисунок 5.2 – Умови протікання реакції атмосферної корозії [13]

На (рис.5.3) зображено основний механізм корозії заліза під краплею води. Розчинення металу і відновлення кисню відбувається майже на одній ділянці поверхні, а продукти реакції (іони заліза і гідроксид-іони) вступають в реакцію у воді і утворюють червону іржу. Загальна схема може бути застосована і для інших металів, наприклад, для цинку і алюмінію, але з незначними відмінностями в хімічній реакції, що проходить в електроліті.

За допомогою спрощеної моделі реакції корозії (рис. 5.3) можна пояснити виникнення багатьох форм корозії, а також знайти способи зниження її інтенсивності. Запобігаючи або сповільнюючи перебіг однієї з часткових реакцій, ми можемо сповільнювати протікання і загальної реакції корозії.

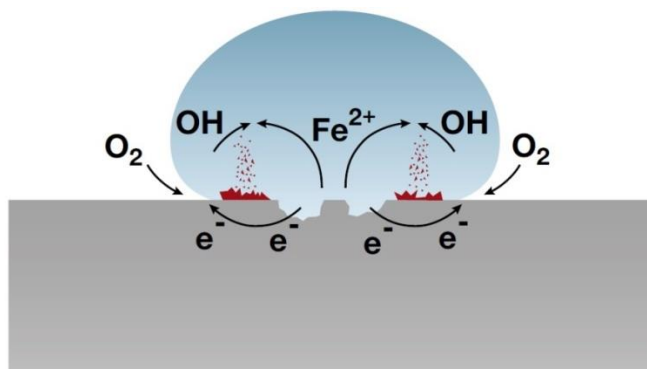


Рисунок 5.3 – Корозія заліза під краплею води, демонстрація процесів розчинення металу, відновлення кисню і утворення іржі [13]

5.2 Форми корозії

5.2.1 Рівномірна корозія (неглибока точкова корозія)

Рівномірна корозія - це форма корозії, при якій поверхня металу руйнується практично рівномірно (рис. 5.4). Часткові реакції (розчинення металу і відновлення кисню) розподілені по поверхні, що призводить до

більш-менш рівномірного розчинення металу і рівномірного утворення продуктів корозії (наприклад, червона іржа на сталі). Ступінь даної форми корозії, як правило, може бути легко оцінена на основі попередніх спостережень. Швидкість корозії вимірюється зазвичай в мікрометрах на рік (мкм/рік). На основі цих середніх величин можна визначити розрахунковий термін служби деталі і підвищити його, збільшуючи товщину деталі. Рівномірна корозія протікає, наприклад, на поверхні незахищеної вуглецевої сталі і на поверхні оцинкованої сталі при певних атмосферних умовах.



Рисунок 5.4 – Графічне зображення рівномірної корозії [13]

На практиці абсолютно рівномірне корозійне руйнування малоімовірно. Завжди будуть присутні ділянки, особливо на складних металевих деталях, на яких корозія буде протікати швидше, ніж на інших, що призведе до утворення нерівної поверхні і нерівномірного розподілу продуктів корозії (рис. 5.5 [13]).



Рисунок 5.5 – Корозія на виробі з сталі [13]

5.2.2 Точкова корозія

Точкова корозія - це локальна форма корозії, в результаті якої в металі утворюються невеликі отвори або «виразки» (рис. 5.6, 5.7 [13]). До даної форми корозії схильні в основному пасивні метали. Пасивні метали і сплави, наприклад, алюміній, титан і нержавіюча сталь, захищена від корозії тонкою оксидною плівкою на поверхні, товщина якої складає всього кілька нанометрів. Процес виникнення корозії починається в момент ушкодження ділянки пасивного шару. Місцеве корозійне руйнування нержавіючої сталі може бути викликано, наприклад, впливом хлорид-іонів.



Рисунок 5.6 – Графічне зображення точкової корозії [13]



Рисунок 5.7 – Приклад точкової корозії на виробі з нержавіючої сталі [13]

На (рис. 5.8, а-г) зображені основні стадії даного корозійного процесу на нержавіючій сталі. Точкова корозія може призвести до серйозних проблем. На відміну від рівномірної корозії, яку чітко видно на поверхні, єдиною

ознакою точкової корозії є тільки крихітні отвори на поверхні. Кількість металу, котрий втрачається всередині цих отворів, невідома, оскільки всередині деталі можуть утворитися приховані порожнини, що ускладнює виявлення і прогнозування точкової корозії. З технічної точки зору, практичних способів контролю над точковою корозією не існує. Виникнення даної форми корозії необхідно виключати на початковій стадії за допомогою конструкторських рішень і використання відповідних матеріалів. Крім того, точкова корозія часто може бути початком більш серйозних форм корозії, наприклад, корозійного розтріскування під напруженням.

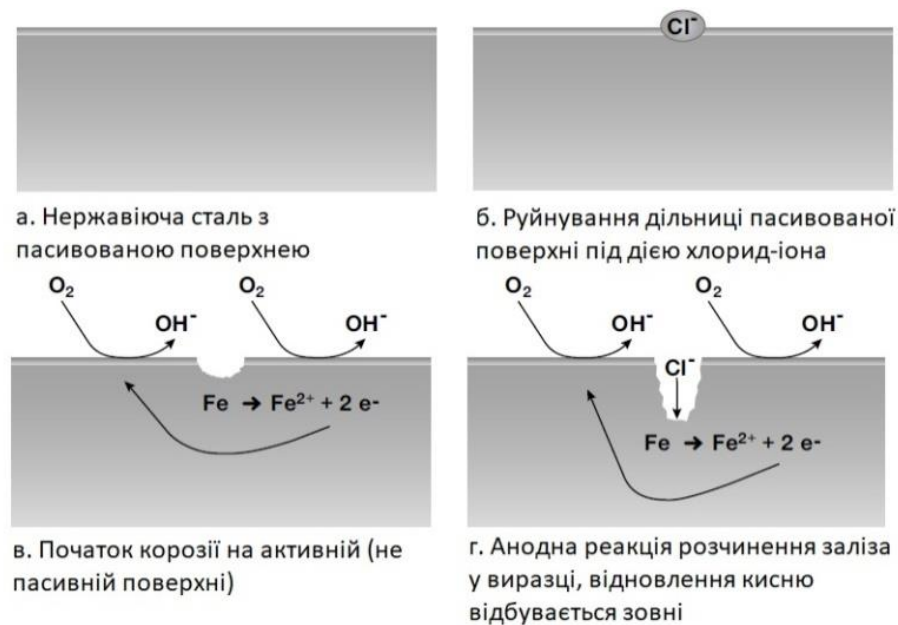


Рисунок 5.8 – Фази процесу точкової корозії на поверхні виробу із нержавіючої сталі [13]

5.2.3 Щілинна корозія

Терміном «щілинна корозія» позначається корозія, що виникає в тріщинках або щілинах між двома поверхнями (які можуть бути виготовлені як з однакового металу, так і з різних металів, і навіть в тому випадку, якщо

одна з поверхонь не є металом). Даний вид корозії (рис. 5.9 [13]) виникає через утруднений доступ кисню повітря за допомогою дифузії в область щілини, що призводить до різних рівнів концентрації розчиненого кисню в загальному електроліті (так званого кисневого осередку). У цьому випадку також відбуваються дві часткові реакції на різних ділянках поверхні. Відновлення кисню відбувається на зовнішніх ділянках, де концентрація кисню вище і куди є вільний доступ навколишнього повітря та анодна реакція розчинення металу відбувається всередині щілини, що призводить до локального руйнування (наприклад, утворення виразок). Даний вид корозії може також виникнути на ділянках під шайбами і ущільнювальними прокладками в тому випадку, якщо вони не захищені від попадання води (рис. 5.10 [13]). Існують обмеження мінімального і максимального розміру тріщини, при якому можлива корозія. Якщо щілина дуже вузька, то в неї не зможе проникнути електроліт, без якого корозія неможлива.



Рисунок 5.9 – Графічне зображення щілинної корозії [13]

При занадто широкій щілині доступ кисню не обмежений, і кисневий осередок не утворюється, відповідно, різниця в концентрації кисню не виникає. Однак конкретна ширина щілини, при якій може виникнути корозія, залежить від кількох факторів, наприклад, типу використовуваних металів, корозійного середовища і частоти зміни середовища з сухого на вологе і навпаки.

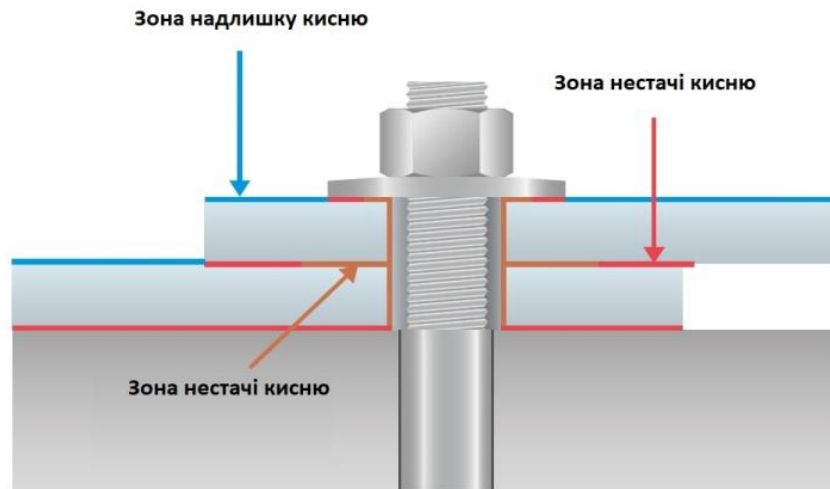


Рисунок 5.10 – Можливі ділянки утворення щілинної корозії на кріпильних елементах [13]

5.2.4 Розтріскування, викликане впливом середовища

Корозійне розтріскування під напруженням (КРН) - це поєднання механічного та електрохімічного корозійних процесів, в результаті якого відбувається розтріскування певних матеріалів (рис. 5.11). Це явище може призвести до несподіваних і раптових руйнувань через підвищення крихкості зазвичай пластичних металів при напруженні набагато нижчому, ніж межа міцності. Внутрішнє напруження в матеріалі може виявитися достатнім для того, щоб привести до виникнення корозійного розтріскування під напруженням.

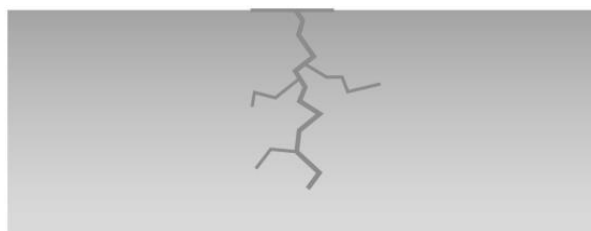


Рисунок 5.11 – Графічне зображення КРН [13]

КРН слід розглядати не просто як поєднання корозії і механічного напруження, а скоріше, як аутокаталітичний самоприскорюючий процес, який призводить до високої швидкості розчинення металу (анодна реакція). Спочатку утворюється невелика виразка, яка переростає в тріщину під дією прикладеного чи залишкового напруження в матеріалі. Утворення тріщини призводить до появи нової активної (не пасивної) металевої поверхні, яка, в свою чергу, буде схильна до корозії. Це призводить до розростання тріщини і появи нових високоактивних ділянок поверхні металу в тріщині. Область розчинення металу в тріщині буде швидко поширюватися до моменту виникнення механічного пошкодження.

КРН – це особлива форма корозії, яка виникає тільки при одночасному виконанні трьох різних умов (рис. 5.12). Механічний вплив (навантаження, напруження), матеріал (сплав, схильний до корозії, наприклад, аустенітна нержавіюча сталь), навколишнє середовище (високоагресивне середовище, наприклад, наявність хлоридів).



Рисунок. 5.12 – Умови виникнення КРН [13]

5.2.5 Міжкристалічна (міжзернова) корозія

Міжкристалічна корозія - це особлива форма локальної корозії, при якій корозія відбувається на дуже вузькій ділянці, переважно розташованій

уздовж границь зерен в структурі металу (рис. 5.13). Найбільш поширеним наслідком даної форми корозії є швидке механічне пошкодження (зниження пластичності) матеріалу. Зазвичай виникнення даної форми корозії можна запобігти за рахунок використання відповідних металів і виробничих процесів.

Широко відомим прикладом даного явища в будівництві є так звана сенсibiliзація нержавіючої сталі. При нагріванні певних марок даного матеріалу до температури від 500°C до 800°C протягом тривалого часу, наприклад, при зварюванні, утворюються насичені хромом карбіди, що призводять до виділення хрому на границях зерен. В результаті стійкість до корозії на границях зерен стає нижче, ніж в решті частин матеріалу, що призводить до локального корозійного руйнування (рис. 5.14).

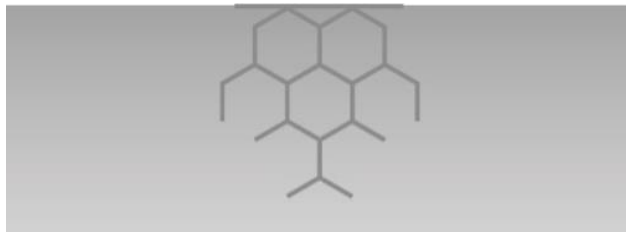


Рисунок 5.13 – Графічне зображення міжкристалічної корозії [13]

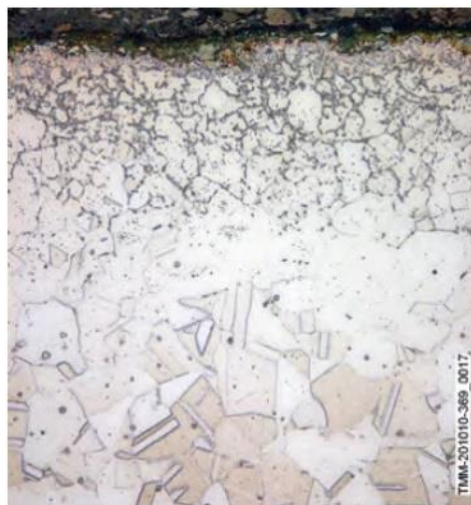


Рисунок 5.14 – Растрово-електронна мікрофотографія руйнування ділянки зварного шва [13]

5.2.6 Гальванічна (контактна) корозія

Гальванічна корозія - це корозійне пошкодження, що виникає, коли два різнорідних метала утворюють електропровідне з'єднання і стикаються із загальним корозійним електролітом. В електрохімічній моделі корозії одна з двох часткових реакцій (анодна реакція розчинення металу і катодна реакція відновлення кисню) протікає практично виключно в одному з металів (рис. 5.15).

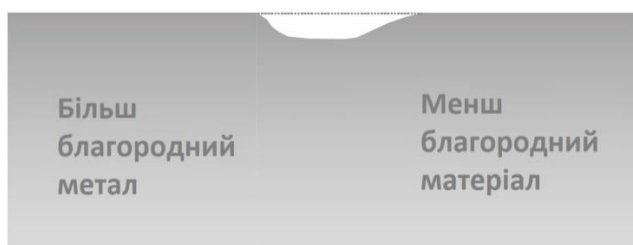


Рисунок 5.15 – Графічне зображення гальванічної корозії [13]

У загальному випадку, менш благородний з двох металів розчиняється (анодна реакція розчинення металу), а більш благородний метал не буде схильний до корозії (він виступає лише в якості катода для відновлення кисню). При гальванічній корозії швидкість корозії менш благородного металу буде вище, ніж у такого ж металу у вільному корозійному середовищі при відсутності контакту з іншим металом.

Використовуючи термодинамічні дані, можна прогнозувати, які поєднання матеріалів будуть схильні до гальванічної корозії. Вдалим прикладом використання явища гальванічної корозії, є використання цинку для захисту вуглецевих і низьколегованих сталей. Цинк є менш благородним металом і захищає сталь від корозії, приймаючи її на себе (рис. 5.16). В даному з'єднанні використовується оцинкована вуглецева сталь (шайба) і нержавіюча сталь (шуруп і деталь). Площа поверхні більш благородного

металу (нержавіючої сталі) більше, що призводить до виникнення сильної корозії шайби.



Рисунок 5.16 – Стандартний випадок контактної корозії [13]

5.3 Корозія і антикорозійний захист вуглецевої сталі

Використання нелегованої сталі (тобто маловуглецевої або вуглецевої сталі), з якої виробляється більшість монтажної продукції, вимагає застосування антикорозійного захисту. У більшості середовищ швидкість корозії вуглецевої сталі (зазвичай близько 20 (мкм/рік) в сільській місцевості на відкритому повітрі і до 100 мкм/рік в прибережних районах) зазвичай є занадто високою, і досягнення задовільних результатів при використанні даного матеріалу неможливо. При розробці продукції втрата основного матеріалу зазвичай не враховується. Тому необхідно шукати дієві та економічні рішення з антикорозійного захисту виробів з вуглецевої сталі.

Наприклад, в лужному середовищі залізо і сталь зазвичай зберігають стабільність. Це пояснює той факт, що арматура, виготовлена з вуглецевої сталі, вже досить захищена від корозії в лужному середовищі, тобто у бетоні, що її оточує.

5.3.1 Фосфатування

Сталь поміщається в кислий розчин, що містить металофосфатні солі (цинку, заліза). Розчин вступає в реакцію з поверхнею сталі, утворюючи мікрокристалічний шар фосфатів на поверхні (рис. 5.17). Це призводить до утворення шорсткої поверхні, яка має чудову мастилоутримуючу здатність.

Мастило, що наноситься на вироби для забезпечення антикорозійного захисту, залишається на поверхні протягом часу, достатнього для забезпечення захисту під час звичайного транспортування і незначного підвищення загального антикорозійного захисту. Такі вироби можуть використовуватися тільки в сухих приміщеннях. Наприклад компанія “Hilti” використовує фосфатування для обробки шурупів для гіпсокартону.

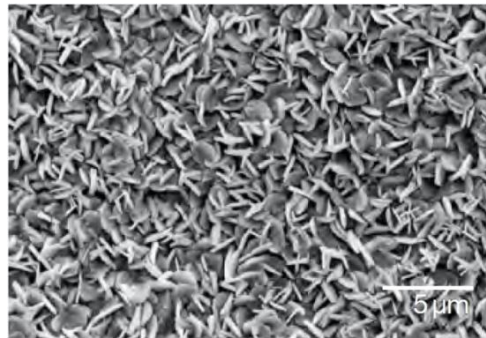


Рисунок 5.17 – Кристали фосфатів на сталевий поверхні при 3000-кратному збільшенні [13]

5.3.2 Електролітичне цинкування

Через водний розчин, що містить іони цинку, пропускається електричний розряд, що призводить до відкладення цинку на сталевий основі. Перед цим деталі зазвичай очищують і протруюють, а після

відкладення цинку деталь піддається пасивуванню. Цей спосіб відмінно підходить для захисту деталей з різьбленням, оскільки він дозволяє домогтися однорідного і щільного покриття.

Товщина покриття складає від 5 до 15 мкм.

Через невисоку максимальну товщину покриття вироби з гальванічним цинковим покриттям, що не мають додаткового антикорозійного захисту, слід використовувати тільки в сухих приміщеннях. Використання гальванізації також дозволяє наносити на виріб покриття із сплавів цинку, наприклад, ZnNi. Електролітичне цинкування може призводити до поглинання водню. Високоміцні кріпильні елементи марки “Hilti”, наприклад, цвяхи для прямого монтажу, проходять температурну обробку (протягом 24 годин при температурі 180°C) після електролітичного цинкування для видалення водню.

5.3.3 Гаряче цинкування

В ході даного процесу сталеві деталі поміщаються в резервуар з розплавленим цинком. За допомогою даного способу можна нанести покриття на великі деталі розміром до декількох метрів. Після гарячого цинкування дрібні деталі, наприклад, болти і анкери, обробляються на центрифугі для видалення цинку з різьби.

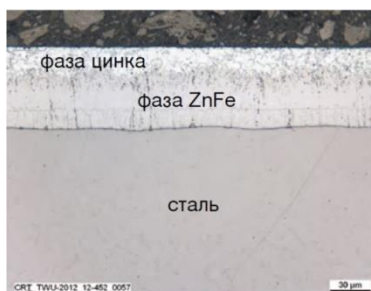


Рисунок 5.18 – Мікрофотографія гарячеоцинкованої сталі [13]

Зазвичай товщина покриття становить від 35 до 100 мкм, в залежності від товщини матеріалу і складу сталі. Цинкування зазвичай займає кілька хвилин.

Розплавлений цинк вступає в реакцію зі сталевою основою і утворює шар сплаву $ZnFe$, покритий шаром чистого цинку (рис. 5.18). Продукти корозії на деталях, які пройшли гаряче цинкування, мають коричневий відтінок через наявність заліза в цинковому покритті. Однак це не є ознакою корозії сталеві основи (рис. 5.19).



Рисунок 5.19 – Коричневі розводи на оцинкованому сталевому профілі, після випробування в соляному тумані 200 годин. Корозія сталі відсутня [13]

5.3.4 Безперервне гаряче цинкування (гальванізація по методу Сендзимира)

В ході даного процесу листовий метал в бухтах очищається, піддається відпалу (термічна обробка) і потім простягається через чан, наповнений розплавленим цинком (рис. 5.20). У чані з цинком міститься невелика кількість алюмінію. Алюміній вступає в реакцію з поверхнею сталі і утворює так званий інгібіторний шар товщиною в кілька нанометрів, який уповільнює утворення фази $ZnFe$. Покриття в основному складається з чистого цинку.

Товщина покриття складає від 10 до 70 мкм з обох боків листа і регулюється за рахунок видалення зайвого цинку за допомогою струменя повітря.

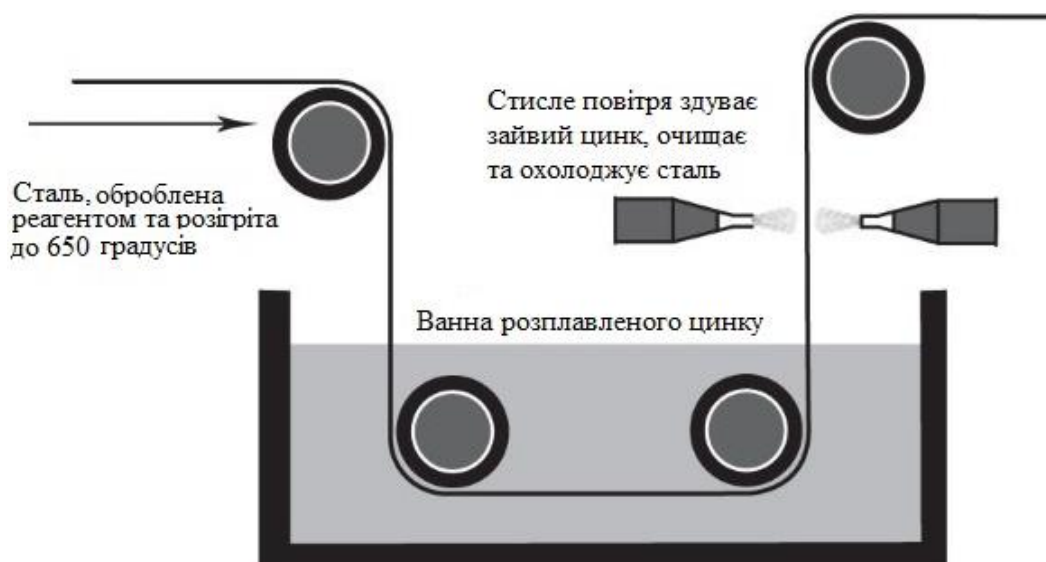


Рисунок 5.20 – Принцип цинкування по методу Сендзимира [14]

Крім покриття з чистого цинку, безперервне гаряче цинкування дозволяє отримувати покриття із сплавів цинку, наприклад, $ZnAl$ і $ZnAlMg$. Зазвичай покриття містять 2-4% алюмінію або магнію і мають підвищену стійкість до корозії, яка приблизно в два рази вище, ніж у цинкового покриття аналогічної маси.

5.3.5 Дифузійне цинкування (термічна дифузія)

Дифузійне цинкування - це спосіб нанесення цинкового покриття за допомогою термічної дифузії. Сталеві деталі поміщаються в чан, в якому знаходиться порошок цинку, і нагріваються до температури понад $320^{\circ}C$. Цинк не перебуває у рідкому стані, і покриття утворюється за рахунок термічної дифузії порошку цинку в сталеві деталі (рис. 5.21).

Товщина покриття може досягати 45 мкм.

δ -фаза формується на поверхні матричної основи виробу, товщина шару від 2 мкм до 4 мкм, вміст заліза до 25%, цинку - до 75%; γ -фаза формується

на поверхні оброблюваної деталі, товщина шару від 100 мкм до 160 мкм, вміст заліза до 12%, цинку - до 88%.

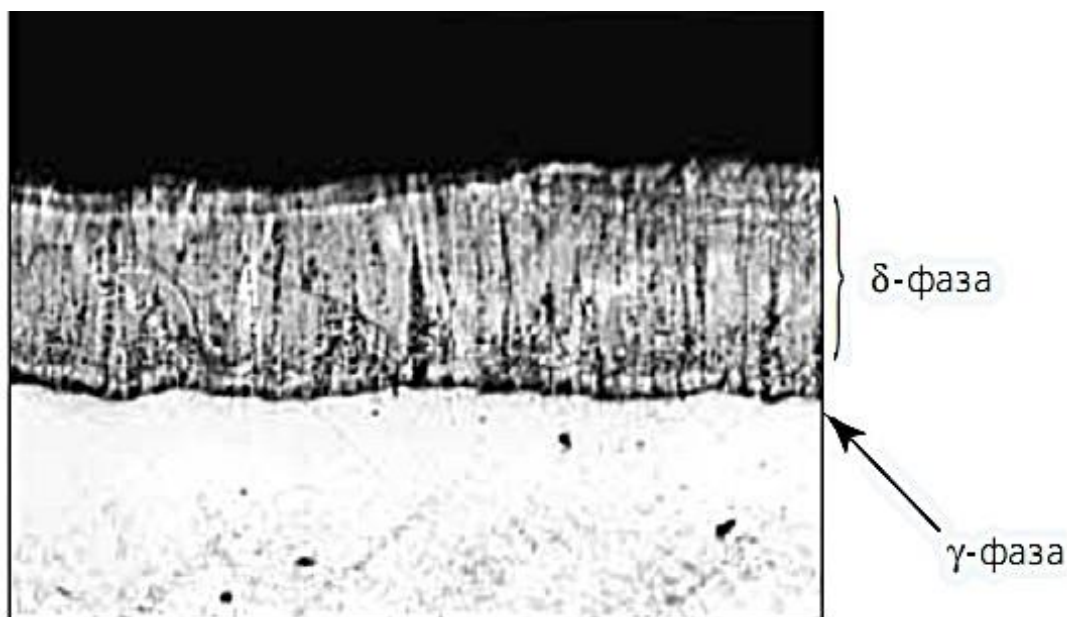


Рисунок 5.21 – Мікроструктура цинкового слою після термодифузійної обробки [14]

Дані покриття складаються в основному зі сплаву ZnFe, який забезпечує надійний захист від корозії, яку можна порівняти за ефективністю з захистом після методу гарячого цинкування. Навіть у випадку складних деталей з різьбленням даний процес дозволяє отримувати міцне і рівномірне покриття.

На операції 120 (хіміко-термічна) виконується гаряче цинкування.

Цинкування гарячим способом деталі «кільце ущільнююче» проводиться в наступній послідовності:

1. знежирення – процедура видаляє з поверхні деталей забруднення (наприклад, масла). Проводиться при температурі від 60°C до 80°C із застосуванням знежирювальних реагентів, вибір яких визначається в залежності від виду забруднення. Знежирення виключає розшарування цинкового покриття після його нанесення;

2. промивання – видалення з поверхні виробів піни і жирних складів, які осідають на металі після ванни знежирення;

3. травлення – очищення поверхонь виробів шляхом видалення з них іржі (при зберіганні в неприпустимих умовах) або окалини (утворюється після гарячої обробки). Операція проводиться в температурному режимі від 20°C до 25°C із застосуванням соляної кислоти в концентрації 120 - 210 г/л;

4. повторне промивання – щоб нейтралізувати залишкові сліди кислоти, а також для видалення солей, потрібна повторна промивка деталей. Застосування відразу декількох промивних ванн оптимізує процес промивання і одночасно скорочує витрати води.

5. флюсування – це заключний процес підготовки поверхні деталей, на яких при промиванні могли знову з'явитися оксиди заліза. Обробка проводиться при температурі 60°C з використанням концентрованого розчину флюсу 400 – 600 г/л, склад якого включає хлорид амонію і хлорид цинку. Очищення виконується з додаванням перекису водню. Згодом осад надходить в систему відстоювання і фільтрації.

6. попередній нагрів і сушка – на даному етапі з поверхні виробів видаляються залишки вологи. Операція сприяє нагріванню металу до 100°C, збільшуючи ефективність печі, заощадує енергію і знижує собівартість цинкування.

Оскільки сушка займає більше часу, ніж гаряче оцинкування металу, доцільно в сушильній печі передбачити мінімум 2 камери.

7. цинкування – цинковий сплав наносять на поверхню металу при температурі від 445°C до 460°C, що зменшує появу оксидів, штейну і інших утворень. Витяжка газів, що відходять відбувається завдяки системі аспірації і фільтрації.

8. охолодження – щоб гарячий цинк охолов, перед упаковкою деталі охолоджують природним шляхом (на відкритому повітрі). Процедуру проводять на місцях зберігання прокату.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

У даному дипломному проєкті для отримання ефекту підвищення техніко-економічних показників було об'єднано дві свердлильних та одну різьбонарізну операцію, які виконувалися на двох свердлильних верстатах 2Т140 та 2А592, в одну свердлильну 030 операцію на верстаті 2Р118Ф2.

Розрахунок річної економії за рахунок об'єднання операцій без врахування вартості основного матеріалу [12, с.91]:

$$E_{\text{річ}} = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \quad (6.1)$$

де $C_{1/2}$ – технологічна собівартість одиниці продукції до і після заміни обладнання;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат;

$K_{1/2}$ – питомі капітальні витрати до і після заміни обладнання, що приходять на одиницю продукції розраховуються за формулою (6.2).

$$K_1 = B_{\text{бал1}} / N \quad K_2 = B_{\text{бал2}} / N \quad (6.2)$$

де $B_{\text{бал1}}, B_{\text{бал2}}$ – балансова вартість обладнання до і після заміни грн./шт.

Частіше всього технологічна собівартість на одиницю продукції включає такі статті витрат, наведених в формулі (6.3):

$$C = M + Z_o + A_v + B_p + B_e + B_{\text{ін}} + B_{\text{пр}} \quad (6.3)$$

де M – вартість основних матеріалів, грн/шт, розраховується за формулою (6.4):

$$M = H_B \cdot C_M - B \cdot C_B \quad (6.4)$$

де H_B – норма витрати матеріалу на одиницю продукції, кг;

C_M – ціна матеріалу за 1 кг, грн/кг;

B – величина відходів на одиницю продукції, кг;

C_B – ціна відходів за 1 кг, грн/кг.

Z_o – основна заробітна плата основних робочих, грн/шт, розраховується за формулою (6.4):

$$Z_o = P_{\text{від.сум}} \quad (6.5)$$

де $P_{\text{від.сум}}$ – відрядна сумарна розцінка за всіма операціями технологічного процесу.

A_v – амортизаційні відрахування на деталь, грн/шт, розраховується за формулою (6.4):

$$A_v = B_{\text{бал}} \cdot H_a / (100 \cdot N) \quad (6.6)$$

де $B_{\text{бал}}$ – балансова вартість обладнання, грн/шт;

H_a – норма амортизації, %.

B_p – витрати на ремонт, грн/шт, розраховується за формулою (6.7):

$$B_p = 0,5 \cdot A_v \quad (6.7)$$

B_e – витрати на силову енергію, грн/шт, розраховується за формулою (6.8):

$$B_e = (N_{\text{обл}} \cdot K_n \cdot T_{\text{маш}} \cdot C_v) / 60 \quad (6.8)$$

де $N_{\text{обл}}$ – потужність встановленого обладнання, кВт;

$K_{\text{п}}$ — коефіцієнт попиту 0,7–0,9;

$T_{\text{маш}}$ — машинний час на операції, хв.;

$\text{Ц}_{\text{в}}$ — ціна кВт/год. силової енергії, грн./кВт.

$V_{\text{ін}}$ — витрати на ріжучий інструмент грн., розраховується за формулою (6.9):

$$V_{\text{ін}} = V_{\text{хв}} \cdot T_{\text{маш}} \cdot K_{\text{под}} \quad (6.9)$$

де $V_{\text{хв}}$ — вартість експлуатації однієї хвилини ріжучого інструменту, грн./хв.;

$K_{\text{под}}$ — коефіцієнт подорожчання інструменту.

$V_{\text{пр}}$ — витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, що займає обладнання, грн./шт:

$$V_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{вир}} \cdot K_{\text{дод}} \cdot T_{\text{шт}} \cdot C_{\text{прим}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot 60 \cdot K_{\text{вн}}} \quad (6.10)$$

де $S_{\text{вир}}$ — виробнича площа, яку займає старе та нове обладнання, м²;

$K_{\text{дод}}$ — коефіцієнт, що враховує додаткову площу;

$C_{\text{прим}}$ — вартість експлуатації приміщення, що займає обладнання, грн./шт.;

$K_{\text{вн}}$ — коефіцієнт використання ефективного часу.

Розрахунок технологічної собівартості до заміни обладнання.

Вартість основних матеріалів розраховується за формулою (6.4):

$$M = 1,783 \cdot 3,15 - 1,2 \cdot 0,14 = 5,45 \text{ грн./шт.}$$

Основна заробітна плата основних робочих розраховується за формулою (6.5):

$$З_0 = 2,15 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (6.6):

$$A_{\text{в}} = \frac{285000 \cdot 24}{100 \cdot 7000} = 9,77 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт розраховуються за формулою (6.7):

$$B_{\text{р}} = 0,5 \cdot 9,77 = 4,89 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (6.8):

$$B_{\text{е}} = \frac{3,9 \cdot 0,7 \cdot 5,86 \cdot 0,85}{60} = 0,23 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент розраховуються за формулою (6.9):

$$B_{\text{ін}} = \frac{1,5 \cdot 5,86 \cdot 1,14}{60} = 0,17 \text{ грн./шт.}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, що займає обладнання, розраховуються за формулою (6.10):

$$B_{\text{пр}} = \frac{8,7 \cdot 2 \cdot 6,02 \cdot 1200}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 0,52 \text{ грн./шт.}$$

Технологічну собівартість до заміни обладнання розраховуємо за формулою (6.3):

$$C_1 = 5,45 + 2,15 + 9,77 + 4,89 + 0,23 + 0,17 + 0,52 = 23,17 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок технологічної собівартості після заміни обладнання.

Вартість основних матеріалів розраховується за формулою (6.4):

$$M = 1,716 \cdot 3,15 - 1,2 \cdot 0,14 = 5,24 \text{ грн./шт.}$$

Основна заробітна плата основних робочих розраховується за формулою (6.5):

$$Z_o = 3,05 \text{ грн./шт.}$$

Амортизаційні відрахування на деталь розраховуються за формулою (6.6):

$$A_v = \frac{85000 \cdot 24}{100 \cdot 7000} = 2,91 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ремонт розраховуються за формулою (6.7):

$$B_p = 0,5 \cdot 2,91 = 1,46 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на силову енергію розраховуються за формулою (6.8):

$$B_e = \frac{2,2 \cdot 0,7 \cdot 2,4 \cdot 0,75}{60} = 0,046 \text{ грн./шт.}$$

Витрати на ріжучий інструмент розраховуються за формулою (6.9):

$$B_{in} = \frac{1,23 \cdot 2,4 \cdot 1,14}{60} = 0,056 \text{ грн./шт.}$$

Витрати, пов'язані з експлуатацією приміщення, яке займає обладнання, розраховуються за формулою (6.10):

$$B_{\text{пр}} = \frac{3,6 \cdot 2 \cdot 3,02 \cdot 1000}{3851 \cdot 60 \cdot 1,05} = 0,089 \text{ грн./шт.}$$

Розраховуємо технологічну собівартість після заміни обладнання за формулою (6.3):

$$C_2 = 5,24 + 3,05 + 2,91 + 1,46 + 0,046 + 0,056 + 0,089 = 12,85 \text{ грн./шт.}$$

Питомі капітальні витрати до і після заміни обладнання що приходять на одиницю продукції розраховуються за формулою (6.2):

$$K_1 = 285000 / 7000 = 40,71 \text{ грн./шт.};$$

$$K_2 = 85000 / 7000 = 12,14 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок річної економії за рахунок об'єднання операцій та заміни обладнання без врахування вартості основного матеріалу проводимо за формулою (6.1):

$$E_{\text{річ}} = [(23,17 + 1,3 \cdot 40,71) - (12,85 + 1,3 \cdot 12,14)] = 47,46 \text{ грн.}$$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема дипломного проекту - «Технологічні особливості виготовлення деталі Кільце ущільнююче», передбачає розробку технологічного процесу, тому нижче розглядаються потенційні небезпеки, які можуть створитися в процесі роботи на механічній дільниці та заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці та пожежної безпеки у відповідності з методичними вказівками. На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників.

Заходи щодо виробничої санітарії та гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці») [16]. Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» [17]. Роботи на дільниці належать до категорії Па –робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату таблиця 1.

Таблиця 1 – Оптимальні значення температури, вологості та швидкості переміщення повітряних мас

Період року	Температура, °C	Відн. волог., %	Швид. руху, м/с
Холодний	18-20	40-60	0,1-0,3
Теплий	21-23	40-60	0,1-0,4

Для забезпечення оптимальних умов передбачено устрій системи водяного або парового опалення згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Вентиляція кабінетів та інших робочих приміщень здійснюються природним наскрізним способом провітрювання приміщення через вікна й фрамуги, а також за допомогою спеціальних вентиляційних припливно-витяжних пристроїв [18] [19].

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5% [19], [20].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП,з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин. Розрахуємо систему загального рівномірного штучного освітлення в приміщенні [19], [20].

Визначаємо розміри приміщення довжина $A = 7\text{м}$, ширина $B = 5\text{м}$, висота $H = 4\text{ м}$.

Висота робочої поверхні складає $h = 0,7\text{м}$.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» освітлення в робочій кімнаті нормується як $E_{\text{н}} = 200\text{ Лк}$. [20].

Розряд зорової роботи – III г.

Коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення (від: стелі – $\rho_{\text{с}}$; стін – $\rho_{\text{ст}}$; підлоги – $\rho_{\text{п}}$) у світлому приміщенні $\rho_{\text{с}}=70\%$; $\rho_{\text{ст}}=50\%$; $\rho_{\text{п}}=30\%$;

Обираємо світильник типу ЛВП (IP=54 – ступінь захисту світильника, $[L/h] = 1,3$ – числове значення коефіцієнта світильника).

Коефіцієнт запасу k_3 враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов. Приймаємо $k_3 = 1,4$.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), для люмінесцентних ламп низького тиску, як правило дорівнює $z = 1,1$.

Визначаємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p) \cdot 1,3} = \frac{5}{(4-0,7) \cdot 1,3} = 1,6 \approx 2$$

Визначаємо максимально припустиму відстань між рядами світильників:

$$L_{\text{max}} = \frac{B}{N_p} \quad (7.1)$$

де B – ширина приміщення,

N_p – кількість рядів

$$L_{\max} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м}$$

Визначаємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]} = 2,5 \text{ м}$$

$$h = \frac{2,5}{1,3} = 1,92 \text{ м}$$

Знайдемо висоту звисання світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h \quad (7.2)$$

де H – висота приміщення;

h_p – висота робочої поверхні;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

$$h_3 = 4 - 0,8 - 1,92 = 1,28 \text{ м}$$

Чисельне значення індексу приміщення визначаємо за рівнянням:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (7.3)$$

де A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

$$i = \frac{7 \cdot 5}{3,07(6+4)} = 1,14$$

Значення коефіцієнту використання світлового потоку η вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів

відбиття поверхонь приміщення ($\rho_c, \rho_{ст}, \rho_{п}$) та індексу приміщення. В нашому випадку $\eta = 0,48$.

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta} \quad (7.4)$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

E_n – нормоване значення освітленості, лк;

S – площа освітлюваної поверхні, м²;

k_3 – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{0,48} = 2245 \text{ лм}$$

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні:

$$N^* = AB/L_{\max}^2 \quad (7.5)$$

$$N^* = \frac{7 \cdot 5}{2,5} = 5,6 \text{ шт.}$$

Розрахуємо світловий потік умовного джерела світла, лм:

$$\Phi_{\pi}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\pi}} \quad (7.6)$$

де N_{π} – загальна кількість ламп у приміщенні, шт та розраховується за формулою (7.7);

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n \quad (7.7)$$

де n – кількість ламп у світильнику (в ЛВП світильнику знаходиться 2 лампи).

$$N_{\text{л}} = 5,6 \cdot 2 = 11,2 \text{ шт.}$$

Тоді,

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{2245}{11,2} = 200 \text{ лм}$$

Обираємо тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{\text{л}}$ і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи $\Phi_{\text{л}}^*$ та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $\Phi_{\text{л}}$):

Обираємо лампу ЛБ 65, $\Phi_{\text{л}} = 4800 \text{ лм}$

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} \quad (7.8)$$

$$m = \frac{4863}{4800} = 1,01$$

Визначаємо оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні:

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot m \quad (7.9)$$

$$N = 2 \cdot 1,01 = 2 \text{ шт.}$$

Фактична кількість ламп у приміщенні:

$$N_{\text{фл}} = N \cdot m \quad (7.10)$$

$$N_{\text{фл}} = 2 \cdot 2 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p , лк у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_{\pi} \cdot N_{ak} \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z} \quad (7.11)$$

$$E_p = \frac{4800 \cdot 4 \cdot 0,38}{7 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 197,4 \text{ лк}$$

Тобто виконується умова $E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_n$, лк

Розрахуємо загальну потужність освітлювальної установки, Вт:

$$P_{\Sigma} = N_{\phi\lambda} P_{\pi} \quad (7.12)$$

де P_{π} – потужність вибраної стандартної лампи.

$$P_{\Sigma} = 4 \cdot 65 = 260 \text{ Вт}$$

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» та ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників. [19], [21].

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації». [22].

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13

«Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття. [23].

Аналіз потенційних небезпек описується у додатку В.

Заходи щодо забезпечення безпеки наведені у додатку Г.

Заходи з пожежної безпеки детальніше розглядаються у додатку Д.

Заходи щодо безпеки у надзвичайних ситуаціях та дії керівника промислового об'єкта при виникненні надзвичайної ситуації наведені у додатку Е.

Висновок

Таким чином, у розділі було розглянуто перелік потенційних небезпек, з якими можна стикнутися під час виконання технологічного процесу. Розглянувши та проаналізувавши зазначені небезпеки, визначили, що основним заходом попередження є проведення навчання та інструктажів з охорони праці, додержання ергономічних та санітарно-гігієнічних вимог, пожежної безпеки та електробезпеки. Кожен працівник має бути достатньо освіченим з питань охорони праці і дотримуватись вимог нормативно-правових актів України, а також норм безпеки життєдіяльності на робочому місці та у життєвих ситуаціях.

ВИСНОВОК

Виходячи із завдання магістерського дипломного проєкту, було покращено технологічний процес виготовлення деталі базуючись на вже існуючому варіанті технологічного процесу. Виконано більш доречний метод отримання заготовки. Було розраховано припуски на заготовку, режими різання та норми часу відповідно до рекомендацій нормативних документів машинобудування.

При допомозі сучасного програмного забезпечення SIEMENS NX було відтворено деталь та заготовки у 3D моделях. Технологічний процес був розроблений з урахуванням вимог охорони праці. Було спроектовано робоче та контрольне пристосування верстатів. Було запропоновано автоматизацію з використанням свердлильних головок для одночасного свердління декількох отворів.

Розроблено спеціальне завдання на тему: «Корозія, її форми та методи її запобігання в машинобудуванні». Найчутливішу частину деталі розраховано на міцність, при допомозі сучасного програмного забезпечення SIEMENS NX. Також після розрахунку на міцність було запропоновано оптимізацію геометрії деталі задля покращення її роботи у вузлі.

Розроблений альбом технологічної документації на виготовлення деталі «Кільце ущільнююче».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.

2. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.

3. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Технології машинобудування» (розділ – проектування технологічних процесів), для студентів напрямку 6.050502. Спеціальності «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання // Укл.: О.В.Алексєєнко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011.– 86 с.

4. Нормативные таблицы режимов резания на токарные, сверлильные и фрезерные работы, справочник: Запорожье; изд-во АТ «Мотор Сич», Т1 – 136с., Т2 – 133с.

5. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.

6. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение, 1961.-Т2.-890с.

7. Богуслаев В.А., Яценко В.К., Притченко В.Ф./ Технологическое обеспечение и прогнозирование несущей способности деталей ГТД – Киев: «Манускрипт», 1993, 323 с.

8. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.

9. Е.М. Левинсон. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении / Е.М. Левинсон. – М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1952. -82 с.

10. Електронний ресурс: "ВДМ-Групп" <http://www.vdmgroup.ru/index25.html>.

11. Електронний ресурс: <http://www.vdmgroup.ru/images/pdf/OMG/01.pdf>.

12. Методичні рекомендації до проектування магістерської роботи з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Кореневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.

13. Справочник по защите от коррозии <https://www.hilti.ru/content/dam/documents/pdf/ee/ru/Corrosion%20tutorial.pdf>.

14. Електронний ресурс: <http://met-all.org/obrabotka/prochie/metod-sendzimira-tsinkovanie-stali.html>.

15. Стандарт ISO 8044: 2015. Коррозия металлов и сплавов. Основные термины и определения.

16. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

17. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

18. ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

19. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум. [Текст] : Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2009. – 540

20. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

21. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К.: Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-39

22. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, [Електронний ресурс] Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

23. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966 .

[illegible]

ДОДАТОК Б

[illegible]

ДОДАТОК В

До фізичних небезпек відносяться, наприклад, механізми та машини, що рухаються, частини виробничого обладнання, заготовки та деталі, що рухаються. У випадку недостатньої уваги персоналу і порушення інструкцій під час роботи з механізмами, що рухаються, ймовірними є механічні травми, ушиби, порізи різного ступеню важкості. [B1];

Ураження електричним струмом, у наслідок несправності електродобладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку. До порізів, травм та пошкодження шкіряного покриву може привести також робота без захисних рукавиць. До травмування може привести робота без спеціального одягу при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей. Причиною механічних травм може стати захащення заготовками і деталями робочого місця, організація робочих місць без врахування вимог ергономіки. [B2].

До санітарно-гігієнічних небезпек відносяться незадовільні параметри мікроклімату. У зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть виникати загальні захворювання. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю або хибним вибором освітлювальних приладів, призводить до погіршення зору. Недостатнє освітлення може також привести до збільшення помилок в процесі роботи, роздратованості, втомлення. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призводить до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху. [B1];

До психофізіологічних небезпек відносяться:

- нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;

- довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;

- повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців;

- підвищена напруга зору та уваги, інтелектуальні навантаження, тривалі статичні навантаження, монотонність праці при роботі.

Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

Небезпеки що пов'язані з незадовільною професійною підготовкою фахівців, зокрема виникнення аварійних ситуацій при неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, виконанні хибних дій у приміщенні з обладнанням, що може призвести до руйнування обладнання та тяжких випадків травматизму.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

В1. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

В2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

ДОДАТОК Г

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Під час прийому на роботу представник служби охорони праці проводить вступний інструктаж з усіма особами, що прибули на підприємство. На робочому місці безпосередній керівник проводить спочатку первинний, а потім і повторний, позаплановий інструктажі. Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи [Г1].

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. Обладнання не створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» [Г2]. Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що

відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору») [Г3].

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» [Г4] [Г5].

З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різного ступеню важкості передбачено застосування кольорів та сигналів безпеки, що використовуються на робочих місцях, у відповідності вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118) [Г6].

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикальні пристрої машин і механізмів, сигнальні лампи, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»). Заборонні знаки мають форму кола, по периметру якого є широка червона смуга, а біле поле з нанесеним чорною фарбою відповідним символом перекреслюється червоною смугою такої самої ширини. Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, відкриті рухомі частини

обладнання, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, балконів та інше. Синій колір застосовують для забор'язувальних і вказівних знаків безпеки. Зелений колір сигналізує про нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут» [Г6].

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища [Г7].

Категорія приміщення механічної дільниці, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») для виключення можливого ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом, передбачене захисне заземлення. Електроживлення електрообладнання механічної дільниці здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом [Г8].

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізованих проводів.

Обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції [Г8].

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ і ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА [Г7], [Г8].

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на дільниці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно перемішувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей [Г9].

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобігання травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення

вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м. На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається [Г6].

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [Г1]. Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Г

Г1. НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

Г2. ДСТУ EN ISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

Г3. ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору».

Г4. ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»

Г5. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966 .

Г6. Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Чинний від 2013-08-12. : станом на 11.07.2018 р. – К. : КМ України, 2013. – 76 с. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п> – (Постанова)

Г7. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми:Університетська книга, 2011. 557 с.

Г8. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

Г9. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення . [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К. : Міненбуд України, 2011. 31 с.

ДОДАТОК Д

ЗАХОДИ З ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Заходи з пожежної безпеки на механічній дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». [Д1].

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.) [Д2].

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані. [Д2].

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів. [Д1].

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 дільниця оснащена переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я [Д2], [Д4].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Д

Д1. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

Д2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

Д3. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) [Текст] : ДСТУ EN 2:2014. – На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016 / Мінекономрозвитку України, 2014. – 7 с. (Державний Стандарт України)

Д4. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

ДОДАТОК Е

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Медичний, біологічний і психофізичний захист, забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення, згідно Кодексу цивільного захисту України.

Згідно стаття 36 Кодексу цивільного захисту України медичний захист і забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення включає [Е1]:

1) надання медичної допомоги постраждалим внаслідок надзвичайних ситуацій, рятувальникам та іншим особам, які залучалися до виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, гасіння пожеж, проведення їх медико-психологічної реабілітації. Медична допомога населенню забезпечується службою медицини катастроф, керівництво якою здійснює центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони здоров'я;

2) планування і використання сил та засобів закладів охорони здоров'я незалежно від форми власності;

3) своєчасне застосування профілактичних медичних препаратів та своєчасне проведення санітарно-протиепідемічних заходів;

4) контроль за якістю та безпекою харчових продуктів і продовольчої сировини, питної води та джерелами водопостачання;

5) завчасне створення і підготовку спеціальних медичних формувань;

6) утворення в умовах надзвичайних ситуацій необхідної кількості додаткових тимчасових мобільних медичних підрозділів або залучення додаткових закладів охорони здоров'я;

7) накопичення медичного та спеціального майна і техніки;

8) підготовку та перепідготовку медичних працівників з надання екстреної медичної допомоги;

9) навчання населення способам надання домедичної допомоги та правилам дотримання особистої гігієни;

10) здійснення заходів з метою недопущення негативного впливу на здоров'я населення шкідливих факторів навколишнього природного середовища та наслідків надзвичайних ситуацій, а також умов для виникнення і поширення інфекційних захворювань;

11) проведення моніторингу стану навколишнього природного середовища, санітарно-гігієнічної та епідемічної ситуації;

12) санітарну охорону територій та суб'єктів господарювання в зоні надзвичайної ситуації;

13) здійснення інших заходів, пов'язаних з медичним захистом населення, залежно від ситуації, що склалася.

Здійснення заходів медичного захисту населення покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту.

Для проведення медико-психологічної реабілітації осіб, зазначених у пункті 1 частини першої цієї статті, при санаторно-курортних закладах незалежно від форми власності утворюються центри медико-психологічної реабілітації. Перелік санаторно-курортних закладів, в яких утворюються центри медико-психологічної реабілітації, затверджується спільним актом центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони здоров'я, та центрального органу виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Відповідно статті 37 біологічний захист населення, тварин і рослин включає:

1) своєчасне виявлення чинників та осередку біологічного зараження, його локалізацію і ліквідацію;

2) прогнозування масштабів і наслідків біологічного зараження, розроблення та запровадження своєчасних протиепідемічних, профілактичних, протиепізоотичних, протиепіфітотичних і лікувальних заходів;

3) проведення екстреної неспецифічної та специфічної профілактики біологічного зараження населення;

4) своєчасне застосування засобів індивідуального та колективного захисту;

5) запровадження обмежувальних протиепідемічних заходів, обсервації та карантину;

6) здійснення дезінфекційних заходів в осередку зараження, знезараження суб'єктів господарювання, тварин та санітарної обробки населення;

7) надання екстреної медичної допомоги ураженим біологічними патогенними агентами;

8) інші заходи біологічного захисту залежно від ситуації, що склалася.

Біологічний захист населення, тварин і рослин додатково включає встановлення протиепідемічного, протиепізоотичного та протиепіфітотичного режимів та їх дотримання суб'єктами господарювання, закладами охорони здоров'я та населенням.

Здійснення заходів біологічного захисту покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту.

Заходи психологічного захисту населення визначаються в статті 38 та спрямовуються на зменшення та нейтралізацію негативних психічних станів і реакцій серед населення у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій і включають:

1) планування діяльності, пов'язаної з психологічним захистом;

2) своєчасне застосування ліцензованих та дозволених до застосування в Україні інформаційних, психопрофілактичних і психокорекційних методів впливу на особистість;

3) виявлення за допомогою психологічних методів чинників, які сприяють виникненню соціально-психологічної напруженості;

4) використання сучасних психологічних технологій для нейтралізації негативного впливу чинників надзвичайних ситуацій на населення;

5) здійснення інших заходів психологічного захисту залежно від ситуації, що склалася.

Організація та здійснення заходів психологічного захисту населення покладаються на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Е

Е1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р.
№ 5403-VI. Редакція від: 01.01.2018. URL:
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.