

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Підвищення ефективності виробництва деталі «Вал» з
використанням високопродуктивного обладнання»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи M-112м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

СВИРИДЕНКО В.М

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ТУМАРЧЕНКО Л.О.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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 Сергій ДЯДЯ
 «_____» _____ 2023 року

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

СВИРИДЕНКО Володимир Миколайович

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1.Тема проєкту (роботи) « Підвищення ефективності виробництва деталі
«Вал» з використанням високопродуктивного обладнання»

керівник проєкту (роботи) ст . викл. ТУМАРЧЕНКО Лариса Олександрівна
(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові,)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» 11 2023 року №436

2.Строк подання студентом проєкту (роботи) 02.12.2023 р.

3.Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення валу; річна програма
випуску N=10000 шт

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина.
3. Автоматизація 4. Розрахунок деталі на міцність. 5. Спеціальне завдання
6. Економічний розрахунок 7. Охорона праці та безпека у
надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень, кількість слайдів, плакатів)

Креслення деталі, заготовки; плакат 3D-моделі деталі та заготовки;
маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з
ЧПК; плакат автоматизації; креслення робочого та контрольного
пристосувань; плакат розрахунку деталі на міцність; плакати
спецзавдання. Кількість слайдів –10

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	ст. викл. ТУМАРЧЕНКО Л.О.		
6	к.т.н., доц. ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
7	к.т.н., доц. ШМИРКО В.І.		
нормоконтроль	к.т.н., доц. ДЯДЯ С.І.		

7. Дата видачі завдання _____ 04 вересня 2023 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	18.09.2023	
2	Конструкторська частина	02.10.2023	
3	Автоматизація	09.10.2023	
4	Розрахунок на міцність	23.10.2023	
5	Спецзавдання	30.10.2023	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	06.11.2023	
7	Охорона праці	13.11.2023	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	27.11.2023	
9	Нормоконтроль	04.12.2023	
10	Рецензія	07.12.2023	
11	Захист дипломного проєкту	12.12.2023	

Студент(ка)

(підпис)Володимир СВИРИДЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)Лариса ТУМАРЧЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 120 с., 17 табл., 25 рис., 2 дод., 24 джерела.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВАЛ, ЗАГОТОВКА, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА, МАРШРУТ ОБРОБКИ, МІЦНІСТЬ, ОСНАСТКА, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження –вал.

Мета роботи – підвищення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний; комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки лопатки.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення валу, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання, проаналізовано методи хімічного оксидування, запропоновані заходи щодо автоматизації та механізації процесу, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Визначення типу виробництва	11
1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 План виготовлення деталі.....	23
1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки	23
1.6 Розрахунок режимів різання.....	30
1.6.1 Розрахунок режимів різання для токарної операції.....	30
1.6.2 Розрахунок режимів різання для фрезерної операції.....	32
1.6.3 Розрахунок режимів різання для свердлильної операції.....	35
1.6.4 Розрахунок режимів різання для шліфувальної операції.....	38
1.7 Нормування операцій	40
1.7.1 Нормування токарної операції.....	41
1.7.2 Нормування свердлильної операції.....	42
1.7.3 Нормування фрезерної операції.....	43
1.7.4 Нормування шліфувальної операції.....	44
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NX CAM	46
1.8.1 Розробка токарної операції.....	46
1.8.2 Розробка фрезерної операції.....	48
1.8.3 Розробка свердлильної операції.....	49
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	51

2.1 Проектування робочого пристосування	51
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	51
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	52
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	56
2.2 Проектування контрольного пристосування	60
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ	63
3.1 Автоматизація в системі контролю	63
3.2 Принцип дії прилада активного контролю.....	65
3.3 Розрахунки.....	70
4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ.....	74
5 СПЕЦЗАВДАННЯ. ХІМІЧНЕ ОКСИДУВАННЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ.....	79
5.1 Основні види захисту від корозії	79
5.2 Вплив анодно електрохіміко-термічного оксидування на корозійну стійкість сталі 45.....	83
5.3 Вплив оксидування на різні марки сталі.....	91
5.4 Мікродугове оксидування.....	93
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	95
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	107
ВИСНОВОК.....	112
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	113
ДОДАТОК А СПЕЦИФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ.....	116
ДОДАТОК Б СПЕЦИФІКАЦІЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ...	119

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

РТК	Розрахунково-технологічна карта
КГШП	Кривошипно-горячештамповочний прес
МОП	Маршрут обробки поверхні
КП	Керуюча програма
ППТК	Послідовність показників точності і якості
МОР	Мастильно-охолоджуюча рідина
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
ТВ	Технічні вимоги
ХТО	Хіміко-термічна обробка

ВСТУП

Оптимізація технологічних процесів є ключовою складовою в сучасній промисловості. Використання прогресивних методів отримання та обробки заготовок стає важливим кроком у поліпшенні ефективності виробництва, підвищенні якості виготовленої продукції та забезпеченні конкурентоспроможності на ринку.

Якість виробу формується під час підготовки виробництва. Контроль є важливою складовою забезпечення якості, що проводиться як під час технологічного процесу, так і на етапі остаточного контролю деталей. Для забезпечення високого рівня контролю та зменшення часу, потрібно використовувати контрольні пристосування з автоматичним або напіваавтоматичним режимом роботи, різноманітні системи обробки і аналізу інформації, а також використовувати різні режими роботи.

Технологічні інновації дозволяють досягти підвищення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання, скорочувати витрати сировини та енергії, а також оптимізувати час виготовлення. Застосування передових методів отримання заготовок та їх подальша обробка відкривають нові перспективи для підвищення продуктивності та зниження впливу на навколишнє середовище у виробничому процесі.

Тому метою магістерської роботи є забезпечення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання. Також велику увагу приділено корозійній стійкості деталі через її експлуатаційні умови праці.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Вал» (поз.3 рисунка 1.1) використовується для передачі крутного моменту та потужності (на абразивну головку, відрізний круг, шарошку) в пневмошлифувальній машинці.

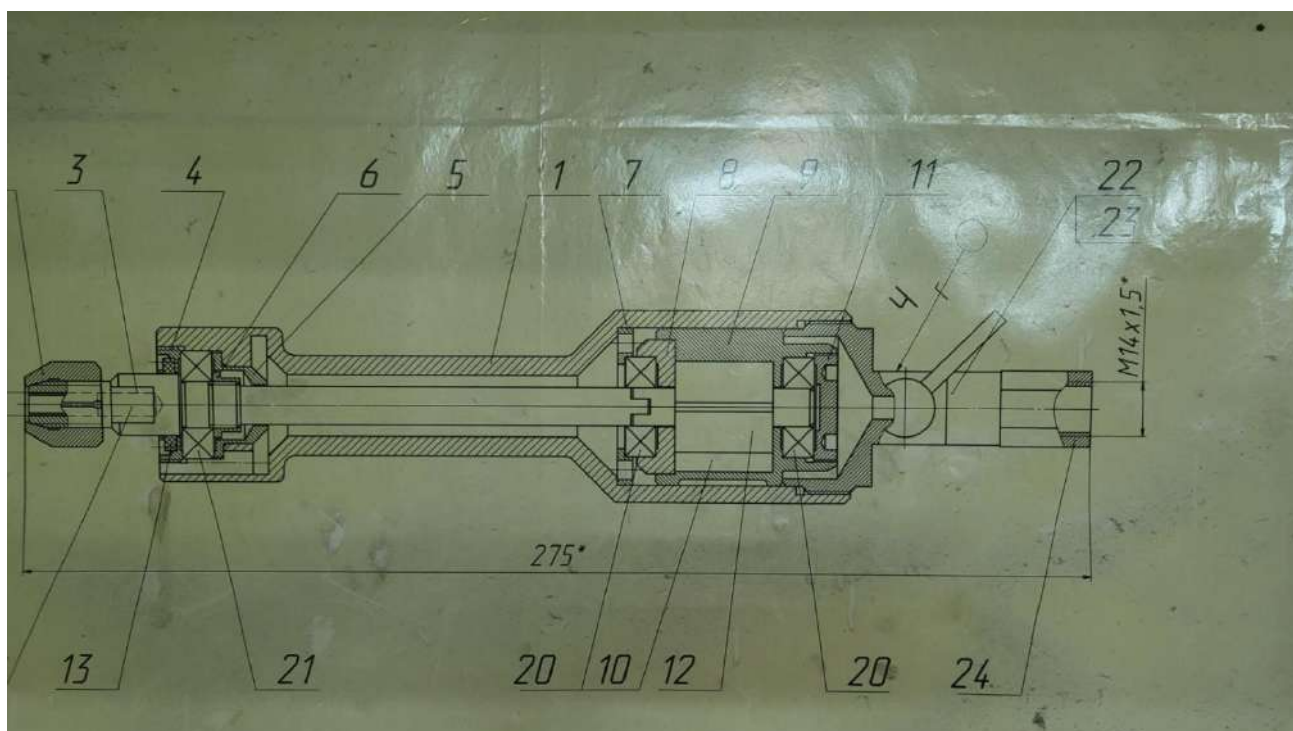


Рисунок 1.1 – Пневмошлифувальна машина

Вал через з'єднувальний паз-виступ входить в зачеплення .

На вал збираються підшипники. Усі деталі встановлюються в корпус до якого під'єднується вузол переключення повітря.

За рахунок подачі стислого повітря на лопаті відбувається обертання валу .

Ескіз деталі «Вал» наведено на рис.1.2.

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані:

1) річна програма випуску..... $N = 10000$ шт.

2) маса деталі..... $q = 0,109$ кг

Розробка технологічного процесу обробки залежить від типу виробництва і форми його організації.

Тип виробництва визначають за широтою номенклатури, регулярності і стабільності випуску виробів. Попередньо, враховуючи масу деталі і програму випуску приймаю крупносерійним тип виробництва.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi} \quad (1.1)$$

де a – періодичність запуску (2 рази на тиждень);

Φ – кількість робочих днів в році (250 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 10000}{250} = 80 \text{ шт}$$

Операції на робочих місцях виконуються рівномірно та повністю завантажені одними й тими ж операціями та виробництво поточне.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Виконаємо економічне обґрунтування доцільності застосування одного зі способів отримання заготовки для деталі вал.

Якщо цим умовам задовольняють кілька методів (лиття, гаряча штампування, прокат) і тим більше, кілька способів у рамках кожного з цих методів, необхідно вибрати найбільш економічний варіант. При цьому використовують два критерії економічної доцільності:

- а) Вартість виготовлення заготівлі;
- б) Коефіцієнт використання матеріалу.

Вихідні дані:

Ескіз 3D – моделі деталі Вал наведено на рис. 1.3

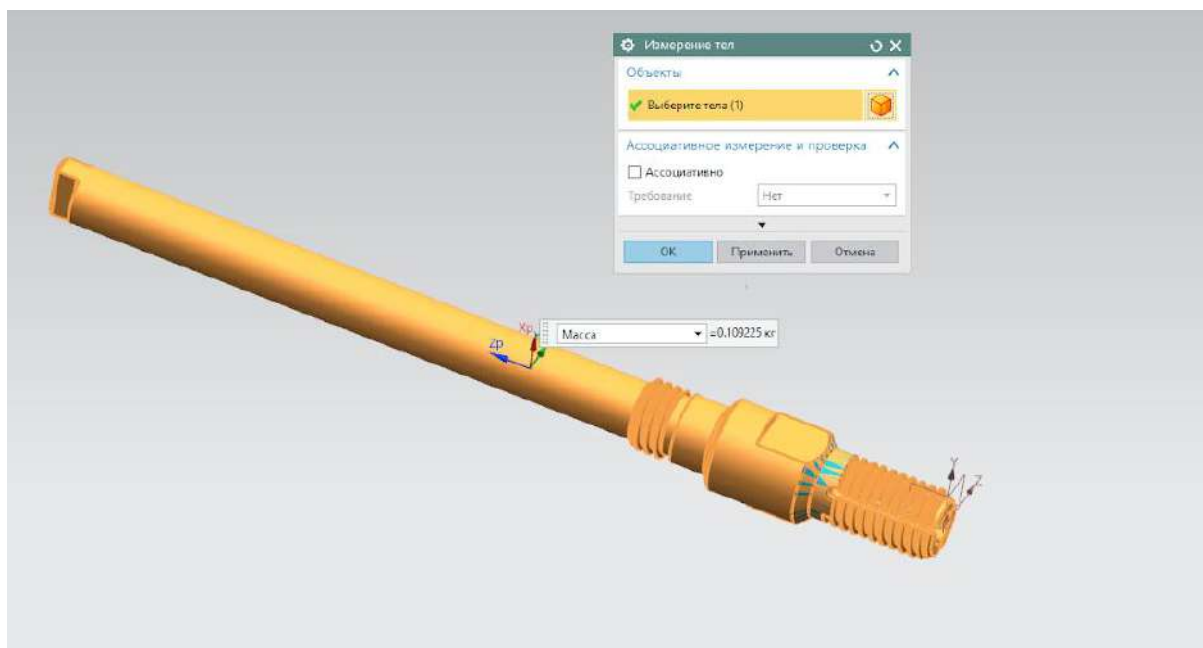


Рисунок 1.3 –3D- модель деталі Вал

Маса деталі $m = 0,109 \text{ кг}$

Матеріал сталь 30ХГСА, густина $\rho = 7870 \text{ кг/м}^3$

Річна програма випуску $N = 10\,000 \text{ шт}$

Постановка задачі:

Розглянемо два методи отримання заготівлі:

- 1) методом прокату;
- 2) методом штампування на КГШП нормальної точності.

Визначення собівартості однієї заготівлі, одержаної методом прокату (рис. 1.4)

Діаметр прокату визначаємо за рівнем валу з найбільшим діаметром – Ø16 мм.

Виходячи з нормального ряду діаметрів прокату, приймаємо припуск $2Z_0=4$ мм.

Маса заготовки : $m_{31}=0,338$ кг

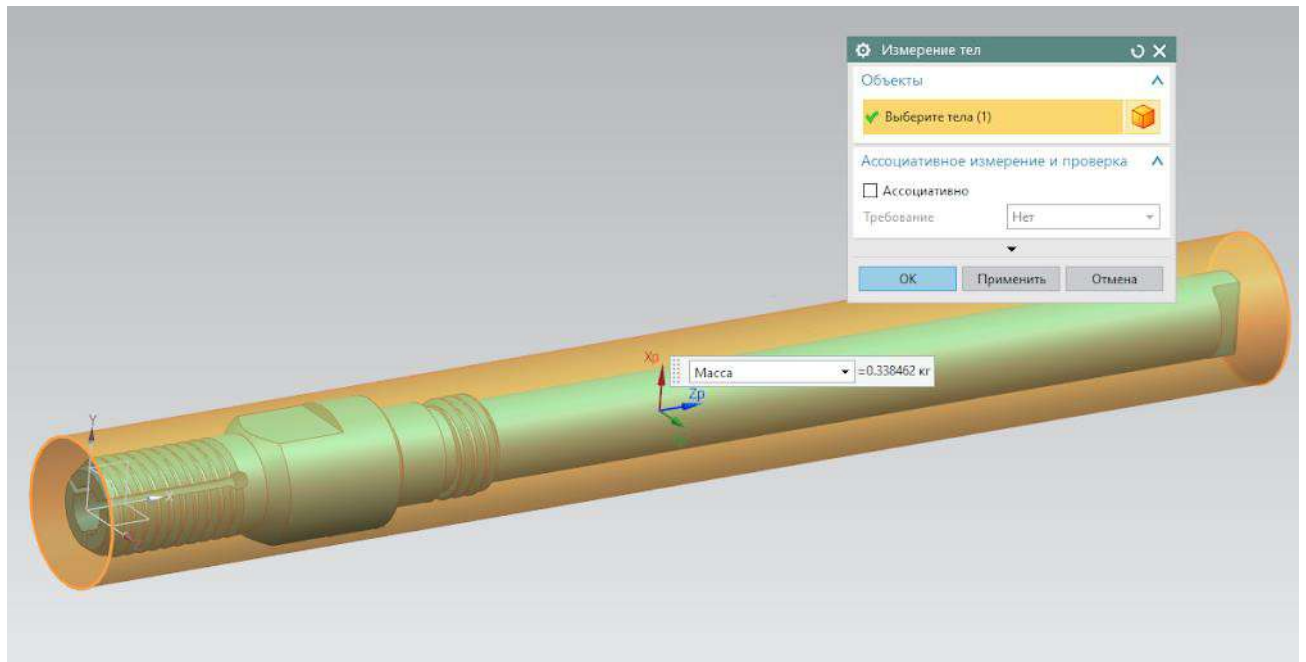


Рисунок 1.4 – 3D- модель заготівлі, отриманої методом прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготівлі за формулою:

$$КВМ = \frac{m_d}{m_3} \quad (1.2)$$

де m_d - маса деталі;

m_{31} - маса заготовки.

$$КВМ = \frac{0,109}{0,338} = 0,303$$

Вартість однієї заготівлі, одержаної методом прокату:

$$C_{31} = \frac{m_{31} \cdot C_i}{1000} - (m_{31} - m_d) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.3)$$

де C_i – ціна 1 тонни матеріалу заготівлі, $C_{31}=53000$ грн [5];

$S_{отх}$ - ціна 1 тонни стружки, $S_{отх}=40000$ грн [5];

$$C_{31} = \frac{0,338 \cdot 53000}{1000} - (0,338 - 0,109) \cdot \frac{40000}{1000} = 8,75 \text{ грн}$$

Визначення собівартості однієї заготовлі, отриманої методом штампування(рис. 1.5,рис. 1.6)

При використанні закритого штампування на КГШП з класом її точності Т2 визначаємо параметри заготовлі та розраховуємо припуски:

Група сталі – М2

Ступінь складності заготовлі – С1

Маса заготовлі: $m_{32}=0,287 \text{ кг}$

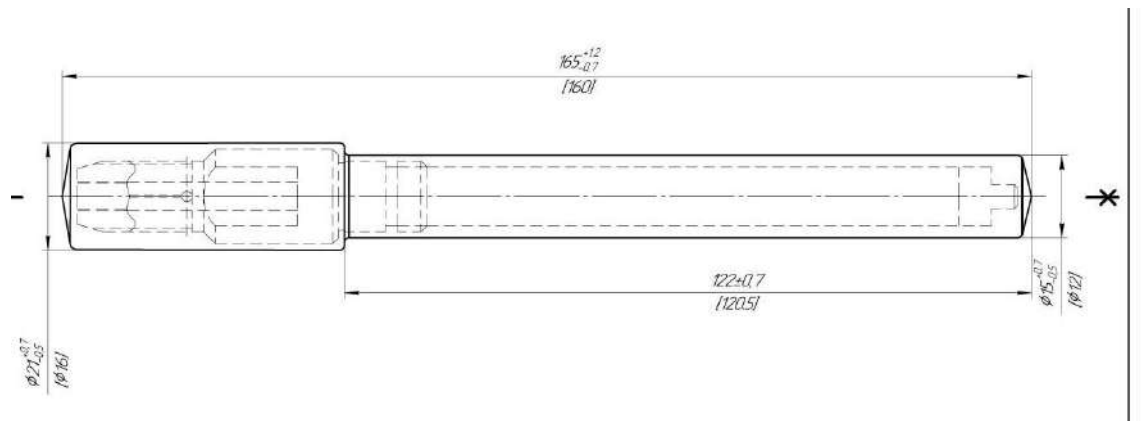


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовлі, отриманої методом штампування

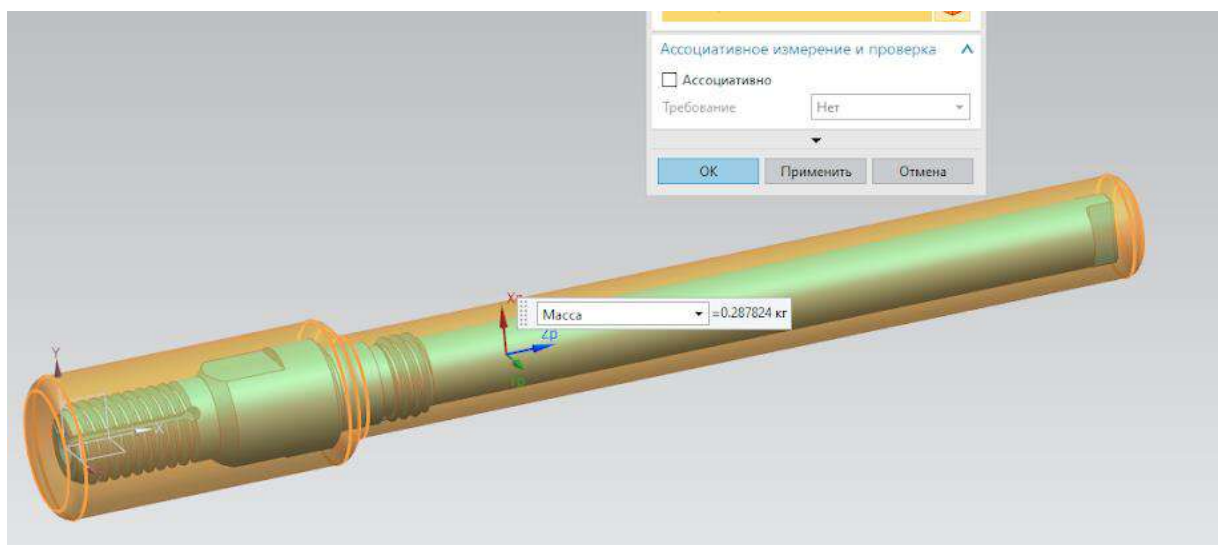


Рисунок 1.6 – 3D модель заготовки штамповки

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.2):

$$КВМ = \frac{0,109}{0,338} = 0,303$$

Вартість однієї заготовки за формулою:

$$C_{32} = \frac{C_i}{1000} \cdot m_{32} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi} - (m_{32} - m_d) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.4)$$

де C_i – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

K_T – Коефіцієнт, що залежить від класу точності;

K_C – Коефіцієнт, що залежить від групи складності;

K_B – Коефіцієнт, що залежить від маси;

K_M – Коефіцієнт, що залежить від матеріалу;

K_{Π} – Коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок;

$$C_{32} = \frac{85000}{1000} \cdot 0,287 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 0,89 \cdot 1,22 \cdot 1 - (0,287 - 0,109) \cdot \frac{40000}{1000} \\ = 13,27 \text{ грн}$$

Усі розрахунки зводимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Результати розрахунку собівартості заготовок

Показники	Обозн.	Од. змін.	Варіанти	
			Прокат	Штампування
Маса деталі	m_d	кг	0,109	
Маса заготовки	m_z	кг	0,338	0,287
Коеф. використ. матеріалу	КВМ		0,303	0,386
Базова ціна заготовки	C_i	грн	53000	85000
коефіцієнти	K_T		-	1,0
	K_M			1,22
	K_C			0,77
	K_B			0,89
	K_{Π}			1,0
Ціна за тонну стружки	$S_{отх}$	грн	40000	
Вартість однієї заготовки	C_z	грн	8,75	13,27

Економічний ефект визначається за формулами:

$$E_B = (C_2 - C_1) \times N \quad (1.5)$$

$$E_B = (13,27 - 8,75) \cdot 10000 = 45200 \text{ грн}$$

$$M_1 = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.6)$$

$$M_1 = \frac{0,109 \cdot (0,386 - 0,303)}{0,386 \cdot 0,303} \cdot 10000 = 779,9$$

$$Z_{M_1} = \frac{C_b}{1000} \cdot M \quad (1.7)$$

$$Z_{M_1} = \frac{85000}{1000} \cdot 779,9 = 66291,5 \text{ грн}$$

Висновок : Так як економічний ефект за показником КВМ більше, приймаємо раціональним виготовлення заготовки штамповки.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

З метою підвищення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання, проаналізуємо деталь на технологічність.

Матеріал задовільно обробляється різанням. Деталь складної форми, тіло обертання.

Виконуємо якісну оцінку:

- а) деталь має геометричну форму середньої складності;
- б) деталь має жорстку конструкцію;

в) деталь нормальної точності;

г) уніфіковані елементи: радіусу і фаски, виконані з урахуванням можливості обробки;

д) деталь можна обробляти звичайним інструментом;

ж) всі поверхні доступні для обробки;

Коефіцієнт використання заготовки за формулою (1.2):

$$КВМ = 0,386$$

По цьому показнику деталь не технологічна т.я. $0,386 < 0,8$.

Коефіцієнт точності обробки за формулою:

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{A_{CP}} > 0,8 \quad (1.8)$$

$$A_{CP} = \frac{\kappa_1 n_1 + \kappa_2 n_2 + \dots + \kappa_n n_n}{n_{\text{общ}}} \quad (1.9)$$

де n – кількість розмірів, що мають відповідний квалітет;

κ – квалітет точності; основна маса поверхонь, що не сполучаються, виконана за 14 квалітетом точності;

A_{CP} – середній квалітет точності.

$$A_{CP} = \frac{14 \cdot 7 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 6 \cdot 4}{14} = 10$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{10} = 0,9 \geq 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості

Шорсткість поверхонь загального призначення, що не сполучаються і сполучаються, – $Ra\ 0,8$, поверхонь невідповідального призначення – $Ra\ 6,3$.

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32; \quad (1.10)$$

$$B_{cp} = \frac{\kappa_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{общ}}}. \quad (1.11)$$

де k - клас шорсткості;

n – кількість поверхонь, що мають відповідну шорсткість;

B_{cp} - середній клас шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{0,8 \cdot 7 + 1,6 \cdot 2 + 6,3 \cdot 5}{14} = 2,8$$

$$K_{ш} = \frac{1}{2,8} = 0,31 < 0,32$$

За цим показником деталь технологічна

Можна зробити висновок, що за всіма критеріями оцінки технологічності деталь є технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Так як метою магістерського проекту є підвищення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання, то в даному розділі спроектуємо відповідний маршрут обробки поверхонь.

МОП (маршрут обробки поверхонь) є ключовою складовою технологічного процесу механічної обробки, оскільки саме на цьому етапі закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні процеси на поверхні заготовки. При розробці МОП використовується поняття "уточнення", яке дозволяє застосовувати експериментально-статистичні дані для оцінки точності та якості поверхні на різних етапах обробки заготовок.

Під уточненням розуміється визначення відношення величини допуску показника якості заготовок до величини допуску цього показника для деталей. Розрізняють загальне уточнення та уточнення, специфічне для кожного етапу обробки.

Поверхня $\varnothing 10_{-0,001}^{-0,01}$

Загальні уточнення по показникам якості [3, с.279]:

$$\varepsilon_{d0} = \frac{Td_3}{Td_{дет}}, \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_{\Delta 0} = \frac{\Delta_3}{\Delta_{дет}}, \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \frac{Ra_3}{Ra_{дет}} = \frac{Ra_1}{Ra_k}, \quad (1.14)$$

де $Td_{заг}$, $Td_{дет}$ – допуск геометричного розміру відповідно до заготівлі та деталі;

$\Delta_{заг}$, $\Delta_{дет}$ – похибка форми та взаємного розташування відповідно до заготівлі та деталі;

$Ra_{заг}$, $Ra_{дет}$ – шорсткість заготівлі та деталі.

$$\varepsilon_{d0} = \frac{1,2}{0,009} = 133,3 \quad \varepsilon_{\Delta 0} = \frac{1,5}{0,05} = 30 \quad \varepsilon_{Ra0} = \frac{25}{0,8} = 31,2$$

Превалюючим показником якості цієї поверхні є показник допуску, який потребує найбільшого уточнення.

За переважаючим показником розрахуємо кількість переходів механічної обробки k за формулою [3,с.280]:

$$k \approx 2 \lg \varepsilon_{Rd_0}$$

$$k=2\lg 133.3=4.2$$

Приймаємо $k = 4$ переходи.

Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k = 4$ переходами за законом прогресивного зменшення. У цьому слід розглядати кілька альтернативних варіантів розподілу різниці.

Призначаємо перший перехід - точіння чорнове: $T_{D1}=220\text{мкм}$;

$$T_{Ra1}=6,3\text{мкм};$$

Уточнення за формулами (1.12), (1.14):

$$E_{d1}=1200/220=5,45;$$

$$E_{Ra}=25/6,3=3,9.$$

Призначаємо другий перехід - точіння чистове: $T_{D2}=90\text{мкм}$; $T_{Ra2}=3,2\text{мкм}$

Уточнення за формулами (1.12), (1.14):

$$E_{d2}=220/90=2,44;$$

$$E_{Rz}=6,3/3,2=1,9;$$

Призначаємо четвертий перехід – шліфування чорнове: $T_{D4}=36\text{мкм}$;

$$T_{Ra4}=1,6\text{мкм}$$

Уточнение за формулами (1.12), (1.14):

$$E_{d4}=90/36=2,5;$$

$$E_{Ra4}=3,2/1,6=2;$$

Призначаємо п'ятий перехід - чистове шліфування: $T_{D5}=9\text{мкм}$;

$$T_{Ra5}=0,8\text{мкм}$$

Уточнення за формулами (1.12), (1.14):

$$E_{d5}=36/9=4;$$

$$E_{Rz}=1,6/0,8=2;$$

Перевірка:

$$\Pi E_{dj}=5,45 \cdot 2,44 \cdot 2,5 \cdot 4=133,98 > E_d=133,3;$$

$$E_{Raj}=14,8 \cdot 2=29,6 < E_{Ra}=31,2.$$

Запропонований МОП забезпечує необхідну точність та якість поверхні.

Отримані дані заносимо до таблиці 1.4.

Розрахунки маршрутів обробки інших поверхонь наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 -Маршрут обробки поверхонь

Характер та показники точності та якості поверхонь в деталі та в заготовці	Показники	Уточнення, мм	Кількість переходів k		Різниця показників та ПІТК	МОП		Допуск, мм			Уточнення		
			Розрахункові	Прийняті		i	Метод обробки				Розрахункові	Прийняті	
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 10_{-0,001}^{-0,01}$ биття - 0,05мм Ra 0.8 Заготовка $\varnothing 15_{-1,5}^{+0,7}$ IT 16 биття - 1,5мм Ra 25	d	133,3	4,2	4	$V_{\text{кв}}=IT_{\text{заг}}-IT_{\text{дет}}=IT16-h6=10$ квалитетов $=3+3+2+2$ $IT16 \Rightarrow h13 \Rightarrow h10 \Rightarrow (TO) \Rightarrow h8 \Rightarrow h6$ $\Delta_{\text{ст}}=\text{ст.заг}-\text{ст.дет}=\text{ст.16}-\text{ст.6}=10=$ $=3+3+2+2$ $\text{ст.16} \Rightarrow \text{ст.13} \Rightarrow \text{ст.10} \Rightarrow (T) \Rightarrow \text{ст.60}$ $Ra\ 25 \Rightarrow Ra\ 6,3 \Rightarrow 3.6 \Rightarrow (TO) \Rightarrow$ $\Rightarrow Ra\ 3.2 \Rightarrow Ra\ 1.6 \Rightarrow Ra\ 0.8$	1	Заготовка	1,2	1,5	25	-	-	-
	$\otimes$	30				2	Точіння чорнове	0,22	0,3	6,3	5,45	5	3,9
	Ra	31,2				3	Точіння чистове	0,090	0,10	3,2	2,44	3,0	1,9
						4	Термообробка	-	-	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	0,036	0,04	1,6	2,5	2,5	2
						6	Шліфування чистове	0,009	0,04	0,8	4	2,5	2
											133,4	30	31,25

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Зовнішня циліндрична поверхня Ø12 к6($\begin{smallmatrix} +0.001 \\ +0.001 \end{smallmatrix}$); биття - 0,05мм Ra 0.8 Заготовка Ø15 $\begin{smallmatrix} +0.7 \\ -1.5 \end{smallmatrix}$ IT 16 биття - 1,5мм Ra 25	d	133,3	4,2	4	$\nabla_{\text{кв}} = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = IT16 - h6 =$ 10 квалитетов $= 3+3+2+2$	1	Заготовка	1,2	1,5	25	-	-	-
	⊗	30			IT16 $\Rightarrow$ h13 $\Rightarrow$ h10 $\Rightarrow$ (ТО) $\Rightarrow$ h8 $\Rightarrow$ h6	2	Точіння чорнове	0,22	0,3	6,3	5,45	5	3,9
	Ra	31,2			$\Delta_{\text{ст}} = \text{ст. заг} - \text{ст. дет} = \text{ст. 16} - \text{ст. 6} = 10 =$ $= 3+3+2+2$	3	Точіння чистове	0,090	0,10	3,2	2,44	3,0	1,9
					ст.16 $\Rightarrow$ ст.13 $\Rightarrow$ ст.10 $\Rightarrow$ (ТО) ст.60	4	Термообробка	-	-	-	-	-	-
					Ra 25 $\Rightarrow$ Ra 6,3 $\Rightarrow$ Ra 3.6 $\Rightarrow$ (ТО) = $\Rightarrow$ Ra 3.2 $\Rightarrow$ Ra 1.6 $\Rightarrow$ Ra 0.8	5	Шліфування чорнове	0,036	0,04	1,6	2,5	2,5	2
						6	Шліфування чистове	0,011	0,04	0,8	4	2,5	2

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Згідно з метою магістерського проекту - підвищення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання, складемо відповідний план виготовлення деталі.

Технологічний процес виготовлення валу складається з різноманітних операцій, серед них токарні, свердлильні операції, фрезерно-свердлильні операції, шліфувальні операції, є деяка кількість слюсарних операцій.

Маршрут виготовлення деталі вал представлено на плакаті НУЗП 715.003.017 .

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня

$$\varnothing 10_{-0,001}^{-0,01}$$

Прийняті позначення: h_{i-1} – глибина дефектного слою матеріалу від попередньої операції; ρ_i – похибки форми та взаємного розташування поверхонь на попередній операції; ε_i – похибки установки на виконуємому переході.

Для заготовки нормативні значення $Rz=250\text{мкм}$ и $h=300\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки [1,табл.12,с.186].

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як сумму допустимих значень похибки розміру від зміщення $r_{см}$ та короблення $r_{кор}$.

Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво) [1,табл.18,с.187]:

$$\rho_{cm}=800\text{мкм},$$

$$\Delta k=0,5 \text{ мкм/мм [1,табл.16,с.186]}$$

$$\rho_{кор}=\Delta k \cdot l \quad (1.16)$$

$$\rho_{кор}=0,5 \cdot 125=70\text{мкм}=0,07\text{мм}.$$

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою [3,с.317]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.17)$$

$$\rho = \sqrt{800_{cm}^2 + 70_{кор}^2} = 800\text{мкм}$$

Для точіння чорнового нормативні значення R_z , h [1,табл.25,с.188]:

$$R_{z2}=100\text{мкм}, h_2=100\text{мкм},$$

$$\rho_2=k_y \cdot \rho_1=0.06 \cdot 800=50\text{мкм}=0,05\text{мм},$$

$$k=0,06 \text{ – коефіцієнт уточнення [1,табл.29,с.190].}$$

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою [3,с.317] :

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} \quad (1.18)$$

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{1,2^2 + 1} = 0,390\text{мм}$$

де $Td_{заг}=1,2 \text{ мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння чистового нормативні значення R_z , h , приймаємо [1,табл.25,с.188]:

$$R_{z3}=50\text{мкм}, h_3=50\text{мкм}, \rho_3= 2\text{мкм}, \varepsilon_3=20\text{мкм}.$$

Для термообробки [1,табл.16,с.186]:

$$\Delta k=0,5 \text{ мкм/мм}$$

$$\rho_4=0,5 \cdot 22= 11\text{мкм}$$

Для шліфування чорнового нормативні значення R_z , h , приймаємо[1,табл.25,с.188]:

$$R_{z4}=25\text{мкм}, h_4=25\text{мкм}, \rho_4= 1\text{мкм}, \varepsilon_3=15\text{мкм}.$$

Для шліфування чистового нормативні значення R_z , h , приймаємо [1,табл.25,с.188]:

$$R_{z3}=5\text{мкм}, h_3=5\text{мкм}, \rho_3=0\text{мкм}, \varepsilon_3=0\text{мкм}.$$

Мінімальні значення припусків визначаємо за формулою:

$$z_{i\min} = R_{z(i-1)} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (1.19)$$

де $R_{z(i-1)}$ - висота нерівностей поверхні, що залишилися при виконанні попередньої операції (переходу);

h_{i-1} - глибина дефектного шару, що залишився при виконанні попередньої операції (переходу);

ρ_{i-1} - просторові відхилення, що виникли при виконанні попередньої операції (переходу);

ε_i - похибка установки заготівлі цієї операції (переході).

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2 \left[100 + 100 + \sqrt{800^2 + 390^2} \right] = 2180\text{мкм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{2\min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{50^2 + 300^2} \right] = 808,2\text{мкм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{3\min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{2^2 + 20^2} \right] = 140,2\text{мкм}$$

Для шліфування чистового:

$$2Z_{4\min} = 2 \left[5 + 5 + \sqrt{1^2 + 15^2} \right] = 50\text{мкм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки [3,с.321] :

$$\begin{aligned} d_5^{\min} &= d_5^{\text{НОМ}} + ei_{d5} \\ d_5^{\min} &= 10 + (-0.001) = 9,999 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.20)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.21)$$

$$\begin{aligned} d_4^{\min} &= d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 9,999 + 0,05 = 10,049 \text{ мм}; \\ d_3^{\min} &= d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 10,049 + 0,140 = 10,189 \text{ мм}; \\ d_2^{\min} &= d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 10,189 + 0,808 = 10,997 \text{ мм}; \\ d_1^{\min} &= d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 10,997 + 2,180 = 13,177 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.22)$$

$$\begin{aligned} d_5^{\max} &= d_5^{\min} + Td_5 = 9,999 - 0,009 = 9,99 \text{ мм}; \\ d_4^{\max} &= d_4^{\min} + Td_4 = 10,049 + 0,15 = 10,199 \text{ мм}; \\ d_3^{\max} &= d_3^{\min} + Td_3 = 10,189 + 0,36 = 10,549 \text{ мм}; \\ d_2^{\max} &= d_2^{\min} + Td_2 = 10,997 + 0,9 = 11,897 \text{ мм}; \\ d_1^{\max} &= d_1^{\min} + Td_1 = 13,177 + 1,2 = 14,377 \text{ мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.23)$$

$$\begin{aligned} 2z_{i2}^{\max} &= d_1^{\max} - d_2^{\max} = 14,377 - 11,897 = 2,48 \text{ мм} \\ 2z_3^{\max} &= d_2^{\max} - d_3^{\max} = 11,897 - 10,549 = 1,348 \text{ мм}; \\ 2z_4^{\max} &= d_3^{\max} - d_4^{\max} = 10,549 - 10,199 = 0,35 \text{ мм}; \\ 2z_5^{\max} &= d_4^{\max} - d_5^{\max} = 10,199 - 9,99 = 0,209 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{\text{зар}} - Td_{\text{дет}} \quad (1.24)$$

$$4387 - 3178 = 1200 - 9$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{\text{ном}} = d_{\text{1min}} + ei_1 \quad (1.25)$$

$$d_{\text{ном}} = 13,177 + 0,5 = 13,677 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки дорівнюватиме: $\varnothing 13,6 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$

Виконавчі розміри по іншим переходам виконуємо в системі «валу», то бто за номінальний розмір приймається максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, усі дані заносимо до таблиці 1.5.

На діаметральну поверхню $\varnothing 12k6 \begin{smallmatrix} +0,012 \\ +0,001 \end{smallmatrix}$ припуски розраховуємо табличним методом та данні розрахунків заносимо у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 - Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Характер поверхні	i	Назва технологіч их переходів (операції)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, Td, мм	Значення				Виконавчий розмір, мм
			R _z	h	ρ	ε	Припуск 2Z _{min} , мкм	Розмір, dmin,мм		Розмірів		Припусків		
										d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
зовнішня циліндрична поверхня Ø10 ^{-0,01} _{-0,001}	1	Заготовка	250	300	800	-	-	13,177	1,2	14,377	13,177	-	-	Ø13,6 ^{+0,7} _{-0,5}
	2	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	100	100	50	390	2180	10,997	0,9	11,897	10,997	2048	2180	Ø11,9 _{-0,9}
	4	Точіння чистове	50	50	2	20	808	10,189	0,36	10,549	10,189	1348	808	Ø10,6 _{-0,36}
	5	Шліфуванн я чорнове	25	25	1	15	140	10,049	0,15	10,199	10,049	350	140	Ø10,2 _{-0,15}
	6	Шліфуванн я чистове	5	5	0	0	50	9,999	0,009	9,99	9,999	209	50	Ø10 ^{-0,01} _{-0,001}

Продовження таблиці 1.5

Характер поверхні	i	Назва технологічни х переходів (операції)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, Td, мм	Значення				Виконавчий розмір, мм
			R _z	h	ρ	ε	Припуск 2Z _{min} , мкм	Розмір, dmin,мм		Розмірів		Припусків		
										d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
Зовнішня циліндрична поверхня Ø12 ^{+0,012} _{+0,001}	1	Заготовка					-	14.357	1,2	15,557	14.357	-	-	Ø14,6 ^{+0,7} _{-0,5}
	2	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове					1600	12,757	0,3	13,057	12,757	2500	1600	Ø13 _{-0,3}
	4	Точіння чистове					400	12,357	0,12	12,477	12,357	580	400	Ø12,5 _{-0,12}
	5	Шліфуванн я чорнове					350	12,007	0,018	12,025	12,007	452	350	Ø12 _{-0,018}
	6	Шліфуванн я чистове					60	12,001	0,011	12,012	12,001	67	60	Ø12 ^{+0,012} _{+0,001}

Вибір різального інструменту

Вибираємо різець 2100-0563 прохідний з наступними параметрами: розміри державки 20x12x120, правий, $\varphi=45^\circ r=1$ мм ГОСТ 18869-73.

Розрахунок режимів різання

Глибина різання:

$t=1,5$ мм

Призначаємо подачу за формулою [2] :

$$S_p^{\text{черн}} = S_{\text{табл}}^{\text{черн}} \cdot K_{s1} \cdot K_{s2} \quad (1.26)$$

де $S_{\text{табл}} = 0,35$ мм/об [2, табл. 11, с.266]

$$K_{s1} = 1,25 [2]$$

$$K_{s2} = 0,84 [2]$$

$$S_p^{\text{черн}} = 0,35 \cdot 1,25 \cdot 0,84 = 0,37 \text{ мм/об}$$

За паспортом верстата приймаємо $S_{\text{ст}}^{\text{черн}} = 0,35$ мм/об

Швидкість різання за формулою [2]:

$$V_p = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot K_{10} \quad (1.28)$$

де $V_{\text{табл}} = 150,2$ м/мин [2, с.265]

$$K_1 = 1,0 [2]$$

$$K_6 = 0,69 [2]$$

$$K_2 = 0,8 [2]$$

$$K_7 = 0,97 [2]$$

$$K_3 = 0,75 [2]$$

$$K_8 = 0,87 [2]$$

$$K_4 = 1,11 [2]$$

$$K_9 = 1,0 [2]$$

$$K_5 = 1,1 [2]$$

$$K_{10} = 0,71 [2]$$

$$\begin{aligned} V_p &= 150,2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1,11 \cdot 1,1 \cdot 0,69 \cdot 0,97 \cdot 0,87 \cdot 1,0 \cdot 0,71 \\ &= 45,49 \text{ м/хв} \end{aligned}$$

Частота обертання шпинделя за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_{\text{max}}} \quad (1.29)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 45,5}{3,14 \cdot 16} = 905 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата вибираємо $n_{\text{ст}} = 900 \text{ об/хв}$

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою [2]:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{max}} \cdot n_{\text{ст}}}{1000} \quad (1.30)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 900}{1000} = 45,21 \text{ м/хв.}$$

1.6.2 Розробка режимів різання на фрезерну операцію

Операція № 075 – Фрезерна з ЧПК (рис. 1.8)

Верстат – Оброблюючий центр VX-4

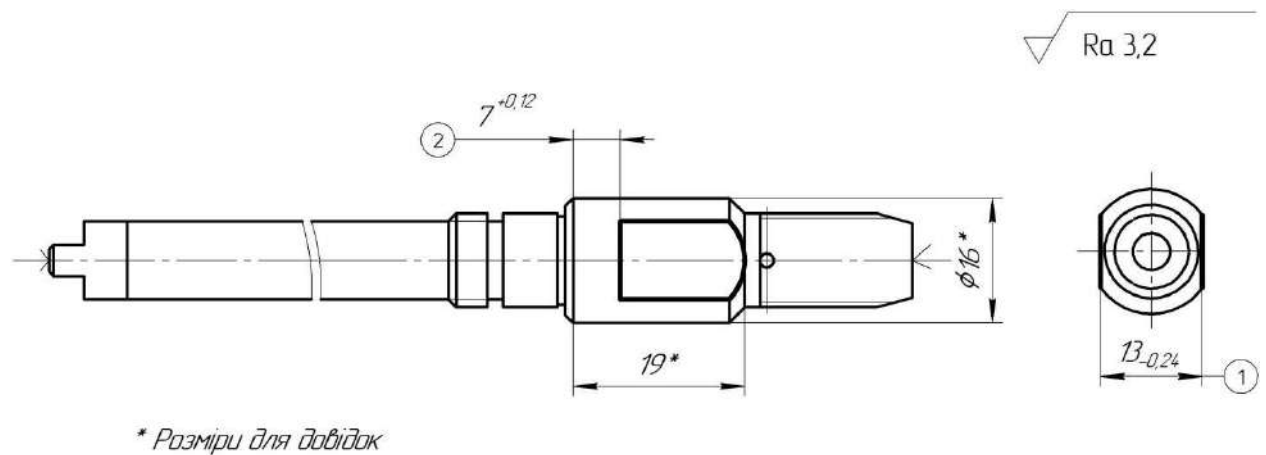


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз фрезерної операції

Вибір різального інструменту:

Для операції фрезерування, враховуючи малі розміри заготовки, вибираємо кінцеву фрезу 2220-0219, діаметром $D=25\text{мм}$ з числом зубів $z=6$ ГОСТ 17025-71.

Призначення режимів різання

Визначення глибини різання: $t = 1,5 \text{ мм}$

Подача за формулою [2]:

$$S_z = S_{zT} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Si} \cdot K_{S\phi} \quad (1.31)$$

де S_{zm} – табличне значення подачі на зуб, $S_{z\text{табл}}=0,1$ [5,стр.303,таб.110].;

K_{Sn} – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні заготівлі [5,стр.305,таб.114], $K_{Sn}=1,0$;

K_{Si} – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту [5,стр.305,таб.114], $K_{Si}=1,0$;

$K_{S\phi}$ - Коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні [5,стр.306,таб.114], $K_{S\phi}=1,0$.

$$S_p = 0,10 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,1 \text{ мм / об}$$

Розраховуємо швидкість головного руху за формулою :

$$v = v_T \cdot K_v \quad (1.32)$$

$$K_v = K_{vM} \cdot K_{vI} \cdot K_{vП} \cdot K_{vC} \cdot K_{v\Phi} \cdot K_{vO} \cdot K_{vB} \cdot K_{v\phi} \quad (1.33)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, $V_{\text{табл}}=53 \text{ м/хв}$ [5,стр.317,таб.128].;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу,

$$K_{vM}=1,0 \text{ [5,стр.317,таб.129];}$$

K_{vI} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,

$$K_{vI}=1,0 \text{ [5,стр.317,таб.129];}$$

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$$K_{vП}=1,13 \text{ [5,стр.317,таб.129];}$$

K_{vC} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

$$K_{vT}=1,0 \text{ [5,стр.317,таб.129];}$$

$K_{v\phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{\text{вж}}=0,57$ [5,стр.317,таб.129];

$K_{\text{во}}$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$K_{\text{во}}=1,0$ [5,стр.317,таб.129].

$$V_p = 53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1 = 34 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.29):

$$n = \frac{1000 \cdot 34}{3,14 \cdot 25} = 433 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за верстатом: $n=450$ об/хв.

Справжня швидкість різання за формулою (1.30):

$$V = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 450}{1000} = 35,32 \text{ м/хв}$$

Визначення хвилинної подачі інструменту:

$$S_m = S_z \cdot n \cdot z \quad (1.34)$$

$$S_m = 0,1 \cdot 450 \cdot 6 = 270 \text{ мм/хв}$$

Обираємо: $S_m = 270$ мм/хв.

Розрахунок машинного часу:

$$t_o = \frac{l + l_1 + l_2}{S_i} \cdot i; \quad (1.35)$$

де l -довжина фрезерування ;

l_1 -довжина врізання;

$l_2=3$ - довжина перебігу;

i -кількість проходів.

$$t = \frac{9,32 + 12,5 + 3}{270} \cdot 2 = 0,18 \text{ хв}$$

Визначення сили різання при фрезеруванні

Головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{mp}, H \quad (1.36)$$

Значення коефіцієнтів: $x=0,86$, $y=0,72$, $z=6$, $q=0,86$, $w=1$, $C_p=68,2$ [4,с.291]

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що обробляється.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75}, \quad (1.37)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86,$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 25^1 \cdot 6}{25^{0,86} \cdot 1} \cdot 0,86 = 1086H.$$

Визначення потужності фрезерування та перевірка її по верстату:

$$N = 3,36 \cdot 10^{-5} \cdot D^{0,14} \cdot t^{0,86} \cdot S_z^{0,72} \cdot B \cdot z \cdot n; \kappa Bm \quad (1.38)$$

$$N = 3,36 \cdot 10^{-5} \cdot 24^{0,14} \cdot 3^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 24 \cdot 6 \cdot 400 = 1,5 \kappa Bm$$

$$N=1,5 < [N]=2,2 \kappa Bm.$$

1.6.3 Розрахунок режимів різання на свердлильну операцію

Операція 035-Свердлильна

Верстат – Вертикально- свердлильний КЗ

Свердлити 3 отвори згідно операційного ескізу (рис. 1.9)

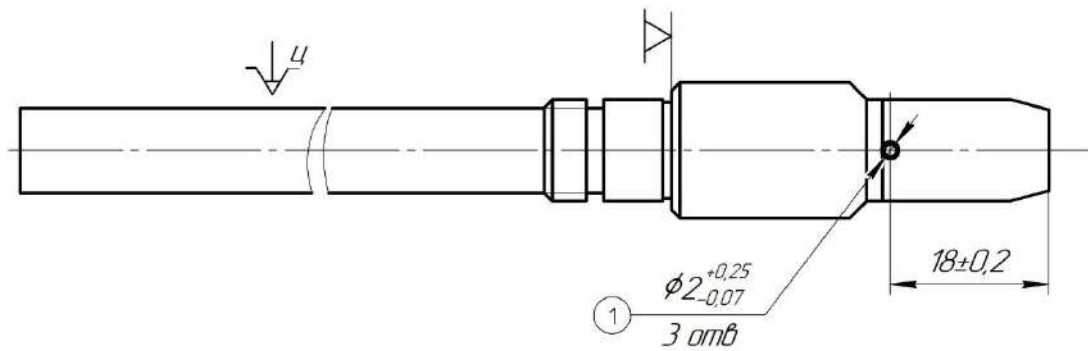


Рисунок 1.9 – Ескіз свердлильної операції 035

Інструмент:

- 1) центровка Ø 1 мм 2317-0001 ГОСТ 14952-75
- 2) свердло спіральне 2300-0141 D = 2 мм ГОСТ 10902-77, матеріал Р6М5, стійкість свердла T = 12 хв [3, табл.30, стр.229];

Глибина різання:

$$t=0,5D \quad (1.39)$$

$$t=0,5 \cdot 2 = 1 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу за формулою (1.27) та (1.28):

$$K_{s_o} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 = 0,85$$

$$S_o = 0,14 \times 0,85 = 0,12 \text{ мм / об}$$

де $S_o=0,14$ [3, стор. 18];

K_{SI} - коефіцієнт враховує глибину свердління, $K_{SI} = 1,0$;

K_{SI} - коефіцієнт враховує матеріал інструменту, $K_{SI} = 1,0$;

K_{Sd} – коефіцієнт враховує тип отвору, що обробляється, $K_{Sd}=1,0$;

$K_{SЖ}$ - коефіцієнт враховує жорсткість технологічної системи, $K_{SЖ} = 1,0$;

K_{SM} - коефіцієнт враховує матеріал оброблюваної поверхні, $K_{SM} = 0,85$.

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.29) та (1.30):

$$k_v = 0,8 \times 0,91 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,73$$

$$V = 22 \cdot 0,73 = 16,06 \text{ м/хв}$$

де V_T - табличне значення швидкості різання, $V_T = 22 \text{ м / хв}$, [3, т.66, стор 269];

K_v - узагальнений швидкісний коефіцієнт;

K_{vm} - коефіцієнт оброблюваності матеріалу, $K_{vm} = 0,8$;

K_{vI} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту, $K_{vI} = 0,91$;

K_{vd} - коефіцієнт, що враховує тип отвору, $K_{vd} = 1,0$;

K_{vI} - коефіцієнт, що враховує долину отвору, $K_{vI} = 1,0$;

K_{vO} - коефіцієнт, що враховує вплив СОЖ, $K_{vO} = 1,0$.

Визначаємо частоту обертання шпинделя згідно формули (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 16,06}{3,14 \cdot 2} = 2557 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо по паспорту $n = 800 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.32):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 800 \cdot 2}{1000} = 5,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

1.6.4 Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію

Операція 070- Шліфувальна

Інструмент: шліфувальний круг 1 600x25x305 24А 16П СМ1 ГОСТ2424-83

Пристосування – центра, хомутик поводковий.

Верстат – круглошліфувальний 3Б161;

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр заготовки 200мм
- 2) найбільша довжина заготовки 700 мм
- 3) частота обертання круга: 1590 об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя: 50-500об/хв;
- 5) потужність 10 кВт

МОР – емульсія;

Операційний ескіз – рис. 1.10

Припуск визначаємо за формулою:

$$Z_{max} = \frac{2Z_{max}}{2} \quad (1.40)$$

$$Z_{max1} = \frac{0,125}{2} = 0,062 \text{ мм};$$

$$Z_{max2} = \frac{0,255}{2} = 0,127 \text{ мм};$$

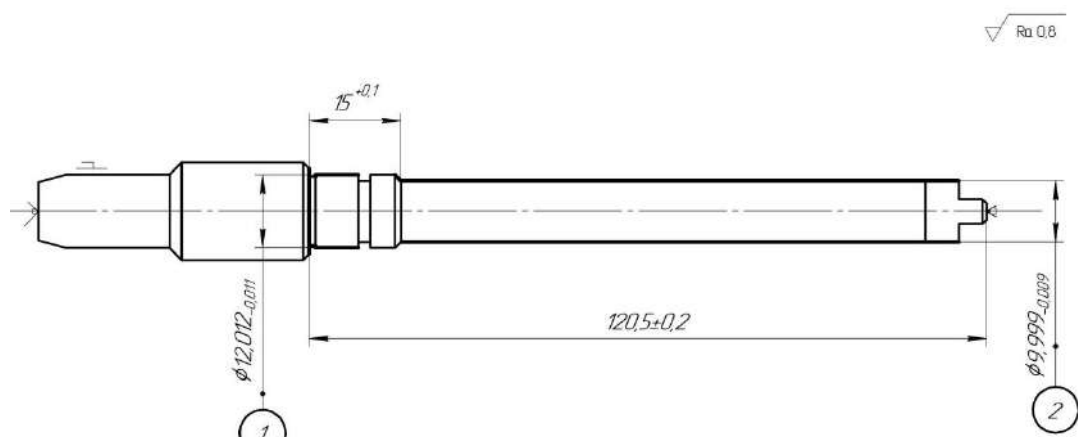


Рисунок 1.10 – Операційний ескіз до шліфувальної операції

Подачу розраховуємо за формулою (1.31):

де $S_p = 0,008$ мм/дв.ход [5]

$$S_{II} = 2 \text{ мм/об [5]}$$

$$K_D = 0,82 [5]$$

$$K_R = 1,0 [5]$$

$$K_T = 1,0 [5]$$

$$K_h = 1,0 [5]$$

$$K_{IT} = 0,8 [5]$$

$$K_M = 1,0 [5]$$

$$S_p = 0,008 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,0052 \text{ мм/об.}$$

$$S_{II} = 4 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,3 \text{ мм/об.}$$

За паспортом:

$$S_p = 0,005 \text{ мм/дв.ход}$$

$$S_{II} = 1 \text{ мм/об}$$

Швидкість різання:

$$V_{ш.кр.} = 50 \text{ м/с [5].}$$

$$V_{ш.дет.} = 50 \text{ м/хв [5].}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя за формулою (1.32):

$$n_{ш.кр.}^p = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1592 \text{ об/хв}$$

$$n_{ш.дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 10} = 318 \text{ об/хв}$$

За паспортом: $n_{ш.кр.} = 1590$ об/хв, $n_{ш.дет.} = 300$ об/хв

Фактична швидкість різання за формулою (1.33) :

$$V_{ш.кр.} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 50 \text{ м/с}$$

$$V_{det} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 300}{1000} = 47 \text{ м/хв}$$

$$V_{det} = \frac{3,14 \cdot 12 \cdot 300}{1000} = 42 \text{ м/хв}$$

1.7 Розрахунок технічної норми часу

Визначення норми основного часу операції за формулою:

$$T_O = \sum t_{Oi} \quad (1.41)$$

де $\sum t_{Oi}$ – сума основних часів із переходів;

Додатковий час роботи верстата за програмою згідно формулі:

$$T_{0dod} = 0,3 \cdot T_{0a} \quad (1.42)$$

Визначення норм допоміжного часу

Допоміжний час за формулою:

$$T_{доп} = T_{вст} + T_{пер} + T_{контр} \quad (1.43)$$

де $T_{вст}$ – допоміжний час, пов'язаний із встановленням, зняттям деталі [8];

$T_{пер}$ - допоміжний час пов'язаний з переходом [8];

$T_{контр}$ – допоміжний час на контрольні виміри [8].

Штучний час на операцію за формулою:

$$T_{шт} = (T_o + T_B) \cdot \left(1 + \frac{a_{обслотд}}{100} \right) \quad (1.44)$$

де $a_{тех}$, $a_{орг}$, $a_{отл}$ - час на технічне, організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робітника [8].

Штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (1.45)$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заключний час на налаштування операції;
 n - кількість деталей у партії, що запускається.

1.7.1 Нормування токарної операції

Операція 020 - Токарна

Машинний час роботи верстата за формулою (1.41):

$$T_o = 0,31 + 0,36 = 0,67 \text{ хв}$$

Оперативно-допоміжний час за формулою (1.42):

$$T_e = 0,24 + 0,39 + 0,325 = 0,955 \text{ хв}$$

де $T_{уст} = 0,18 + 0,06 = 0,24 \text{ хв}$, [7, карта 10]

$$T_{пер} = 0,13 + 0,13 + 0,13 = 0,39 \text{ хв}, [2, \text{табл. 1.13}]$$

$$T_{контр} = 0,1 + 0,075 \cdot 3 = 0,325 \text{ хв}, [8, \text{карта 76}]$$

Штучний час за формулою (1.43):

$$a_{обслотд} = 10\% (T_m + T_e) \quad [2, \text{стр. 41}]$$

$$T_{шт} = ((0,67 + 0,955)(1 + (10/100))) = 1,787 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час , [8, карта 10]:

$$T = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.45):

$$T_{шт.к} = 1,787 + \frac{25}{80} = 2,2 \text{ хв}$$

1.7.2 Нормування свердлильної операції

Операція 035-Свердлильна

Основний час за формулою (1.41):

$$T_0 = 0,19 + 0,06 = 0,25 \text{ хв}$$

Оперативно-допоміжний час за формулою (1.42):

$$T_g = 0,34 + 0,491 + 0,12 = 0,971 \text{ хв.}$$

де $T_{уст} = 0,06 \cdot 4 + 0,16 = 0,34 \text{ хв}$, [7, карта 10]

$$T_{пер} = 0,13 + 0,13 + 0,077 \cdot 3 = 0,491 \text{ хв, [2, табл. 1.13]}$$

$$T_{контр} = 0,12 \text{ хв, [8, карта 76]}$$

Штучний час за формулою (1.43):

$$T_{шт} = ((0,25 + 0,971) \cdot (1 + (10/100))) = 2,985 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час, [8, карта 10]:

$$T = 28 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.45):

$$T_{шт.к} = 2,985 + \frac{28}{80} = 3,45 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування на фрезерну операцію

Операція 075- фрезерувальна

Основний сумарний час на операцію 0,18 хв

Допоміжний час за формулою (1.42):

де t''_0 - переміщення інструменту в «0» [8, к.34, стр.258]; $t''_0 = 0,05 \text{ хв}$

$t_{с.б.}$ - час пов'язаний зі зміною блоку [8, к.42, стр.394]; $t_{с.б.} = 0,05$ хв;

$t_{в.у.}$ - час на установку і зняття деталі в патроні з пневматичним затиском [8, к.51, стр.139]; $t_{в.у.} = 1,2$ хв;

$t_{м.в.}$ - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні [8, к.60, стр.152], $t_{м.в.} = 0,15$ хв.

$$t_{доп} = 0,05 + 0,05 + 1,2 + 0,15 = 1,45 \text{ хв}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у}$ рівно неповному оперативному часу роботи верстата :

$$t_{п.у.} = t_{о.} + t_{м.в.} \quad (1.46)$$

$$t_{п.у.} = 0,18 + 0,16 = 0,34 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця :

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{п.у.} \quad (1.47)$$

$$t_{обс} = 0,08 \cdot 0,34 = 0,027 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби :

$$t_{п} = 8\% \cdot t_{п.у.} \quad (1.48)$$

$$t_{п} = 0,08 \cdot 0,34 = 0,027 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію згідно операції (1.44):

$$t_{шт.} = 0,18 + 1,45 + 0,027 + 0,027 = 1,68 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію:

$$T_{П-3} = T_{П-31} + T_{П-32} \quad (1.49)$$

де $T_{\Pi-31}$ - час на витрати для усіх верстатів з ЧПК [8, к. 60, стор. 301]; $T_{\Pi-31} = 12$ хв;

$T_{\Pi-32}$ - час на витрати додаткові роботи, що враховують [8, к. 60, стор. 301]
 $T_{\Pi-32} = 7$ хв.

$$T_{\Pi-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію згідно формулі (1.45):

$$t_{\text{шт-к}} = \frac{19}{80} + 1,68 = 1,91 \text{ хв}$$

1.7.4 Технічне нормування на круглошлифовальну операцію

Операція 070- Шліфувальна

Основний сумарний час на операцію $t_o = 0,32$ хв

Допоміжний час за формулою (1.41):

$$t_{\text{уст}} = t_{\text{сн}} = 0,1 \text{ хв [8, к.16, стор.640]}$$

$$t_{\text{пер}} = 1,09 \text{ хв [8, к.17-18, стор.641-643]}$$

$$t_{\text{тех}} = 0,06 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,1 + 1,09 + 0,06 = 1,25 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час згідно формулі (1.42):

$$t_{\text{оп.}} = 0,32 + 1,25 = 1,57 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця за формулою (1.43):

$$t_{\text{обс}} = 0,015 \cdot 1,57 = 0,024 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби за формулою (1.44):

$$t_{\text{від}} = 0,04 \cdot 1,57 = 0,063 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час на операцію згідно формулі (1.45):

$$t_{\text{шт.}} = 1,57 + 0,024 + 0,063 = 1,66 \text{ хв}$$

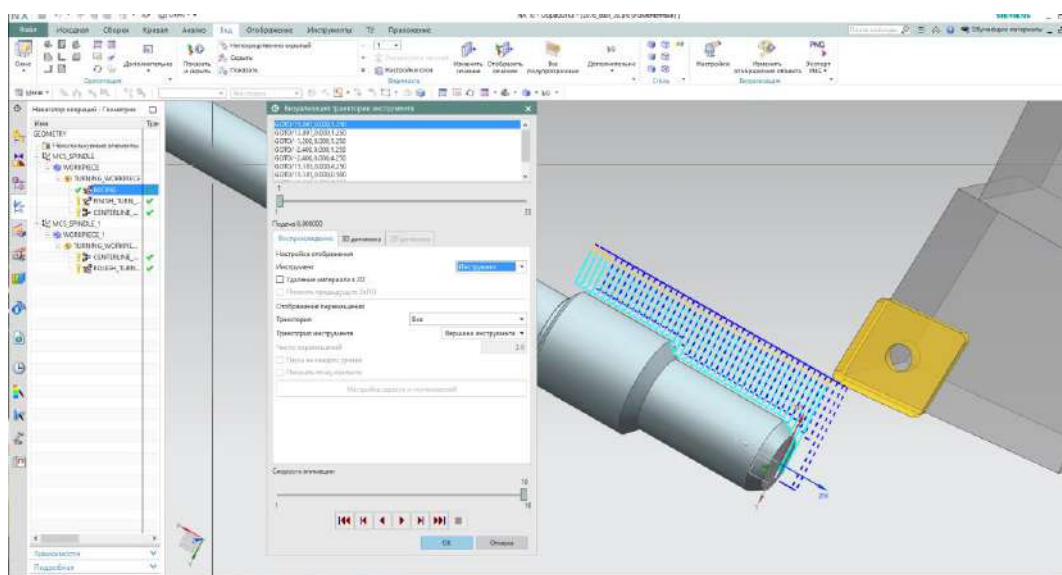


Рисунок 1.12 – Перехід 2 токарної операції

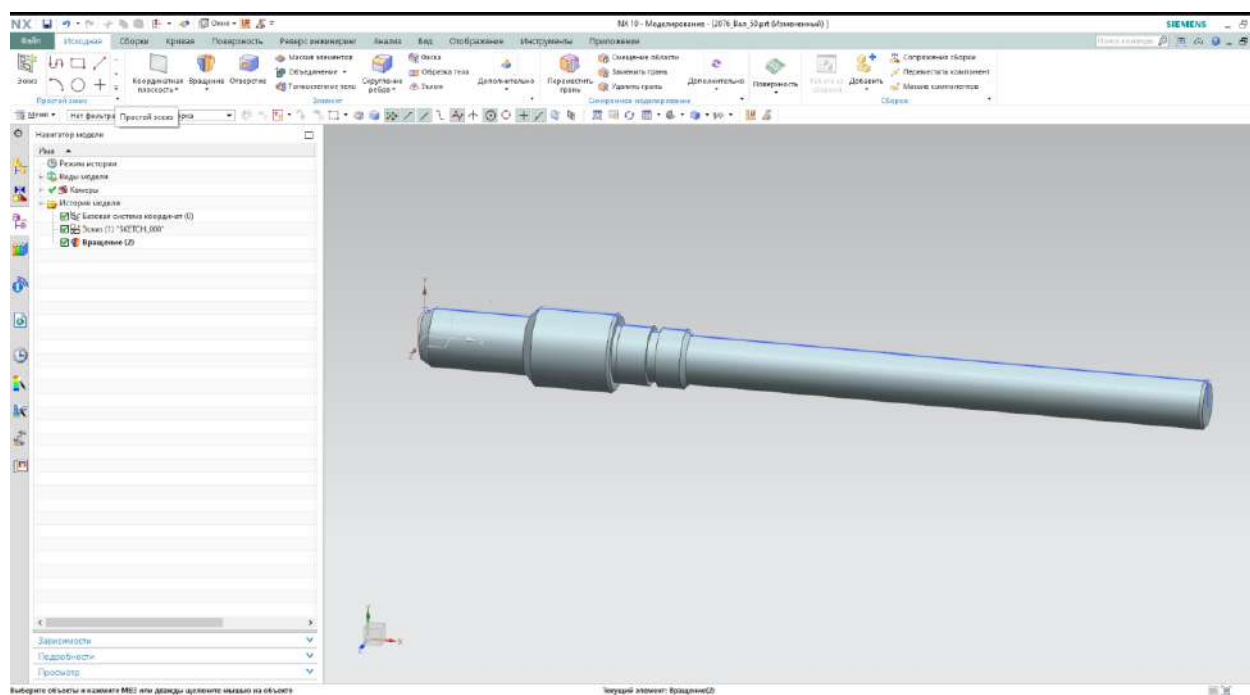


Рисунок 1.13 – Деталь після токарної операції

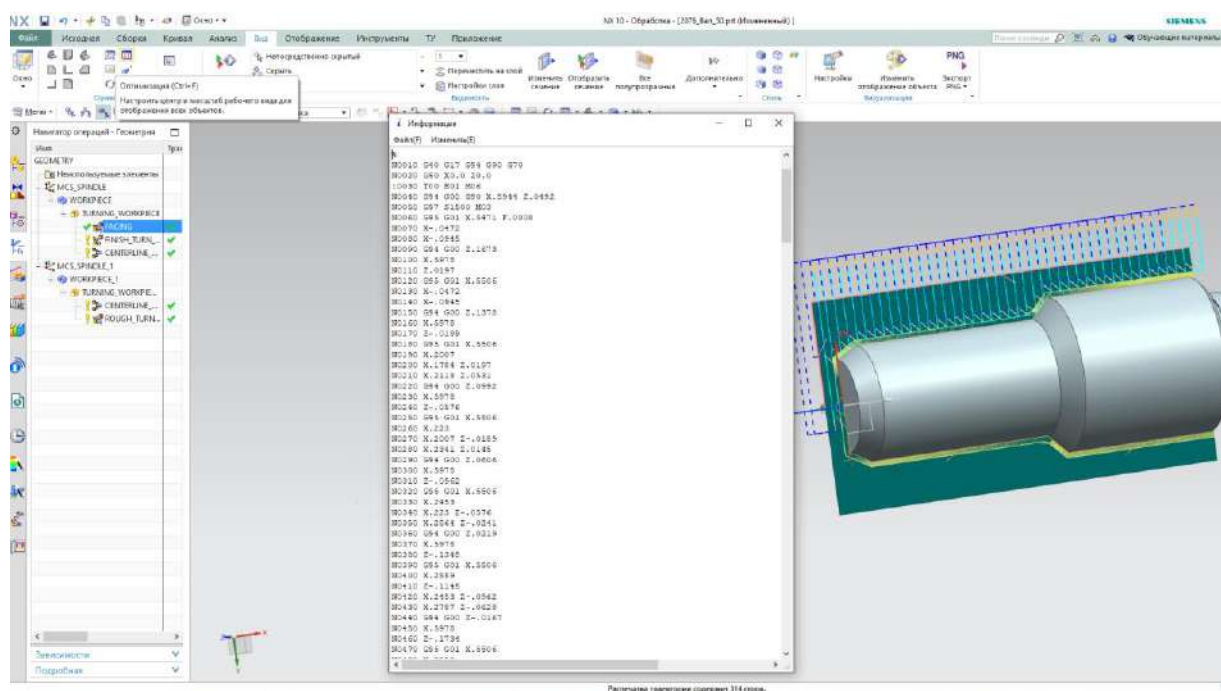


Рисунок 1.14 – Керуюча програма

1.8.2 Розробка фрезерної операції за допомогою модуля NXCAM

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX (рис.1.15-рис.1.16).

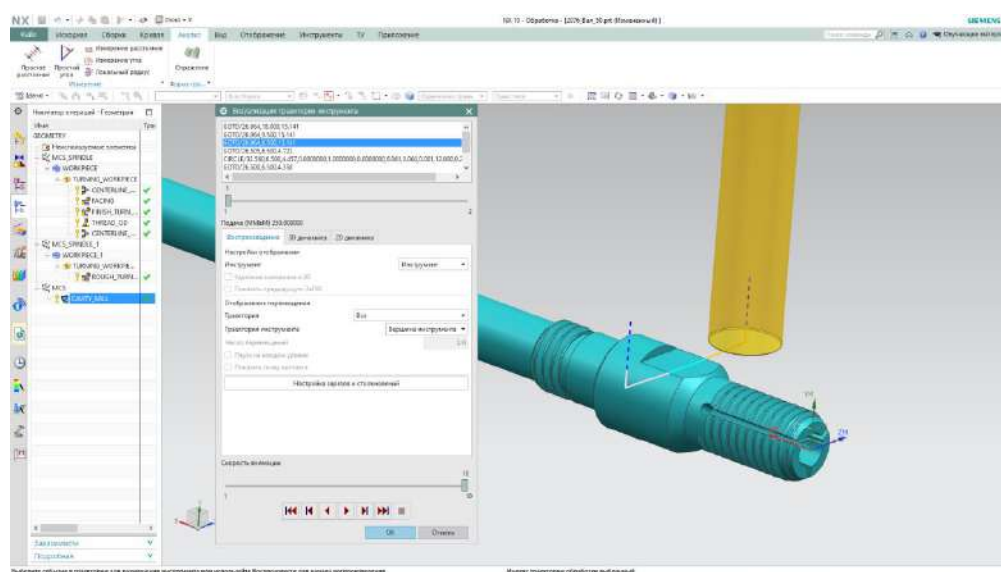


Рисунок 1.15- Орієнтація інструменту на фрезерній операції в NXCAM

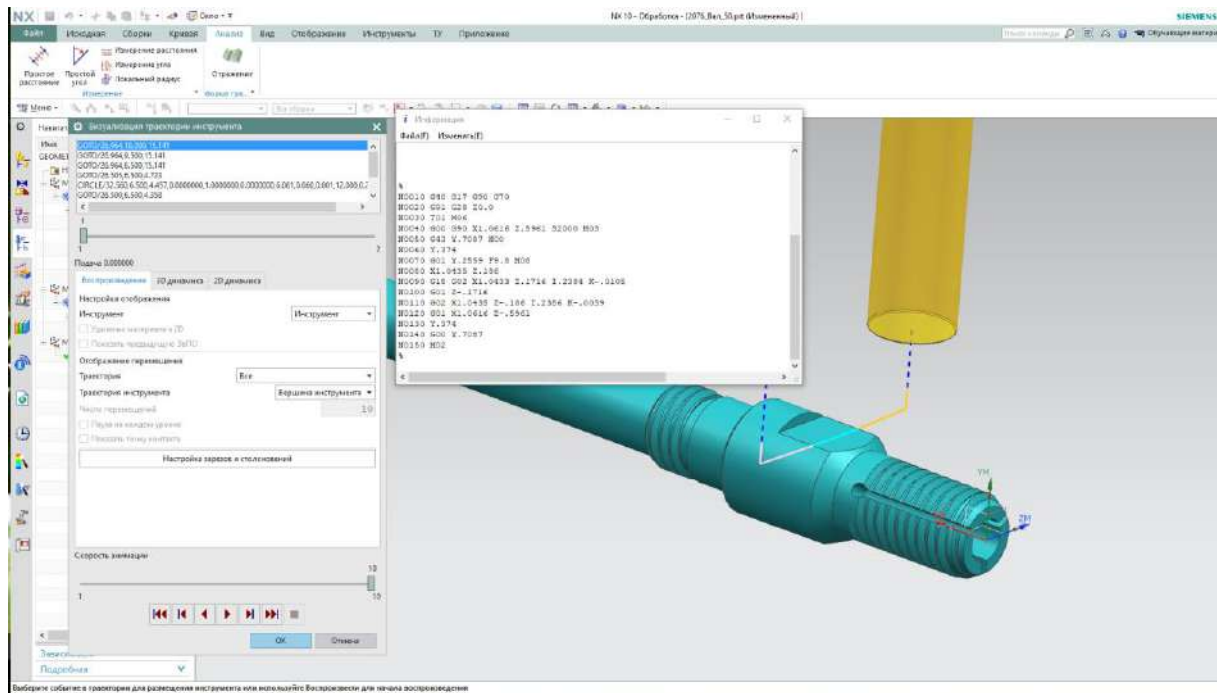


Рисунок 1.16 – Керуюча програма

1.8.3 Розробка свердильної операції за допомогою модуля NX CAM

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX (наведено на рис. 1.17-1.19)

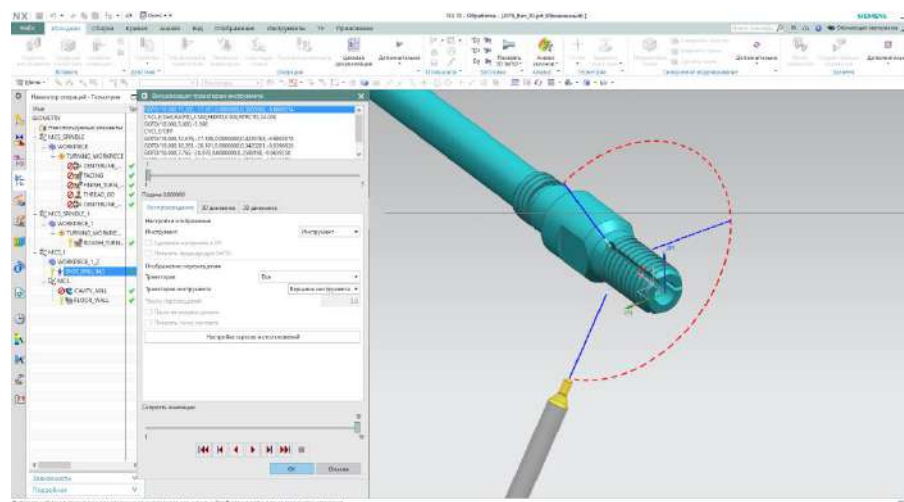


Рисунок 1.17- Центрування отворів

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристрою

2.1.1 Опис конструкції та принципа роботи

Даний пристрій (рис. 2.1) призначений для фрезерування пазів в деталях типу «вал».

Заготівля, що обробляється, встановлюється на призми 2. Пневмоциліндр 21, встановлений у корпусі 1, при поворотно-поступальному пересуванні за допомогою штока 4 тисне на важіль 6, який, у свою чергу, рухає притиск. Знаходячи на оброблювану заготівлю, притиск скосом заклинює її.

Після закінчення обробки шток 4 пневмоциліндра 21 переміщується вліво і відпускає важіль 6, який, за допомогою пружин 9, переміщає клиновий притиск праворуч і звільняє оброблену деталь.

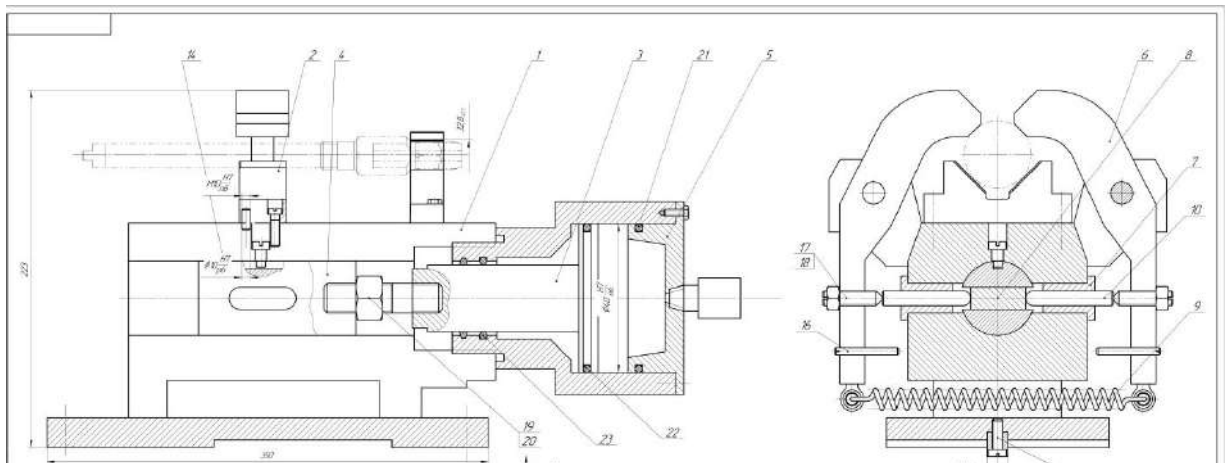


Рисунок 2.1 – Робоче пристосування

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Похибка установки $\varepsilon_{уст}$, як одна із складових загальної похибки виконуваного розміру, складається з похибки базування, закріплення. По своєму фізичному сенсу величина $\varepsilon_{уст}$ показує похибкам положення заготовки [9]

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2} \quad (2.1)$$

ε_{δ} - частина похибки установки, що виникає внаслідок розбіжності вимірювальної та настроювальної баз [9];

ε_z - частина похибки установки, що виникає внаслідок відхилення вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту під дією прикладених сил закріплення [9].

Розглянемо схему установки на звичайну призму з кутом 90° , як настановна база приймаємо $\varnothing 10_{-0,001}^{-0,010}$

Схема установки в призму представлена на рисунку 2.2

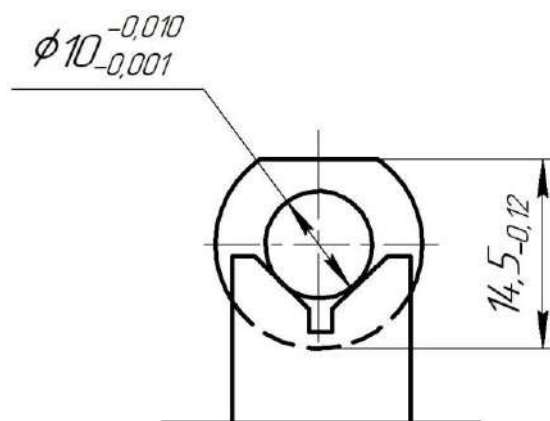


Рисунок 2.2 – Схема установки в призму

Похибка базування [9,с.36]:

$$\varepsilon\delta_{H1} = \kappa_2 \cdot T_d + \frac{T_D}{2} \quad (2.1)$$

де κ_2 – коефіцієнт в залежності від кута призьми, $\kappa_2 = 0,7$, [9,табл.4.1,с.34];

T_d - допуск на посадочний діаметр, $T_d = 0,009$ мм [9];

T_D - допуск на оброблювану поверхню, $T_D = 0,12$ мм. [9]

$$\varepsilon\delta_{H1} = 0,7 \cdot 0,009 + \frac{0,12}{2} = 0,0663 \text{мм}$$

Похибкою закріплення ε_z називається різниця між найбільшою і найменшою величинами проекцій зсуву вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру в результаті додатка до заготовки сили затиску.

Похибка закріплення [9, табл.4.6, с.49]:

$$\varepsilon_z = 0,04 \cdot \sin 45 = 0,03 \text{мм}$$

Похибка установки за формулою (2.1):

$$\varepsilon_y = 0,03 + 0,0663 = 0,0963 \text{ мм}$$

що задовольняє заданим параметрам точності.

Розрахунок пристосування на точність [9]

Налаштування інструменту на розмір обробки проводиться за допомогою установка-габариту. Щоб уникнути зносу основної поверхні установка користуються щупом.

При фрезеруванні площин, коли необхідно витримати один розмір, користуються висотними установками.

Розрахунок на точність фрезерних пристосувань полягає у визначенні виконавчих розмірів на установ.

Визначення номінального розміру установка [9]:

$$ACP = A - TA / 2 \quad (2.2)$$

$$ACP = 14,5 - 0,12 / 2 = 14,44 \text{ мм}$$

$$Dcp = D - TD / 2 \quad (2.3)$$

$$Dcp = 16 - 0,12 / 2 = 15,94 \text{ мм}$$

$$Rcp = Dcp / 2 \quad (2.4)$$

$$Rcp = 15,94 / 2 = 7,97 \text{ мм}$$

$$B1cp = Rcp / \sin 45 \quad (2.5)$$

$$B1cp = 7,97 / 0,7 = 11,38 \text{ мм}$$

$$TB1cp = \pm TD / 4 \sin 45 \quad (2.6)$$

$$TB1cp = \pm 0,12 / 4 \sin 45 = \pm 0,042 \rightarrow \pm 0,04 \text{ мм}$$

$$B2cp = Acp - Rcp \quad (2.7)$$

$$B2cp = 14,44 - 7,97 = 6,47 \text{ мм}$$

$$TB2 = TA - TR = TA - TD / 2 \quad (2.8)$$

$$TB2 = 0,12 - 0,12 / 2 = 0$$

$$Scp = S - TS / 2 \quad (2.9)$$

$$Scp = 3 - 0,006 / 2 = 2,997 \text{ мм}$$

$$Hcp = B1cp + B2cp - Scp \quad (2.10)$$

$$Hcp = 11,38 + 6,47 - 2,997 = 14,853 \text{ мм}$$

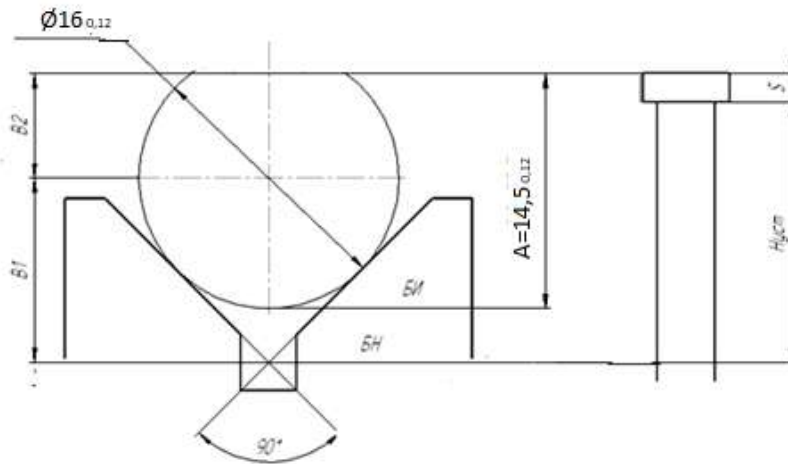


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку на точність

Визначення допуску на установ [9,с.76]:

$$TH_{уст} \leq TA - (K_1 \cdot \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{закр} + K_2 \cdot \omega)$$

де TA -допуск на розмір обробки;

K_1 - коефіцієнт, що враховує реальну похибка базування, $K_1 = 0,8..0,85$;

K_2 - коефіцієнт, що враховує частку за середню економічної точності обробки і не залежить від конструкції пристосування, $K_2 = 0,6..0,65$;

ω - середня економічна точність обробки [3,табл.5.2], $\omega = 0,016\text{мм}$.

$$TH_{уст} = 0,12 - (0,85 \cdot 0,06 + 0,03 + 0,65 \cdot 0,016) = 0,091 = 0,1$$

Виконавчий розмір установка [9,с.76]:

$$H_{уст} \pm 0,5TH_{уст} \quad (2.11)$$

$$H_{уст} = 14,853 \pm 0,5 \cdot 0,1 = 14,8 \pm 0,05$$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку і місця прикладання сили. Затискні пристрої служать для утримання заготовки під час її обробки. Особливістю даної схеми закріплення заготовки є ТО, що точка прикладання сили затиску W є плаваючою, тому сила тертя в цій точці не утримує заготовку в процесі обробки.

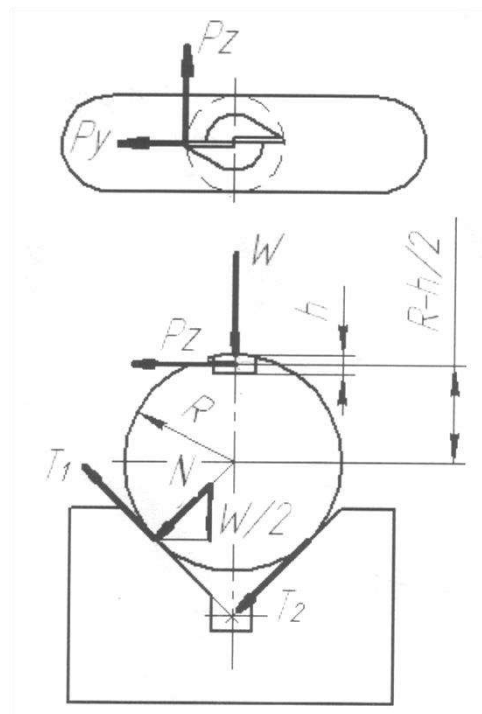


Рисунок 2.4 - Схема до визначення сили закріплення

$$\sum M_o = 0$$

$$T_1 = T_2 = T;$$

$$P_z(R-h/2) - 2T \cdot R = 0$$

$$T = f \cdot N$$

$$N = W/2 \sin(\alpha/2)$$

$$P_z(R-h/2) = f W / \sin(\alpha/2) \quad R$$

$$W = \frac{Pz\left(R - \frac{h}{2}\right) \sin(\alpha/2)}{fR} \quad (2.12)$$

$$W_d = W \cdot k \quad (2.13)$$

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.14)$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків, $k_0 = 1,5$ [9];

k_1 - коефіцієнт нерівномірності сил різання через мінливість знімається при обробці припуску, $k_1 = [9]1$;

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту, $k_2 = 1,7$ [9];

k_3 - коефіцієнт, що враховує уривчастість різання, $k_3 = 1$ [9];

k_4 - коефіцієнт, що враховує мінливість розвиваються приводами сил затиску, $k_4 = 1$ [9];

k_5 - коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток, $k_5 = 1$ [9];

k_6 - коефіцієнт невизначеності 2 положення місць контакту, $k_6 = 1$ [9].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,55$$

f - коефіцієнт тертя, $f = 0,15$ [9];

$$W = \frac{1086 \cdot \left(0,045 - \frac{0,009}{2}\right) \sin(90/2)}{0,15 \cdot 0,045} = 8409 \text{ Н}$$

$$W_d = 8409 \cdot 2,55 = 21442 \text{ Н}$$

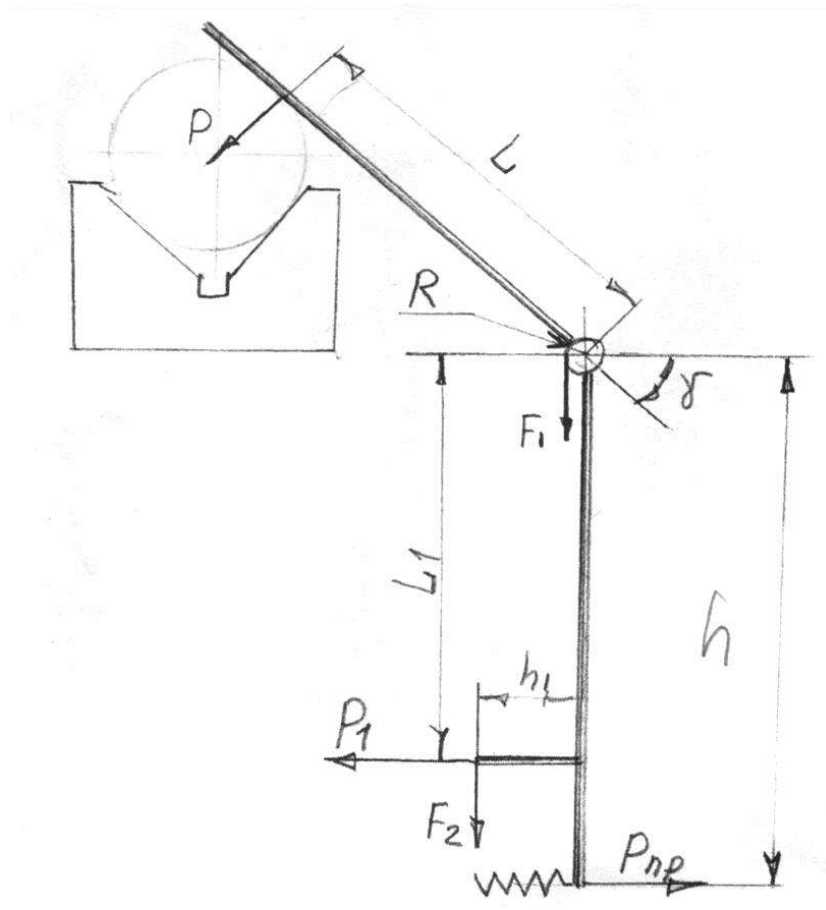


Рисунок 2.5 – Схема важільного механізму [9]

Визначаємо силу на штоці пневмоциліндру [9]:

$$P = W / 2 \cos \gamma = 21442 / 2 \cos 70 = 31346 \text{ H}$$

$$\sum M_o = 0;$$

$$P \cdot L - P_1 \cdot L_1 + P_{np} \cdot R_1 + F_1 \cdot R + F_2 \cdot h_1 = 0;$$

$$F_1 = f(P_1 - P_{np} + P \sin \gamma) = fP_1 - fP_{np} + fP \sin \gamma;$$

$$F_2 = f P_1$$

$$P \cdot L - P_1 \cdot L_1 + P_{np} \cdot h + f \cdot P_1 \cdot R - f \cdot P_{np} \cdot R + f \cdot P \cdot \sin \gamma \cdot R + f P_1 \cdot h_1 = 0;$$

$$P \cdot (L + f \cdot \sin \gamma \cdot R) + P_{np} \cdot (h - f \cdot R) = P_1 \cdot (L_1 - f \cdot (R - h_1))$$

$$P_1 = (P \cdot (L + f \cdot \sin \gamma \cdot R) + P_{np} \cdot (h - f \cdot R)) / (L_1 - f \cdot (R - h_1)) \quad (2.15)$$

$$Q = 2 P_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta), \text{ H} \quad (2.16)$$

$$P_1 = \frac{31346 \cdot (0,16 + 0,15 \cdot \sin 70 \cdot 0,014) + 4 \cdot (0,28 - 0,15 \cdot 0,014)}{0,14 - 0,15 \cdot (0,014 - 0,04)} =$$

$$= 27691 \text{ Н}$$

$$Q = 2 \cdot 27691 \cdot \operatorname{tg}(10) = 9765 \text{ Н}$$

Розрахунок затискного приводу

Привід зазвичай складається з установки, що включає електродвигун з пусковою апаратурою, насос, апаратуру управління і регулювання, гідроциліндри і трубопроводи.

Мінімальний діаметр штока за формулою [9];

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}}, \text{ мм} \quad (2.17)$$

де p - тиск в гідросистемі, [9], $p = 0,4 \text{ МПа}$;

$\alpha = 2,25$ - коефіцієнт затяжки [9] , $\alpha = 2,25$;

$[\sigma]$ - допустиме напруження на розтягнення для сталі 40Х, [9], $[\sigma] = 200 \text{ МПа}$.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 9765}{3,14 \cdot 200}} = 11,8 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штока $d = 18 \text{ мм}$

Діаметр циліндру за формулою [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi} + d^2}, \text{ мм} \quad (2.18)$$

де $\eta = 0,85 \dots 0,9$ – КПД, враховує втрати на тертя [9].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 9765}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 18^2} = 192 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр циліндру $D=200$ мм

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольно-вимірювальні пристрої призначені для отримання інформації про фактичні значення параметрів вибору в заданих одиницях виміру (мм, радіани, градуси).

Опис конструкції та процедури контролю [10]

Пристосування (рис. 2.6) являє собою корпус із встановленою на ньому центрами 1 та 2, в які встановлюється деталь. Вимірювання биття проводиться індикаторним годинником, який кріпиться на штанзі 3. Штанга розташована збоку від деталі та прикріплена до корпусу пристосування трьома стяжними гвинтами 6. Вона також має можливість повороту навколо осі на 360 градусів. А також є можливість перезакріплення штанги з індикаторним годинником на необхідний діаметр. Дані особливості пристрою дозволяють легко здійснювати його переналагодження.

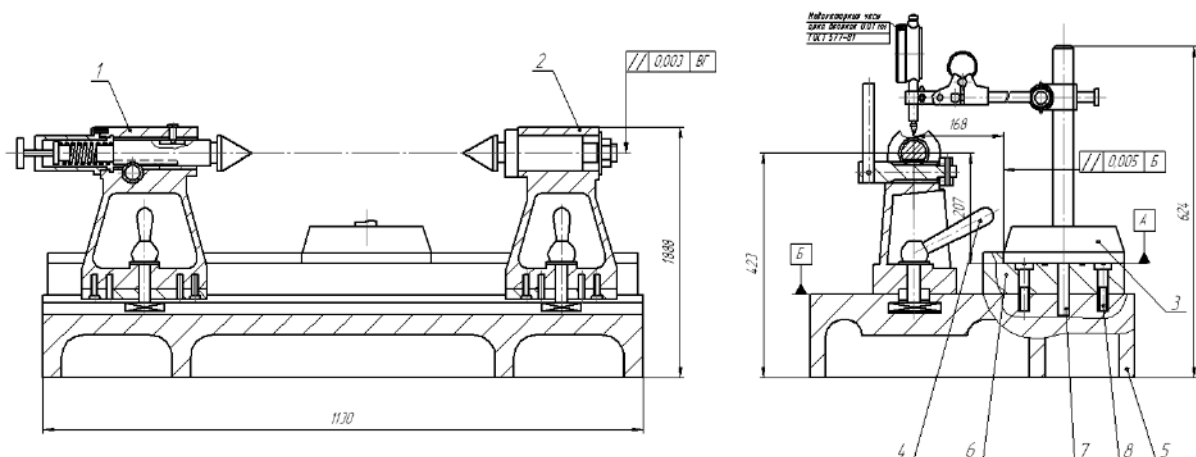


Рисунок 2.6 – Контрольне пристосування

2.2.2 Розрахунок на точність

Спосіб контролю залежить від необхідної точності виміру. У кресленні деталі задано биття внутрішніх діаметрів щодо зовнішнього трохи більше 0,02 мм. Відповідно до чинних рекомендацій інституту метрології України прилад для перевірки розміру повинен мати ціну поділу як мінімум у шість разів точніше, ніж точність розміру [10]:

$$\begin{aligned} \text{Ц}_д &= \text{TD}/6 \\ \text{Ц}_д &= 0,02/6 = 0,003 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Промисловість випускає індикаторний годинник з ціною розподілу 0,1, 0,002, 0,001 мм. За типом вимірювання індикатори ділять на важільні та пружинні. Пружинні індикатори використовують для вільного доступу до поверхонь деталі. Індикатори типу важеля більш точні і застосовуються при утрудненому доступі до поверхонь деталі. [10]

Для вимірювання биття діаметра вибираємо індикаторну головку типу 2ІГ з ціною шкали 0,002 мм за ГОСТ 18833-73*.

Методика розрахунку пристосування на точність полягає в тому, що сума похибок, що виникають у процесі обробки, має перевищувати величину допуску, встановленого на розмір. [10]

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i, \quad (2.20)$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}} \quad (2.21)$$

де $\varepsilon_{\text{уст}}$ – частина похибки обробки, яка залежить від обраної схеми встановлення заготовки в пристрій.

$\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування (деталь встановлюється в центра), $\varepsilon_{\text{баз}}=0$ [10];

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення заготовки, $\varepsilon_{\text{закр}}=0,002$ мм [10].

Таким чином, похибка установки за формулою (2.3): $\varepsilon_{\text{уст}}=0,002$

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – частина похибки обробки, яка залежить від точності виготовлення настановних елементів, їх зносу та установки пристосування на металорізальному верстаті.

$$\varepsilon_{\text{пр}}=\Delta_1+\Delta_2+\Delta_3 \quad (2.22)$$

де Δ_1 – похибки, зумовлена неточністю виготовлення настановних елементів;

$\Delta_1=T_{\text{у.е.}}=0,005$ мм.

Δ_2 – похибка залежить від величини допустимого зносу настановних елементів, $\Delta_2=0,001$ мм [10];

$$\varepsilon_{\text{пр}}=\Delta_1+\Delta_2+\Delta_3=0,005+0,001=0,006 \text{ мм.}$$

Δ_9 – величина похибки залежить, від температурних, $\Delta_9=0,001$ мм [10].

$$\varepsilon=\Delta_7+\Delta_8+\Delta_9+\Delta_{10}=0,006+0,001+0,001=0,008 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

Величина допуску розмір обробки становить $T_d=0,02$ мм, сума похибок $\varepsilon=0,008$ мм.

Даний пристрій дозволяє виконувати якісні вимірювання биття поверхні.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Автоматизація в системі контролю

Для підвищення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання в цьому розділі запроєктуємо прилад для активного контролю діаметральних розмірів деталі при обробці на круглошліфувальному верстаті.

Деталі машин (автомобілів, двигунів, тракторів, паливної та гідроапаратури тощо) у машинобудівному виробництві виготовляються з високою точністю за розмірами й формою, що дозволяє класифікувати їх у 5-7 квалітетах. Зазвичай ці деталі виробляються на автоматичних верстатах, автоматичних лініях або верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПУ). Для досягнення точності у виробництві необхідні надійні засоби для контролю розмірів деталей та прилади для вимірювання лінійних та кутових переміщень і позиціонування робочих органів верстатів. На сучасних верстатах використовуються обмежена кількість засобів контролю лінійних й кутових розмірів та переміщень [13]:

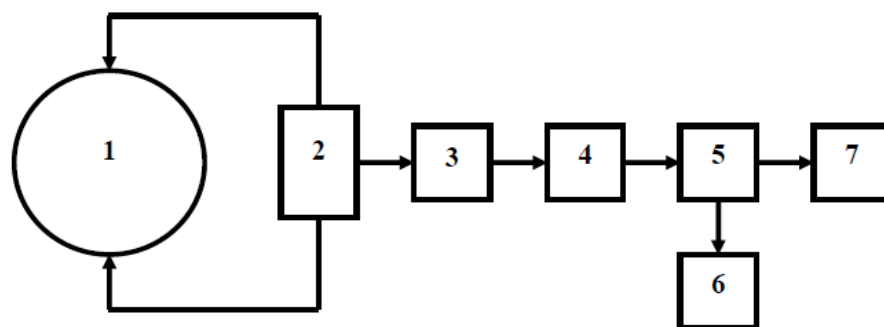
- 1) на шліфувальних та хонінгувальних верстатах для контролю розмірів деталей у процесі обробки застосовуються спеціальні прилади;
- 2) на верстатах, що працюють «на прохід», розточувальних та обточувальних станках для контролю розмірів деталей після обробки (прилади для налаштування);
- 3) на верстатах з ЧПУ та оброблюючих центрах для замірювання координатних переміщень робочих органів верстата використовують засоби зі широким діапазоном;

4) на свердлувально-фрезерно-розточних верстатах та оброблюючих центрах для контролю розмірів деталей та позиціонування поверхонь інструменту використовуються індикатори контакту;

5) на оброблюючих центрах для налагодження інструменту поза верстатом застосовуються спеціальні пристрої.

Засоби контролю розмірів деталей можна поділити на дві групи - "пасивні" та "активні". "Пасивні" засоби контролю вимірюють вже виготовлені деталі, щоб оцінити відповідність їх розмірів передбаченим допускам та класифікувати їх як прийнятні, брак або розмірні групи. "Активні" засоби контролю розмірів встановлені безпосередньо на верстаті та замірюють деталь під час обробки [13].

Типова принципова схема пристрою автоматичного контролю представлена на рисунку. 3.1.



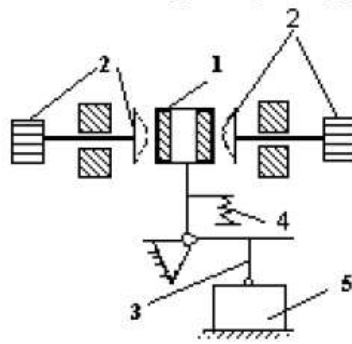
*1- деталь; 2- вимірювальний пристрій (скоби, призми, важелі);
3 – прилад індикації; 4- перетворювач; 5- підсилювач; 6 - блок індикації;
7- блок комутації*

Рисунок 3.1 – Принципова схема пристрою автоматичного контролю [13]

Діапазон вимірів – область значень шкали, обмежена початковим і кінцевим значеннями шкали.

При автоматичному контролі деталей широко використовують наступні види пристроїв: електроконтактні; пневматичні або індуктивні.

На рисунку 3.2 у якості прикладу зображена схема електроконтактно-го пристрою для автоматичного контролю розміру деталі.



*1 – рухомий контакт; 2 – нерухомий контакт із мікрометричним гвинтом;
3 – вимірювальний стрижень; 4 – пружина; 5 – деталь*

Рисунок 3.2 – Електрoконтактний вимірювальний пристрій [13]

У процесі обробки рухомий контакт 1, що жорстко зв'язаний із вимірювальним стрижнем 3, поступово, у міру зняття припуску з деталі, наближається до нерухомого контакту 2 і потім замикається з ним. Це відповідає закінченню обробки деталі. Далі електричний сигнал, який виникає при замиканні рухомого і нерухомого контактів може використовуватися для зупинки процесу обробки деталі [13].

Основними перевагами електрoконтактних пристроїв є: простота конструкції, простота налаштування приладу, великий діапазон виміру. До недоліків подібних пристроїв в першу чергу слід віднести: вимогу герметизації приладу від попадання стружки або змащувально-охолоджувальної рідини, обмежена кількість спрацьовувань, прилад не дозволяє спостерігати за процесом обробки.

3.2. Принцип дії прилада активного контролю

Деталь "Вал"11, яка встановлена у круглошліфувальному верстаті для контролю, знаходиться в центах верстату. Він підтримується наконечником 13 знизу, двигуном 12 справа і закріплюється бовтом 14. Зверху приладу

розташований датчик БВ-908 8, який кріпиться до корпусу скоби з використанням болтового з'єднання зі зазором 9. Скоба 10 з датчиком 8 монтується на шарнірі підвіски 7, що дозволяє відводити її з робочої зони під час обробки, щоб уникнути попадання абразиву, стружки та МОР на датчик. Скалка 6 для шарнірної підвіски 7 вкручується в шток 1 пневмоциліндра 3. Пневмоциліндр 3 має кронштейн 2 з лапами 4, які скріплюються між собою болтовим з'єднанням 5. Це дозволяє переміщувати вимірювальну скобу 10 з датчиком 8 у потрібне положення для контролю різних поверхонь контрольованої деталі 11 [12].

Навісна скоба з датчиком для заміру зовнішнього діаметру наведена на рис. 3.3.

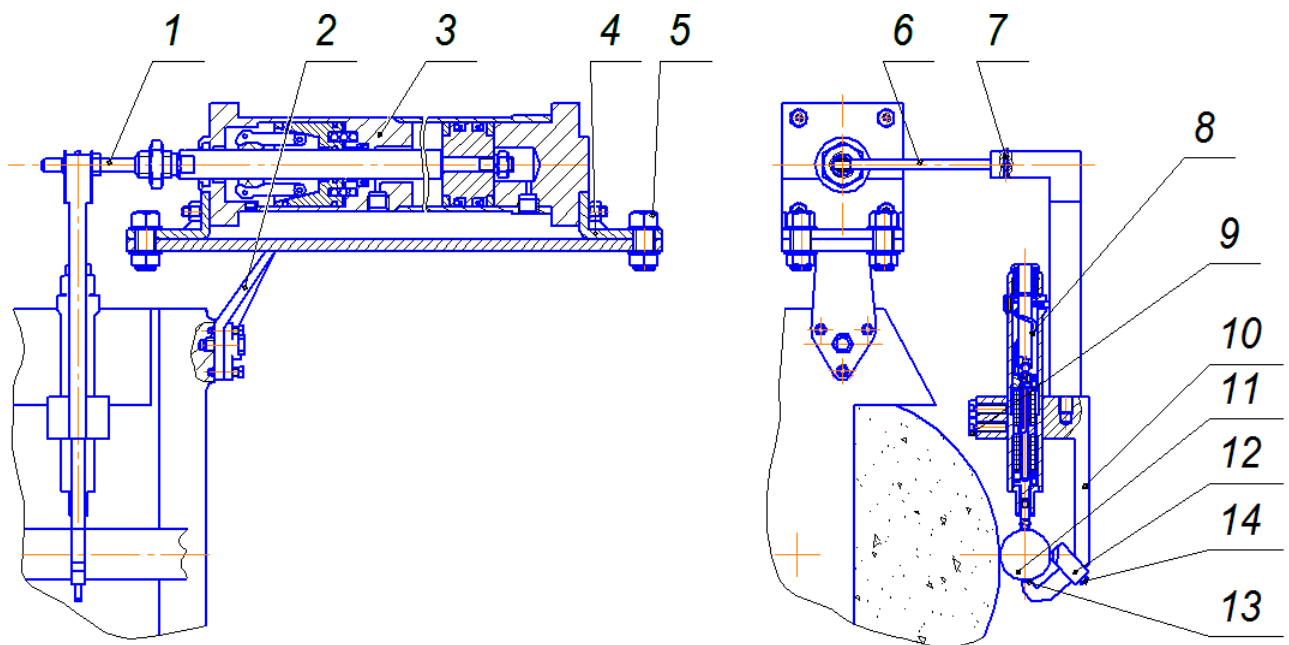


Рисунок 3.3 - Навісна скоба з датчиком [12]

Робочий цикл шліфування методом врізування із застосуванням скоби здійснюється в такий спосіб. У початковій фазі циклу скоба і шліфувальна бабка займають вихідне становище. Для виключення видачі хибних команд у неробочому положенні скоби з електричної схеми верстата до блоку управління

приладу надходить сигнал, що забезпечує блокування ланцюгів видачі команд керування [12].

Після закріплення заготівлі на позиції обробки без участі приладу здійснюється прискорене підведення шліфувальної бабки та перехід на форсовану або чорнову подачу. Перед зняттям чорнкової частини припуску, скоба плавно переміщується у бік заготовки. Одночасно для зняття з блокування командних ланцюгів керування схема верстата формує сигнал, що виконує запуск електронного реле часу в блоці управління. Реле часу забезпечує затримку включення командних ланцюгів, яка перевищує необхідний для виконання робочого ходу та встановлення скоби в робоче положення час на 1,5-2 секунди [12].

Під час обробки, індуктивний перетворювач виявляє переміщення вимірювальних кареток скоби. Вихідний сигнал перетворювача, який залежить від зміни розміру валу, який шліфується, після підсилення електронною схемою блоку, перетворюється на аналоговий сигнал для пристрою, який відображає команди для виконавчих органів верстата [12].

Попередні команди забезпечують перехід від форсованого до чорнового і чистового подання абразивного круга. Під час останньої фази циклу, у режимі завершення або доведення шліфування з заготівки, знімається залишкова припускова частина. При досягненні заданого розміру формується остаточна команда для швидкого відведення шліфувальної бабки та скоби до початкової позиції.[12]

3.3 Розрахунки

Розрахуємо напругу, виникаючу в місці свинчування скалки 1 зі штоком пневмоциліндра 4

На вузол діє сила тяжіння скоби з датчиком.

Розрахуємо масу скоби:

1) розб'ємо скобу на 6 ділянок: (рис. 3.4) [12]

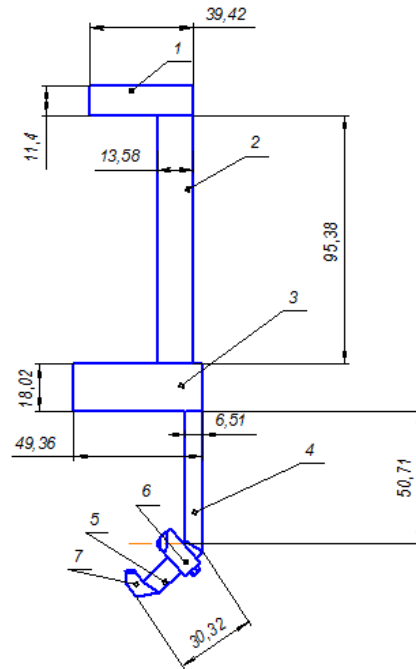


Рисунок 3.4 - Скоба

$$m_c = \rho \cdot V_{, \Gamma} \quad (3.3)$$

Скоба виготовлена зі сталі 40Х, щільність якої [14]:

$$\rho_{\text{стали}} = 7850 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$V_c = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 \quad (3.4)$$

$$V_1 = 39,42 \cdot 11,4 \cdot 10,45 = 4969,1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 13,58 \cdot 95,38 \cdot 7,53 = 97533 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$V_3 = 49,36 \cdot 18,02 \cdot 26,74 = 237844 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$V_4 = 50,71 \cdot 6,51 \cdot 5,79 = 1911,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$V_5 = 22,94 \cdot 6,49 \cdot 5,79 + 13,03 \cdot 6,99 \cdot 5,79 = 862 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$V_6 = 8 \cdot 17,33 \cdot 5,79 = 802,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$V_7 = a \cdot b \cdot c = 13,03 \cdot 6,99 \cdot 5,79 = 527 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

Тоді,

$$V_c = (4969,1 + 9753,3 + 23784,4 + 1911,4 + 862 + 802,7 + 527) \cdot 10^{-9} = \\ = 42609,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

$$m_c = \rho \cdot V = 42609,9 \cdot 10^{-9} \cdot 7850 = 0,334 \text{ кг},$$

Тоді маса скоби с датчиком:

$$M = 0,344 + 0,115 = 0,459 \text{ кг}$$

Сила тяжіння, створена скобою с датчиком:

$$F = M \cdot g \quad (3.5)$$

$$F = 0,459 \cdot 9,88 = 4,53 \text{ Н}$$

Навантаження на вузол можна уявити у вигляді навантаження, діючу на консоль (рис. 3.5) [13]:

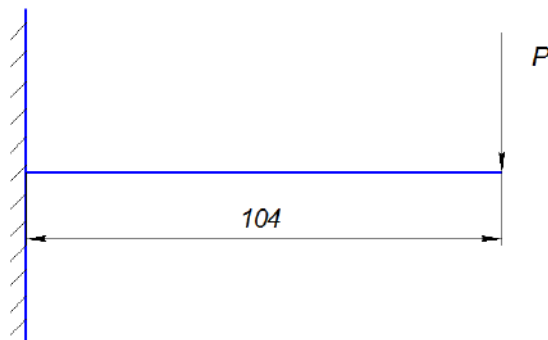


Рисунок 3.5 - Навантаження, діюче в місці скручування скалки зі штоком пневмоциліндру [13]

Момент інерції січення відносно нейтральної осі визначимо по формулі [13]:

$$J_z = \frac{\pi \cdot D^4}{64}, \text{ см}^4 \quad (3.6)$$

де D – діаметр скалки, $D = 0,6$ см

$$J_z = \frac{3,14 \cdot 0,6^4}{64} = 63,58 \cdot 10^{-4} \text{ см}^4$$

Максимальний прогін консолі визначимо по формулі [13]:

$$J_{\max} = \frac{1}{3} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot J_z}, \text{ см} \quad (3.7)$$

де L -довжина консолі, $L = 104$ мм.

E -модуль пружності,

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

$$J_{\max} = \frac{4,53 \cdot 104^3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 63,58 \cdot 10^{-4}} = 0,082 \text{ см} = 0,82 \text{ мм}$$

Максимальний прогін деталі незначний, з чого виходить, що конструкція витримає критичні навантаження.

2) Розрахуємо напругу, виникаючу в шарнірі підвіски [13].

Напруга, діюча на шарнір підвіски, можна представити у вигляді напруги, діючий на консоль (рис. 3.6 [13]):

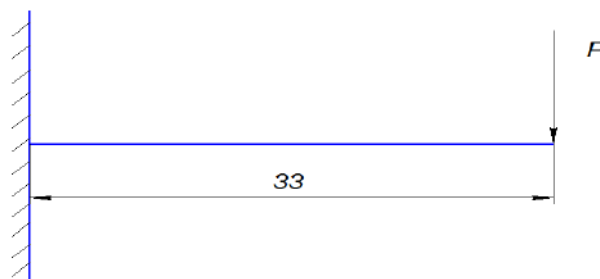


Рисунок 3.6 - Напруга в шарнірі підвіски [13]

Сила P , діюча на шарнір підвіски аналогічна дорівнює силі тяжіння, створеної скобою с датчиком, за формулою (3.5):

$$L = 33 \text{ мм}$$

$$F = 0,459 \cdot 9,88 = 4,53 \text{ Н}$$

Розглянемо січення вузла (рис. 3.7) [14]

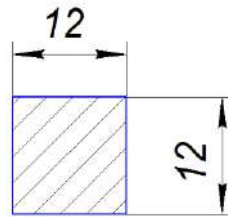


Рисунок 3.7 - Січення вузла [14]

Момент інерції січення відносно нейтральної осі визначимо по формулі [14]:

$$J_z = \frac{b \cdot H^3}{12} \quad (3.8)$$

$$J_z = \frac{1,2 \cdot 1,2^3}{12} = 0,1728 \text{ см}^4$$

Тоді максимальний прогин консолі за формулою (3.7):

$$J_{\max} = \frac{4,53 \cdot 33^3 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,1728} = 0,000045 \text{ см} = 0,00045 \text{ мм}$$

Максимальний прогин деталі незначний, з цього виходить, що конструкція витримає критичні напруги.

3) Розрахуємо зусилля затяжки бовтового з'єднання датчика 5 зі скобою 14.

Сила обертання деталі, яка намагається вибити датчик, визначимо по формулі [14]:

$$N = m \cdot \varepsilon, H \quad (3.9)$$

де m -маса штока,

ε - кутове прискорення, рад/с²

Максимальна $\varepsilon = 500 \text{ хв}^{-1}$, маса деталі штоку розрахуємо по формулі [14]:

$$m_{\text{штока}} = \rho \cdot V \quad (3.8)$$

$$\rho_{\text{ст}} = 7810 \text{ кг/м}^3$$

Розрахуємо об'єм деталі по формулі [14]:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h, \text{м}^3 \quad (3.9)$$

$$r_{\text{шт}} = 5 \text{ мм}$$

$$h_{\text{шт}} = 105 \text{ мм, тоді}$$

$$V_{\text{шт}} = 3,14 \cdot 0,005^2 \cdot 0,105 = 0,00011304 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{штока}} = 7810 \cdot 0,00011304 = 0,882 \text{ кг}$$

Тоді сила обертання деталі, спрямована вибити датчик за формулою (3.9):

$$N = 0,882 \cdot 500 = 441 \text{ Н}$$

Сила затяжки бовтів згідно формулі [14]:

$$F = \frac{K \cdot Q}{f \cdot z \cdot i}, H \quad (3.10)$$

де K -коефіцієнт запасу, $K = 1,8 \dots 2,0$

Q – рушійна сила– сила обертання деталі

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,15 \dots 0,2$

z —кількість болтів

i — кількість стиків

$$F = \frac{1,8 \cdot 441}{0,2 \cdot 2 \cdot 2} = 992,25H$$

Структура конструкції базувалася на пристрої активного контролю БВ-4270 [13], який був змодифікований після проведення критичного аналізу його дизайну. Зокрема, була змінена конструкція трьохконтактної скоби, щоб забезпечити монтаж датчика БВ-908 на неї. Крім того, на кронштейн кріплення конструкції до кожуху шліфкругу був встановлений пневмоциліндр з фіксатором штоку, який дозволяє переміщувати скобу з датчиком вздовж деталі. Після проведення необхідних розрахунків було встановлено, що ця конструкція здатна витримати критичні навантаження [13].

4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розмір і конструкція деталей машин повинні гарантувати їх міцність та жорсткість, забезпечуючи здатність витримувати навантаження, яке не перевищує допустиму межу. При цьому, величина запасу міцності при статичному навантаженні повинна бути в діапазоні 1,5-3. Запас міцності враховує розкид механічних властивостей матеріалів, які використовуються для виготовлення деталей, а також залежить від рівня відповідальності конструкції та умов її експлуатації. Для визначення запасу міцності по напруженням використовується спеціальна формула.:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} \quad (4.1)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі плинності для сталі 30ХГСА, $[\sigma]=820$ МПа;

σ_{max} – максимальне напруження, яке виникає в деталі.

Тому напруження, яке виникає в деталі повинне відповідати наступній вимозі:

$$\sigma_{max} \leq \frac{[\sigma]}{k} \quad (4.2)$$

$$\sigma_{max} = \frac{820}{1,5} = 546,6 \text{ мПа}$$

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 4.1

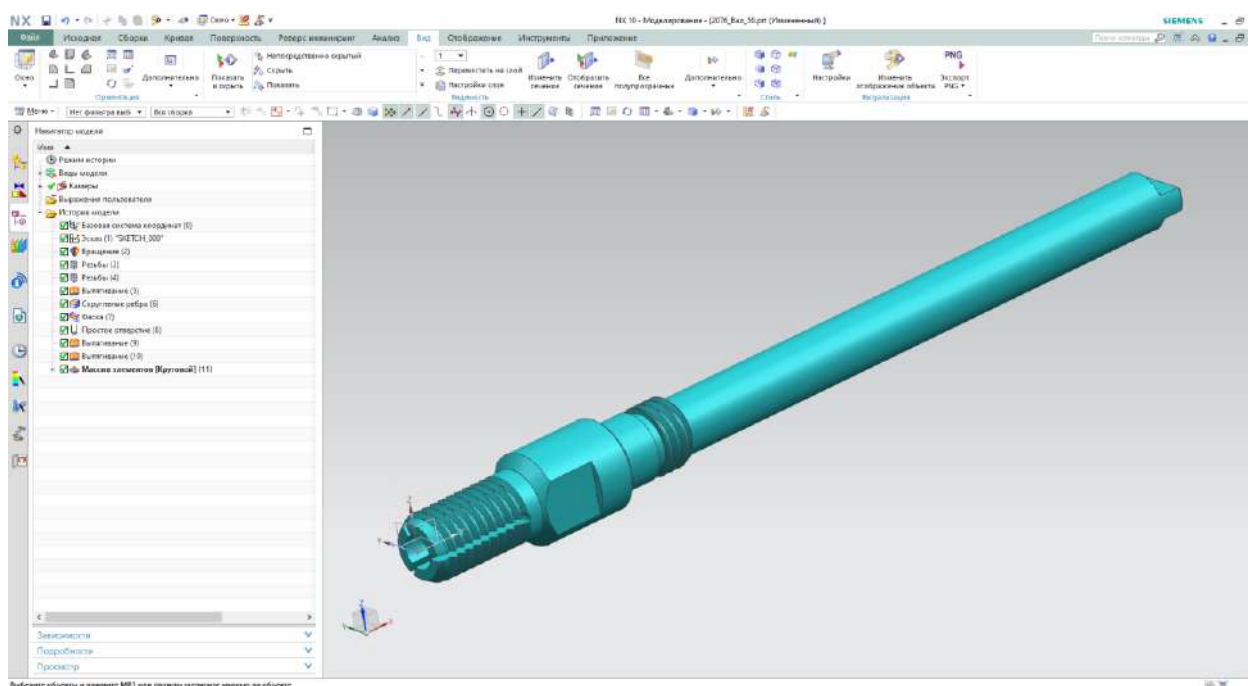


Рисунок 4.1 - Тривимірна модель деталі Вал

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів (5000 на мм), результат показано на рисунку 4.2.

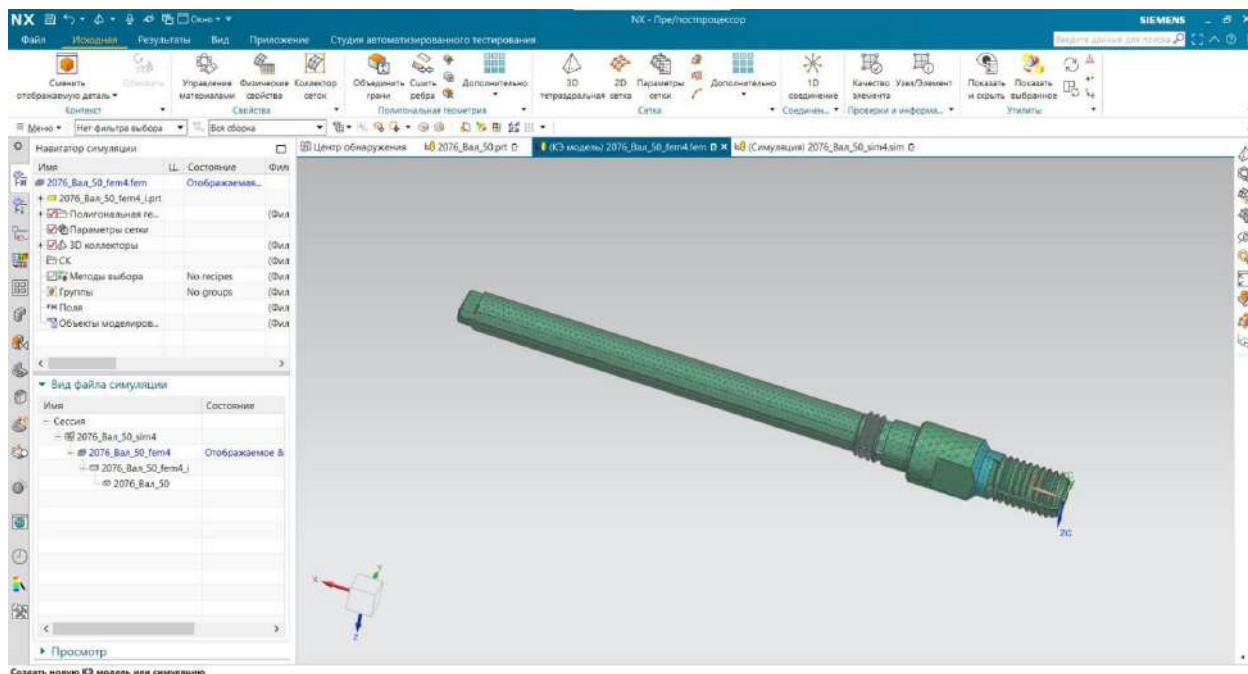


Рисунок 4.2 – Розбивка на сітку

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 4.3).

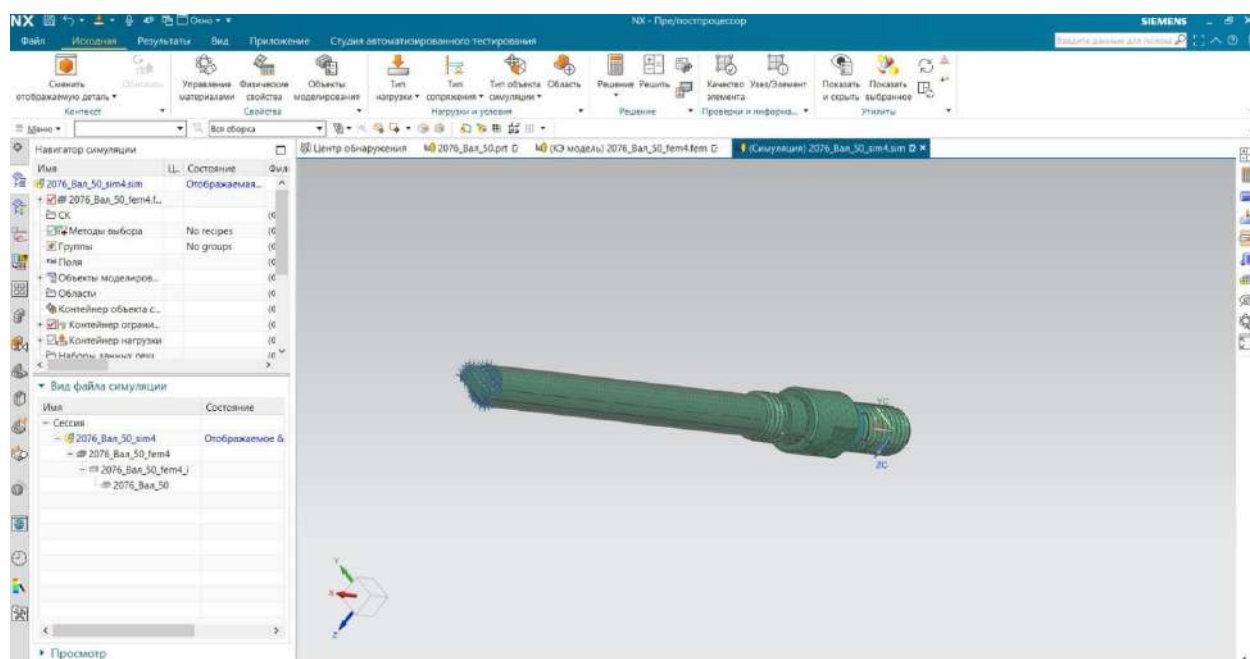


Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень

Наступним етапом виконуємо прикладання навантажень (рисунок 4.4).

Тип навантаження – крутний момент прикладений до кінцівки з різьбою.

Прикладена сила дорівнює: 100 Н, 250 Н та 500 Н

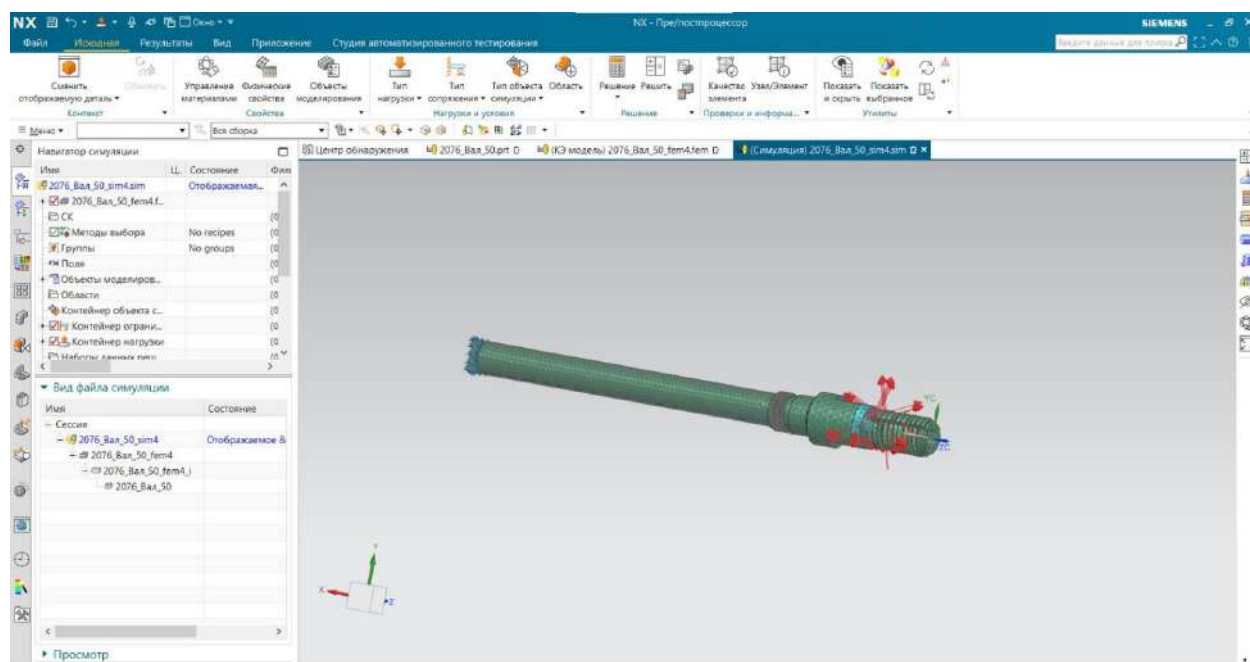


Рисунок 4.4 –Схема прикладання навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану при навантаженні 100 Н (рисунок 4.5).

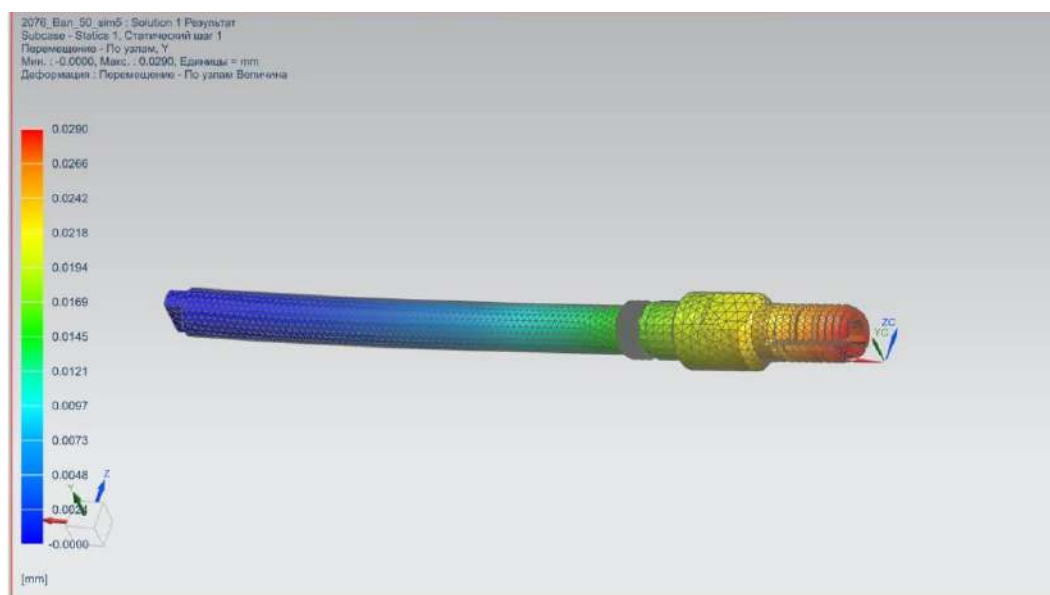


Рисунок 4.5 – Результат розрахунку напружено деформованого стану 100Н

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану при навантаженні 250 Н (рисунок 4.6).

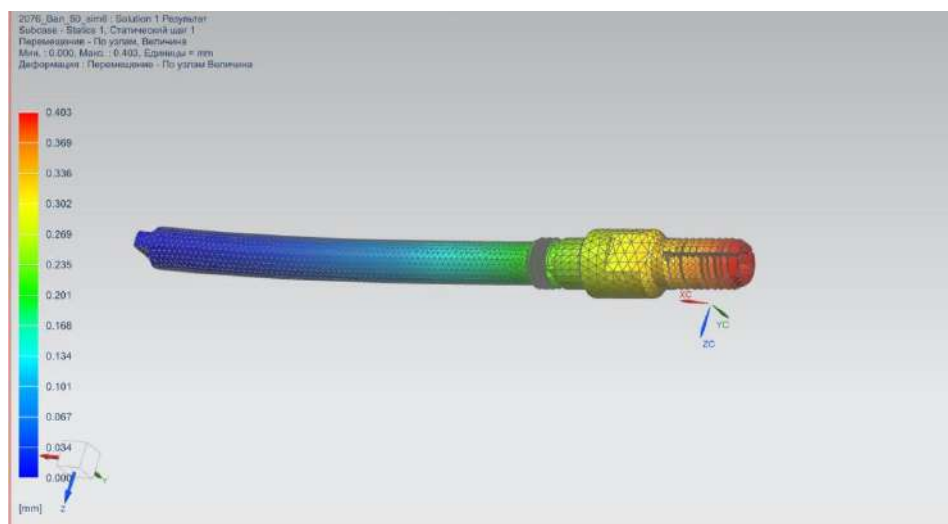


Рисунок 4.6 – Результат розрахунку напружено деформованого стану 250Н

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану при навантаженні 500 Н (рисунок 4.7).

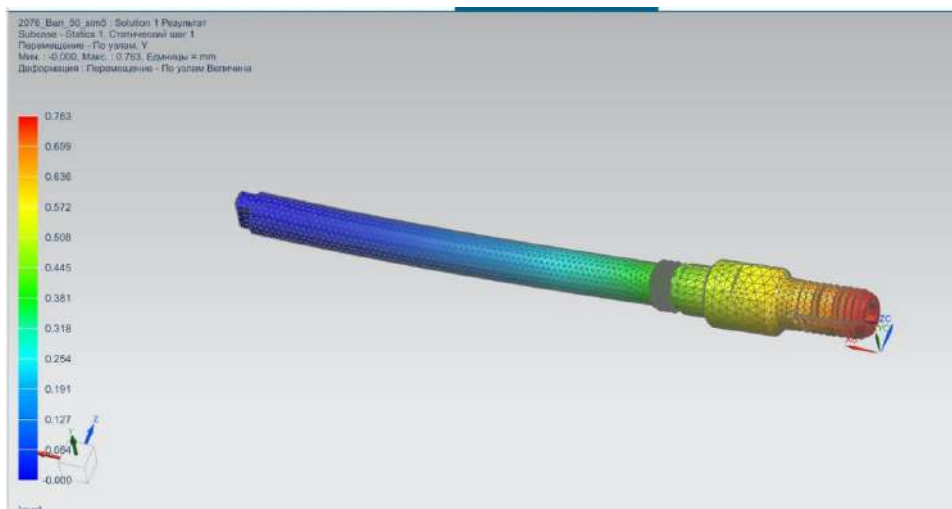


Рисунок 4.7 – Результат розрахунку напружено деформованого стану 500Н

У результаті виконаного розрахунку можна побачити, що при перевірці деталі вал на міцність виявлено, що прикладений до кінцівки з різьбою крутний момент силою 100 Н та 250 Н - не перевищує допустиму межу, а при навантаженні 500 Н - перевищує допустиму межу.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ХІМІЧНЕ ОКСИДУВАННЯ ЯК СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ

5.1 Основні види захисту від корозії

Необроблені належним чином металеві предмети з часом покриваються іржею та виходять з ладу. Причиною цього часто стає неправильно виконаний захист металу від корозії або відсутність такої. Руйнівні процеси починаються після хімічного чи електрохімічного впливу факторів середовища, що оточує об'єкт. Якщо деталь Вал яка виконана зі сталі 30ХГСА (конструкційна легована) не піддавати хімічному оксидуванню, то при перших ознаках ураження вал втрачає свою герметичність та міцність. Знижується теплопровідність, пластичність та інші важливі характеристики. Порушується цілісність пластів матеріалу, конструкція стає непридатною для подальшого використання. В подальшому це призведе до поломки самого вузла, до якого входить вал.

Залежність часу появи корозії від покриття наведено на рис. 5.1

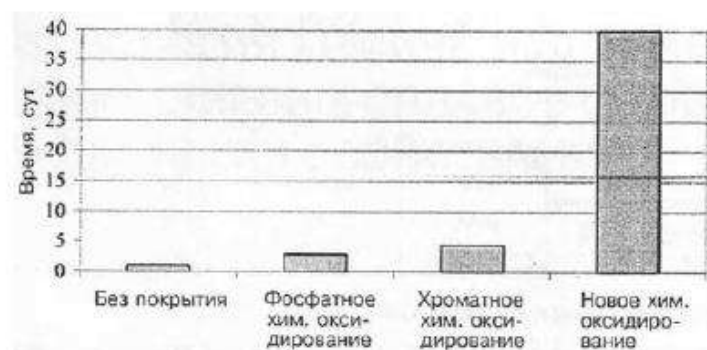


Рисунок 5.1 – Час появи корозії без захисного покриття [18]

Основною умовою протикорозійного захисту металів та сплавів є зменшення швидкості корозії. Зменшити швидкість корозії можна за допомогою різних методів захисту металевих конструкцій від корозії.

Основними з них є [18]:

- 1 Захисні покриття.
- 2 Обробка корозійного середовища для зниження корозійної активності (особливо при постійних обсягах корозійних середовищ).
- 3 Електрохімічний захист.
- 4 Розробка та виробництво нових конструкційних матеріалів підвищеної корозійної стійкості.
- 5 Перехід у ряді конструкцій від металевих до хімічно стійких матеріалів (пластичні високомолекулярні матеріали, скло, кераміка та ін.).
- 6 Рациональне конструювання та експлуатація металевих споруд та деталей.

Види захисних покриттів наведено на рис. 5.2.

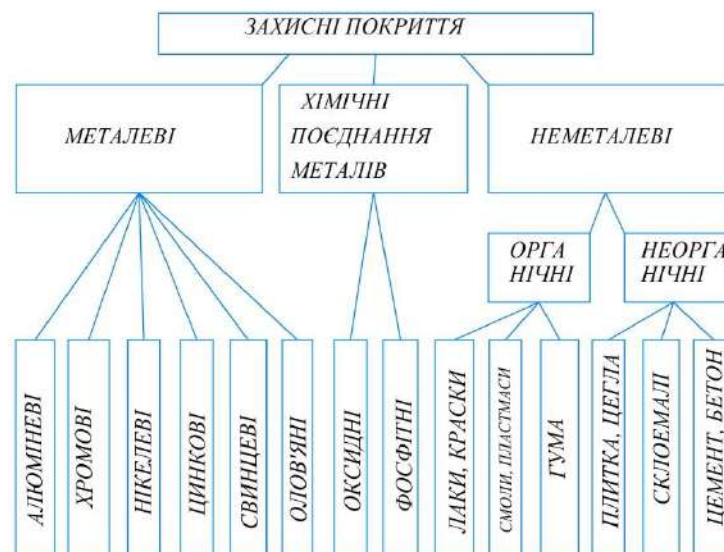


Рисунок 5.2 – Види захисних покриттів [18]

Окисдування. Основне призначення цього процесу – захист чорних та кольорових металів від атмосферної корозії.

Сучасний метод окисдування - хімічна та електрохімічна обробка деталей у лужних розчинах.

Види сталі для оксидування представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Види сталі для оксидування [18]

Назва	Температура, °C	Особливості, призначення, використання
Низьколеговані сталі або залізо	300-350	Друга назва – вороніння. Дуже поширений спосіб, основне його завдання - декоративна металообробка, так як деталь набуває чорний (вороний) колір. Приклад застосування – створення стрілецької зброї. Ще одна перевага - вихідні розміри зберігаються, тому що оксидна плівка утворюється дуже тонка, не більше одного-півтора мікрона.
Леговані сталеві елементи	до 700	Нанесення складу займає тривалий період – не менше 1 години.
Залізнікелеві магнітні сплави	400 – 800	Процес триває протягом 0,5 – 1,5 години. Виникає шар, який вважається діелектриком, тому просто необхідний при створенні електричних напівпровідників.
Кремній	800 – 1200	Процедура має назву термокомпресійної. Вона проходить під великим тиском до 107 па. Вироби, що піддаються їй, необхідні в електроніці.

Більшість металевих речовин входить у активну фазу з різними хімікатами. У ряді випадків вона відбувається із виділенням сторонньої речовини, яка може стати захистом для основного виробу. У цьому способі виникає оксидна плівка після нанесення на поверхню спеціального розчину. Рідина під впливом окиснювально-відновної реакції призводить до створення верхнього шару, який збільшує корозійну стійкість, а також декорує площину. Слід зазначити, що різновидів процесу кілька, вони вибираються в залежності від того, якого ефекту потрібно досягти, а також – який матеріал обробляється. Подивимося уважніше за видами.

В технології хімічного оксидування на поверхню металевого виробу наноситься рідкий розчин, суха суміш чи розплав [19]. Потім між цими

елементами відбувається реакція (в певних умовах, наприклад, з доступом кисню при виставленому температурному режимі). Її результатом стає утворення неактивного верхнього шару - цю процедуру називають пасивацією, тобто верхній шар роблять пасивним по відношенню до деяких середовищ. Найчастіше для цих цілей застосовуються оксиди хрому. Заготівля закріплюється тим чи іншим чином і занурюється у ванну із заготовленим розчином (це можливо за кількох умов – за відповідних розмірів об'єкта та резервуара та при стінках судини, які не вступають у реакцію). Лужний або кислотний склад створюється заздалегідь і має певне відсоткове співвідношення. Залежно від параметрів визначається рівень витримки. Через необхідний час деталь дістається, піддається сушінню, а потім проводяться фінішні роботи з металообробки. При створенні кислотної ванни з найбільшою ймовірністю застосовують такі кислоти як соляна, азотна, ортофосфорна. Якщо додати капсули марганцю, хрому або калію, протікання буде прискорено. Зазвичай вибирається температурний режим від +30 до +100 градусів. Якщо як основа сполуки нітрату натрію і діоксиду марганцю, то можна говорити про застосування лужного розчину, який нагрівається вже значно сильніше – до 300 градусів. Також є два різновиди, коли застосовують додаткові речовини, що впливають на якість отриманого результату [19]:

- 1) біхромат калію дозволяє закріпити підсумкові досягнення;
- 2) олія – такий процес називають оксидацією з промаслюванням або хімоксидаванням, при якому вдається не тільки досягти високої стійкості до іржавіння, але й отримати чорний глянсовий колір поверхні.

Для захисту від корозії для деталі Вал ми обрали саме Хім оксидування тому що це [19]:

- 1) Надійне покриття антикор - сталева деталь фактично стає нержавійкою тобто іржавіння хоч і не повністю виключено, але дуже суттєво загальмовано;

2) Хороші електричні ізолятори - після хімічної обробки очікується, що поверхню зовсім або частково перестає проводити струм. Все залежатиме від того, який розчин був узятий, в якій концентрації та ін.;

3) Тонкий, але стійкий поверхневий шар - плівочка, товщиною всього 200 мкм. Але це робить її більш сприйнятливою до механічним чи іншим шкідникам.

5.2 Вплив анодно електрохіміко-термічного оксидування на корозійну стійкість сталі

Високотемпературне оксидування зразків за умов анодного електролітного нагрівання проводили у водних розчинах $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (ацетат амонію) з концентрацією 100 та 150 г/л. Компоненти даної солі не впроваджуються в поверхневу оксидну плівку в процесі обробки, а питомна електропровідність розчинів (не нижче $50 \text{ мСм}\cdot\text{см}^{-1}$) достатня для анодного нагріву в широкому інтервалі температур ($500\text{-}1000^\circ\text{C}$) [20].

В роботі використовували циліндричні зразки зі Ст 30ХГСА ($12\times 12 \text{ мм}$) з отвором $\varnothing 5 \text{ мм}$ і глибиною 7 мм для термопари з одного з торцевих сторін. Анодне нагрівання здійснювали в циліндричній робочій камері з переливом електроліту через її край (витрата робочого розчину $5 \text{ л}\cdot\text{хв}^{-1}$, середня температура 30°C).

Оксидування проводили при напрузі на комірці Уя 160-280В протягом 1-5 хвилин. Примірники охолоджувалися на повітрі, щоб уникнути утворення тріщин і відшаровування покриття. Крім того додаткове окислення на повітрі позитивно впливає на захисні властивості оксидного шару [20].

Рентгенофазовий аналіз оксидного шару проводили на установці ДРОН-УМ1 (випромінювання $\text{Cu-K}\alpha$), товщина шару вимірювалася за допомогою мікроскопа ПМТ-3М (об'єктив $F = 6,3 \text{ см}$, $A = 0,6$).

Корозійну поведінку покриттів вивчали потенціометричним та імпедансним методами в 0,5 М розчині сірчаної кислоти при температурі 20°C [20]. Потенціал досліджуваного електрода в часі вимірювали щодо насиченого хлорсрібного електрода за допомогою цифрового вольтметра Щ 300. Опір та ємність електродів у процесі корозії вимірювали за допомогою моста змінного струму Р 5021 та платинового електрода при частоті змінного струму 1 кГц та напрузі на комірці 5 мВ. Поверхня досліджуваного зразка становила 5,65 см²

Обробка зразків, виготовлених зі Ст 30ХГСА, у водних розчинах ацетату амонію по способу високотемпературного оксидування в умовах анодного електролітного нагріву призводить до появи на поверхні зразка темної глянсової плівки. Згідно з даними рентгенофазового аналізу, плівка складається з Fe₂O₃ та Fe₃O₄. Залежність товщини шару від тривалості обробки близька до лінійної (рис. 5.3), а від напруги – до експонентної (рис. 5.4). Підвищення концентрації ацетату амонію якісно не змінює дані залежності, але викликає до невеликого збільшення температури оброблюваного зразка при однаковій напрузі на комірці (рис. 5.5)

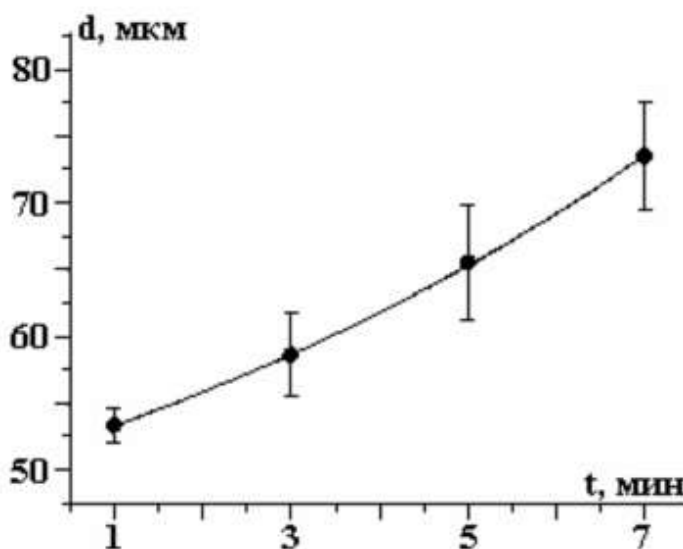


Рисунок 5.3 – Залежність товщини оксидного шару від часу обробки при U=200 В. Концентрація ацетату амонію 100г/л [19]

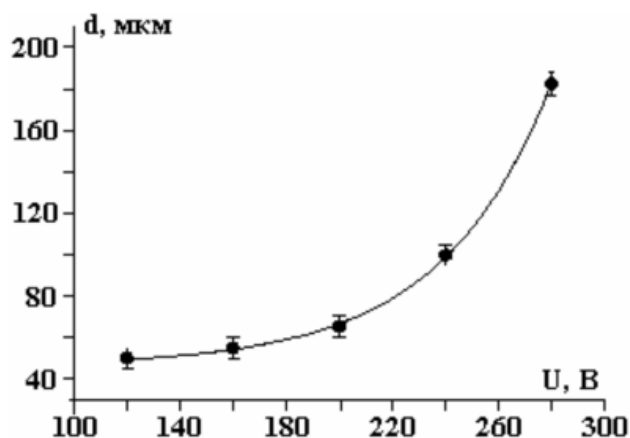


Рисунок 5.4 – Залежність товщини оксидного слою на поверхні від напруги нагріву. Тривалість обробки 5 хв, концентрація ацетату амонію 100 г/л [19]

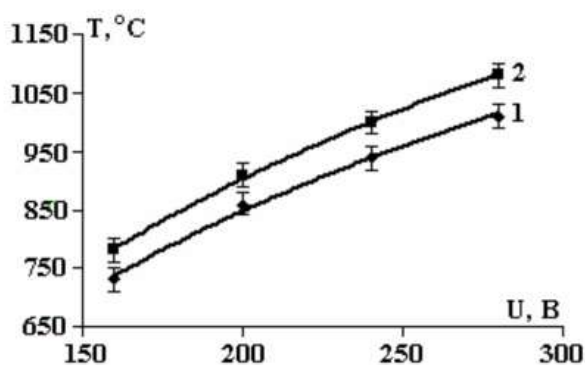


Рисунок 5.5 - Вольт-температурна характеристика нагрівання зразків у водних розчинах ацетата амонію з концентраціями, г/л: 1 – 100; 2 – 150 [20]

Максимальна товщина поверхневого оксидного шару була отримана при $U_{\text{я}}=280$, але в цьому випадку спостерігалися здуття оксидного шару та збільшення шорсткості поверхні по краях зразків[20].

Вплив анодно електрохіміко-термічного оксидування на корозійну стійкість сталі представлено на (рис. 5.6 - 5.10)

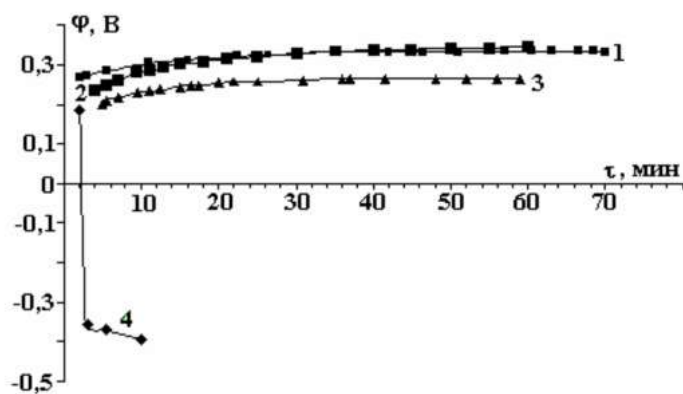


Рисунок 5.6. - Залежність потенціалу зразка від часу випробувань у розчині сірчаної кислоти (0,5 М) після оксидування протягом 1 хв. Концентрація ацетату амонію 100 г/л. Напруга оксидування, В: 1 - 200; 2 - 280; 3 – 240; 4 – 160 [20]

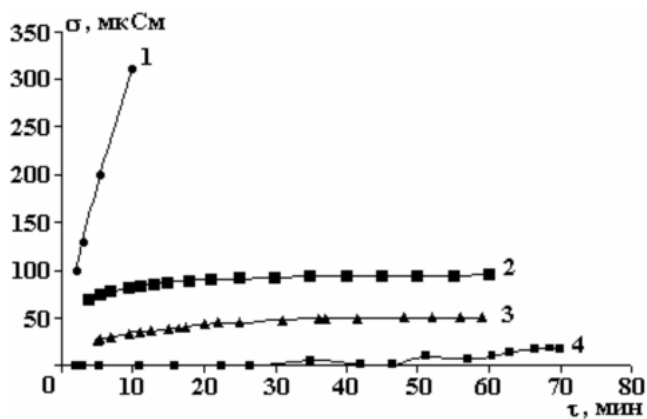


Рисунок 5.7 - Залежність провідності зразка від часу випробувань у розчині сірчаної кислоти (0,5 М) після оксидування протягом 1 хв. Концентрація ацетату амонію 100 г/л. Напруга оксидування, В: 1 - 160; 2 - 280; 3 – 240; 4 – 200 [20]

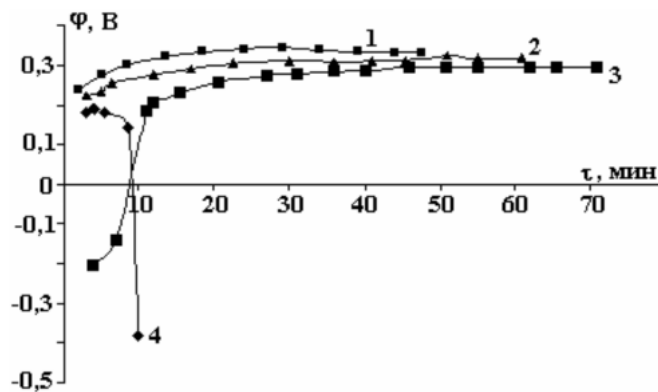


Рисунок 5.8 - Залежність потенціалу зразка від часу випробувань у розчині сірчаної кислоти (0,5 М) після оксидування протягом 1 хв. Концентрація ацетату амонію 150 г/л. Напруга оксидування, В: 1 - 200; 2 - 240; 3 – 280; 4 – 160 [20]

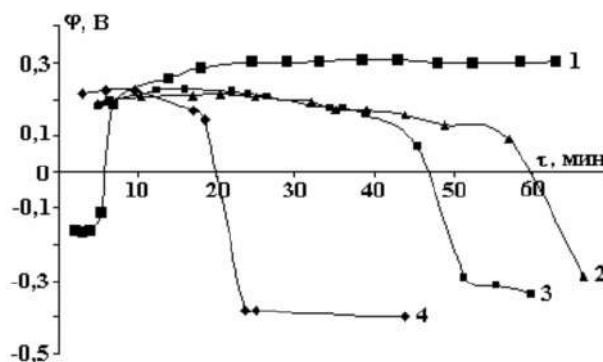


Рисунок 5.9- Залежність потенціалу зразка від часу випробувань у розчині сірчаної кислоти (0,5 М) після оксидування протягом 5 хв. Концентрація ацетату амонію 100 г/л. Напруга оксидування, В: 1 - 280; 2 - 240; 3 - 200; 4 – 160 [20]

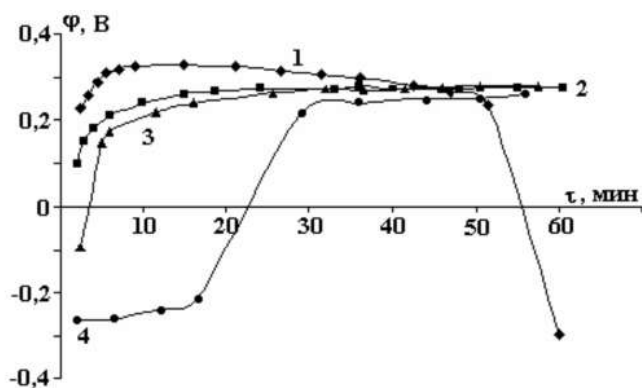


Рисунок 5.10 - Залежність потенціалу зразка від часу випробувань у розчині сірчаної кислоти (0,5 М) після оксидування протягом 5 хв.

Концентрація ацетату амонію 150 г/л. Напруга оксидування, В: 1 - 160; 2 - 200; 3 - 240; 4 - 280[20]

Потенціометричні дослідження показали, що потенціал корозії Ек оброблених примірників істотно залежить від умов електрохіміко-термічної обробки. Якщо потенціал електрода, не підданого оксидуванню, становить -0,43, то в результаті формування оксидного шару відбувається його облагородження до значень 0,20-0,40 В.[20]

На поведінку Ек у часі найбільше впливає напруга оксидування (рис. 5.6-5.10). У всіх розглянутих випадках потенціал зразків, отриманих при $U_{\text{я}} = 160$, через кілька хвилин експозиції в розчині H_2SO_4 різко знижувався до значень, властивих неоксидованій сталі 45. При цьому відбувалося зростання ємності зі швидкістю 10 і 2 $\text{мкФ} \cdot \text{хв}^{-1}$ для примірників, оброблених у розчинах $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ з концентрацією 100 і 150 $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$ відповідно, а також збільшення провідності досліджуваного зразка (рис. 5.8). Наведені експериментальні дані свідчать про високу швидкість взаємодії порівняно тонкого оксидного шару з розчином кислоти у разі і, отже, низьких захисних властивостей плівки.

Поведінка, протилежна розглянутому вище, показують зразки, обробка яких велася при $U_{\text{я}} = 280$ В. У цьому випадку, на відміну від попереднього (хоча зразки також мали підвищену шорсткість), сформувалася оксидна плівка,

що має, мабуть, велику кількість наскрізних пор, так як при зануренні в розчин кислоти потенціал електрода відразу приймав негативне значення. Але потім E_k починав досить швидко зростати і після закінчення 10-30 хв наближався до своїх значень до потенціалів зразків, оброблених при $U_a = 200$ і 240 В (рис. 5.8-5.10).

Ймовірно, це пов'язано з тим, що в порах плівки «оголена» сталь кородує по електрохімічному механізму, і вузько локалізований розмірами основи пори анодний процес протікає при високій густині струму, що призводить до пасивації цих ділянок поверхні [20].

Збільшення часу оксидування не призводить до покращення корозійних характеристик оброблених зразків. По-перше, спостерігається зниження початкових значень потенціалу при корозійних випробуваннях, у деяких випадках до негативних значень. По-друге, для образців, оброблених у 10% розчині ацетату амонію, характерна тенденція до зниження потенціалу у часі, аж до негативних величин (крім випадку обробки при $U_z = 280$) (рис. 5.10). Така зміна потенціалу при збільшенні часу обробки зразка, можливо, пов'язане зі зростанням товщини оксидного шару (збільшується опір), виникненням у ньому внутрішніх напружень, що призводять до порушення суцільності плівки. Можливо також, що при збільшенні часу процесу в парогазовій оболонці інтенсифікуються мікророзрядні процеси, що призводять до розвитку великої кількості пор у шарі [20].

З даних також слід, що збільшення концентрації ацетату амонію не призводить до істотного підвищення захисних властивостей оксидного шару, що формується, хоча і спостерігаються ($U_z = 160$ В) трохи вищі початкові значення потенціалу зразка та його пізніший зсув в негативну область під час проведення корозійних випробувань [20].

З отриманих даних випливає, що оптимальними режимами оксидування стали Ст 45 являються: інтервал напруг 200-240 В, що відповідає температурі анода 850-950 ° С, час обробки 1-3 хв. Потенціал оброблених при даних напругах зразків становить 0,3 В, провідність оксидного шару – 10–50 та 30–

100 мкСм відповідно для 10 та 15% розчину ацетату амонію, ємність - 10-40 мкф. Для підтвердження характеристик корозійної стійкості сталі 45 після обробки проведено гравіметричні випробування окисдованих зразків методом занурення в 5% розчин хлориду натрію. Після закінчення 96 годин випробувань швидкість корозії сталі 45, окисдованої при напрузі 200 В 10% розчині ацетату амонію, становила $0,7 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, що на порядок нище швидкості корозії контрольних необроблених зразків, що дорівнює $8,4 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$. Для зразків, оброблених при напругах 160 і 280, швидкість корозії склала відповідно 4,8 і 3,1 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ [20].

Висновки [20]:

1. Електрохіміко-термічна обробка (анодне електролітне нагрівання) сталі Ст 30ХГСА в водному розчині ацетату амонію призводить до формування поверхневих оксидних шарів, обладують добре вираженими захисними властивостями. Утворення оксидного шару супроводжується облагороджуванням потенціалу більш ніж на 0,6 В, збільшенням опору та зниженням ємності електрод.

2. Вивчення впливу напруги на захисні властивості оксидних шарів показало, що найбільш щільні, хімічно стійкі покриття можуть бути отримані при окисдуванні зразків при напругах 200-240 В, що відповідає температурам обробки 850-950°C.

3. Встановлено, що в інтервалі концентрацій 100-150 г/л ацетату амонію корозійні характеристики оброблених зразків близькі за своїми значеннями, а збільшення часу обробки (понад 3 хв) призводить до розвитку поверхні деталей, що негативно позначається на коррозійних характеристиках.

5.3 Вплив оксидування на різні марки сталі

Провели експеримент щодо впливу оксидування сталі 30ХГСА та 12Х18Н10Т. Зразки сталеві жести ($2 \times 3 \times 0,5$ см) завчасно механічно полірувалися, ретельно відмивалися в мильній воді і далі витрималися 1–2 хвилини у сірчаному розчині кислоти (5 мас.%). Після цього зразки промилися в дистильованій воді та сушилися за $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Термічне оксидування зразків сталі 30ХГСА проводилося на повітрі в печі опору при $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, а сталі 12Х18Н10Т - при 350 і $700\text{ }^{\circ}\text{C}$, причому витримка при кожній температурі проводилася протягом 30, 60 та 90 хв. для сталі 30ХГСА і 60, 90 хвилин - для сталі 12Х18Н10Т [21].

Хімічне оксидування проводилося у трьох різних середовищах наступних складів [21]:

- 1) їдкий натр - 650 г/л, азотнокислий натрій - 175 г/л. Температура розчину - $135\text{ }^{\circ}\text{C}$; час обробки - 60, 90 та 120 хв.;
- 2) їдкий натр - 750 г/л, азотнокислий натрій - 225 г/л, нітрит натрію - 60 г/л; температура розчину - $140\text{ }^{\circ}\text{C}$; час обробки 60, 90 та 120 хв.;
- 3) розплав гідроксиду натрію; температура - $350\text{ }^{\circ}\text{C}$; час обробки 10, 15 та 30 хв.

Для анодного оксидування використовувався водний розчин NaOH з концентрацією 40 мас.% за температури $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. В якості катода використовувався графітовий електрод. Анодне оксидування виконувалося при двох різних щільності струму - 30 і 60 mA/cm^2 . Час оксидування становив 60 і 120 хв. Пористість оксидних покриттів визначалась шляхом накладення на досліджуваний зразок фільтрувального паперу, змоченого розчином, містить заліzosинєродистий калій (10 г/л) та хлорид натрію (20 г/л). Кількість виявленого часу визначалося візуально за допомогою комп'ютерної програми «Photoshop» [21].

Залежність пористості оксидних покриттів на сталях 30ХГСА та 12Х18Н10Т від часу обробки при різних способах оксидування представлено на рис. 5.11.

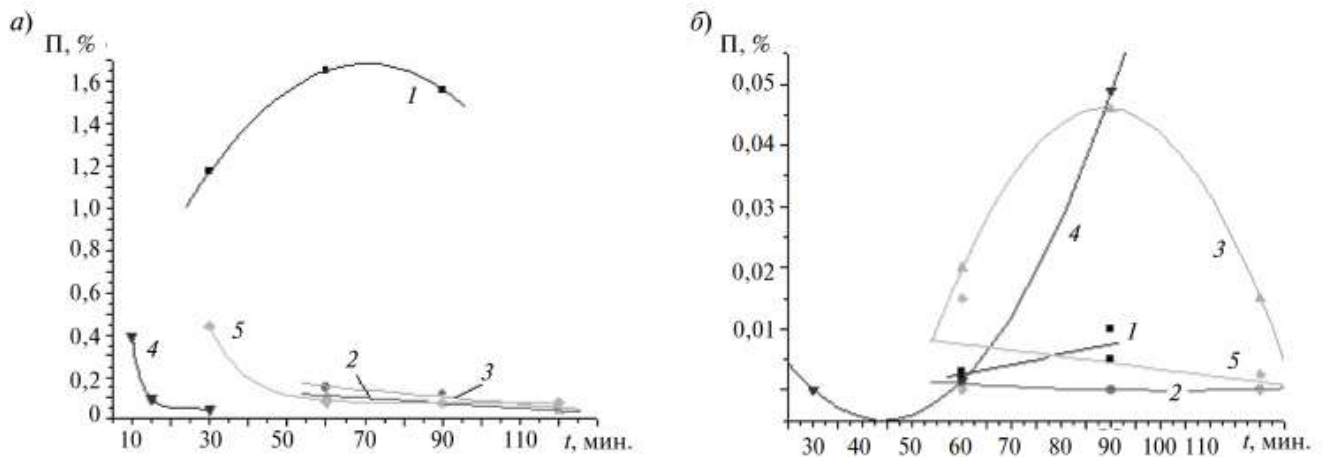


Рисунок 5.11- Залежність пористості оксидних покриттів на сталях 30ХГСА та 12Х18Н10Т від часу обробки при різних способах оксидування:

а - сталь 30ХГСА; 1 - термічне оксидування; 2 - хімічне оксидування в розчині № 1; 3 - хімічне оксидування в розчині № 2; 4 - хімічне оксидування в розплаві NaOH; 5 - анодне оксидування; б - сталь 12Х18Н10Т: 1 - термічне оксидування; 2 - хімічне оксидування в розчині № 1; 3 - хімічне оксидування у розчині № 2; 4 - хімічне оксидування в розплаві NaOH; 5 - анодне оксидування

Як видно на рис. 5.11, під час оксидування більш 60 хвилин (у разі розплав NaOH 30 хв.) якісні, з низькою пористістю оксидні покриття на вуглецевих сталях можна отримати за допомогою хімічного та анодного способу оксидування (найбільш пористі оксиди отримані при термічному оксидування сталі 20). На високолегованих сталях (типу 12Х18Н10Т) за часом оксидування 60 хвилин (у разі розплав NaOH - 15 хв.) - За допомогою будь-якого з переглянутих способів оксидування (більше пористі оксиди на наших сталях отримані при способі хімічного оксидування в розчині № 2 при часі обробки 90-120 хв та в розплаві NaOH при часі оксидування 30 хв.) [21].

5.4 Мікродугове оксидування

Наводиться багато досліджень у галузі розвитку методу мікродугового оксидування (МДО), що є різновидом методу плазмової електролітичної анодної обробки (оксидування). Мікродугове оксидування – екологічно чиста технологія електроплазмохімічного перетворення поверхневого шару деталей з алюмінієвих сплавів у високотемпературні модифікації оксидів алюмінію α - та γ -фаз [17].

МДО дозволяє створювати на поверхні виробу керамічні багатофункціональні покриття, що відрізняються високою зносостійкістю та міцністю зчеплення, теплостійкістю та стійкістю до дії агресивних середовищ. Простота технологічного обладнання, екологічно чисті електроліти, відсутність спеціальних вимог до підготовки поверхні перед нанесенням покриттів визначають перспективність методу МДО для машинобудування, а також відновлення та зміцнення зношених деталей [17].

Технологічна установка (рис. 5.12) для нанесення МДО-покриттів складається з джерела технологічного струму (ІТТ) 6 і технологічної ванни 1, сполученої з ємністю 5 для охолодження електроліту і змійовиком 4 з'єднувальними шлангами 3. Насос 2 служить для перекачування електроліту іншу. Деталь 7 поміщають в електроліт і закріплюють на струмопідвідній шині [17].

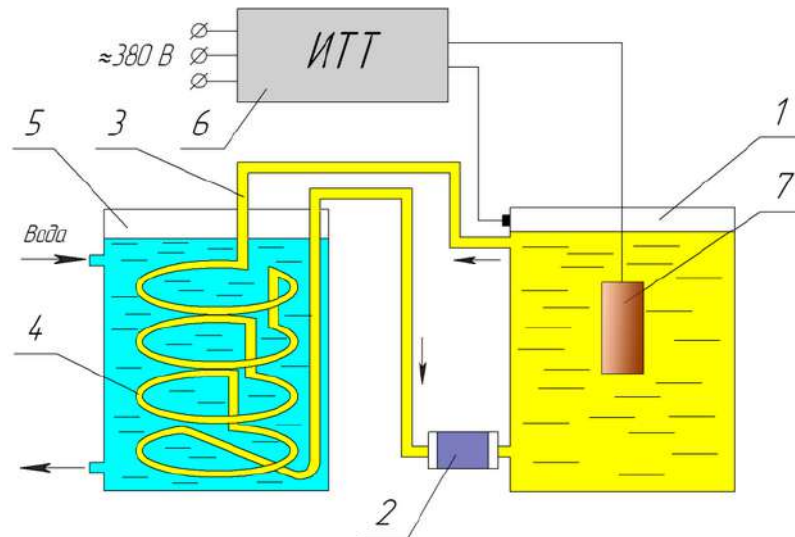


Рисунок 5.10 - Схема установки для мікродугового оксидування [17]

При пропусканні від ІТТ змінного струму поверхні оброблюваної деталі виникають мікродугові розряди. У каналах розрядів утворюється низькотемпературна плазма і відбуваються реакції, у ході яких поверхневий шар деталі перетворюється на високотемпературні модифікації оксидів алюмінію α - і γ -фаз із включенням до нього компонентів електроліту. У локальній зоні утворення оксиду електричний опір зростає. Тому, коли шар покриття досягає певної товщини, мікродугові розряди переміщуються на сусідні ділянки, де електричний опір нижче. І так триває доти, доки сила струму не знижується рівня, у якому процес окислення припиняється. В результаті виходять покриття, які можна порівняти за зносостійкістю з карбідом вольфраму [17].

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Для підвищення ефективності виробництва деталі Вал з використанням високопродуктивного обладнання в умовах виробництва можливі два варіанти технологічного процесу (ТП) .

Перший варіант ТП (заводський) розроблено з урахуванням принципу концентрації переходів . Лиски та пази виконувались на шліфувальному верстаті Yung в операціях 075 та 090.

В другому варіанті запропоновано перевести операції 075 та 090-шліфувальні в операції 075 та 090-фрезерні з ЧПК на оброблюючому центрі VX-4 . Верстати серії VX відрізняються високою продуктивністю.

Розрахунки будуть вестися тільки по операціях які об'єднуються згідно табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Варіанти технологічного процесу	
	Перший ТП	Другий ТП
Річна програма випуску деталей Nr	10000	10000
Модель верстата	Yung	VX-4
Штучний час Тшт, хв.	12,3	6,48
Розряд верстатника	3	5
Розряд наладчика	5	-
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладч	1	1
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	51,7	65,1
Тарифна ставка наладчика, грн/год	57,7	-
Число змін m	2	2
Оптова ціна верстата F, грн	1590600	5031600
Число верстатів	1	1
Сервісний термін обслуговування n, років	10	15
Норма амортизаційних відрахувань На %	16,4	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N	7,0	14,5

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $F_d=4015$ год.; нормативний коефіцієнт завантаження обладнання $\eta_{zn}=0,8$; річна програма випуску деталей $N_p=10000$ шт./рік.

За вихідними даними, наведеними в табл.6.1, визначимо найбільш економічний варіант механічної обробки деталей за технологічною собівартістю для двох випадків[15]:

- на ділянці є обидва верстати,
- необхідне придбання цих верстатів.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для першого випадку. Попередньо визначимо:

- тип виробництва першого та другого варіанта технологічного процесу, скориставшись даними щодо трудомісткості операцій;
- кількість верстатів на кожну операцію C_p [15]:

$$C_p = \frac{t_{шт-кі} \cdot N}{F_d \cdot K_B \cdot K_z \cdot 60} \quad (6.1)$$

де C_p – рахункова кількість обладнання;

$t_{шт-кі}$ – штучно-калькуляційний час, хв, операції виготовлення i – тої деталі;

N – програма випуску;

F_d – дійсний фонд часу роботи обладнання, год (при 2-змінній роботі 4015 год, при 1-змінній - 2007 год) [15];

K_B – коефіцієнт виконання норм часу (приймається за даними підприємства, приблизно можна прийняти $= 1,1 \dots 1,2$) [15];

K_z – коефіцієнт завантаження обладнання (приймається за даними підприємства, приблизно можна прийняти $= 0,8 \dots 0,85$) [15];

60 - переведення хвилин в години[15].

P - прийнята кількість робочих місць P ;

η_{zf} – фактичний коефіцієнт завантаження верстата[15]:

$$\eta_{зф} = \frac{C_p}{P} \quad (6.2)$$

кількість операцій O , що виконуються на робочому місці[15]:

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}} \quad (6.3)$$

Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій першого та другого ТП наведені в табл. 6.2 та 6.3

Таблиця 6.2 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій першого ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ср	Р	$\eta_{зф}$	О	$K_{зoi}$
	Плоскошліфувальна	12,3	0,51	1	0,51	1,56	1,56

Таблиця 6.3 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій другого ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ср	Р	$\eta_{зф}$	О	$K_{зoi}$
	Фрезерна з ЧПК	6,48	0,768*	1	0,768	1,05	1,05

*- виконуються додаткові операції на цьому верстаті

Заробітна плата основних виробничих робітників

Розраховуємо за формулою [15]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шти} \cdot C_{тар} \cdot K_6 \cdot K_{доп} \cdot K_{соц} \quad (6.4)$$

де $m_{оп}$ - кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{шти}$ - норма штучного часу виконання i -ой операції, год (для переведення хвилин у години розділити на 60) [15];

$C_{тар}$ - годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції, [15];

K_6 - коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERстатному обслуговуванні та визначається за табл. 2.1[15];

$k_{\text{доп.}}$ - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату (приблизно $k_{\text{доп.}} = 1,2$) [15];

$k_{\text{соц}}$ - коефіцієнт, що враховує страхові внески, $k_{\text{соц}} = 1,4$ [15].

Розрахунки заробітної плати верстатників по двом варіантам ТП зведені в табл. 6.4 та 6.5.

Таблиця 6.4 - Заробітна плата верстатника за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	$C_{\text{тар}}$, грн	$K_{\text{доп}}$	$K_{\text{соц}}$	Z_o , грн
	Плоскошліфувальна	12,3	51,7	1,2	1,4	17,8

Таблиця 6.5 - Заробітна плата верстатника за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	$C_{\text{тар}}$, грн	$K_{\text{доп}}$	$K_{\text{соц}}$	Z_o , грн
	Фрезерна з ЧПК	6,48	65,1	1,2	1,4	11,81

Заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків)

Розраховуємо за формулою[15]:

$$Z_n = \frac{C_{\text{тар.н}} \cdot \Phi_p \cdot \chi_n \cdot K_{\text{доп}} \cdot K_{\text{соц}}}{N} \quad (6.5)$$

де $C_{\text{тар.н}}$ - годинна тарифна ставка, [15];

χ_n - чисельність робітників відповідної категорії, чол.

Розрахунки заробітної плати наладчика за першим ТП зведені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Заробітна плата наладчика за першим ТП

№ оп	Найменування операції	С _{тар} , грн	Ф _р , год	Ч _н	К _{доп}	К _{соц}	З _н , грн
	Плоскошліфувальна	57,5	65,1	1	1,2	1,4	1,97

Амортизаційні відрахування на обладнання

Розраховуємо за формулою [15]:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{он}}} \frac{k_i \cdot H_{ai} \cdot t_{oi}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (6.6)$$

де K_i - первісна вартість обладнання (оснащення) на i -ої операції, грн.;

H_{ai} - річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання (оснащення) на i -ої операції (%) [15];

t_{oi} - основний (машинний) час на i -ої операції, хв;

F_d - дійсний (ефективний) фонд часу роботи устаткування (оснащення), [15].

Норма амортизації технологічного обладнання визначається за строком його корисного використання $T_{\text{вик}}$ (сервісного обслуговування) [15]:

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{вик}}} \cdot 100\% \quad (6.7)$$

Норма амортизації технологічного оснащення приймається рівною 5%, якщо термін служби не перевищує 2-х років. У Додатках В, Г [15] наведено оптові ціни на обладнання в умовних одиницях (1 у.о. = 1 євро) та норми амортизаційних відрахувань.

Розрахунки амортизації по обом варіантам ТП зведені в табл. 6.7 та 6.8.

Таблиця 6.7 - Відрахування на амортизацію обладнання за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	Н _а , %	Е _д	А _{від} , грн
	Плоскошліфувальна	12,3	1590600	16,4	4015	13,3

Таблиця 6.8 - Відрахування на амортизацію обладнання за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	К, грн	Н _а , %	Е _д	А _{від} , грн
	Фрезерна з ЧПК	6,48	5031600	14,5	4015	9,62

Витрати на інструмент

Розраховуємо за формулою[15]:

$$S_{in} = \sum_{i=1}^{m_{on}} \sum_{j=1}^{n_{in}} \frac{C_{inij} \cdot t_{штиj} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (6.8)$$

де C_{inij} - ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, що визначається за каталогами підприємств, фірм-постачальників інструменту чи сайтах мережі Інтернет, грн./шт.;

$t_{штиj}$ - штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

η_m - коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{маш}/t_{шт}$;

T_{ij} - період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції, [15];

n_{in} - номенклатура інструментів на i -ої операції;

n_j - число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту (для пластин без задніх кутів необхідно враховувати переверт пластини).

Усі витрати на інструмент по двом ТП зводимо до табл. 6.9 та 6.10.

Таблиця 6.9 - Витрати на інструмент за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ці, грн	Типорозміри інструменту	п _i	Т, хв	п	η _{мі}	S _{ін} , грн
	Плоскошліфувальна	12,3	400	Шліф.коло	1	40	150	0,35	0,15
			400	Вулканітне коло	1	40	150	0,35	0,15

Таблиця 6.10 - Витрати на інструмент за другим ТП

№	Операція	Тшт, хв	ІІ	Вартість інструментального обладнання			Т, хв	η _{мі}	п	S _{ін} , грн
				Різе тримач*, у.о.	Фреза*, у.о.	Пластина у.о.				
	Фрезерна	6,48	1	307	180	35	30	0,35	1	0,15
	з ЧПК		2	307	180	35	30	0,35	1	0,15

* - Витрати, включені в договір про постачання обладнання. $\sum S_{ін}=0,3$ грн

Витрати на технологічну електроенергію

Розраховуємо за формулою[15]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot K_{од} \cdot K_w \cdot t_{штк}}{\eta \cdot K_B} \cdot C_e \quad (6.9)$$

де N_B - встановлена потужність головного електродвигуна, [15];

k_N - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,9, для решти обладнання - 0,8) [15];

k_q - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,7, для решти обладнання - 0,6) [15];

$K_{од}$ - середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 1, для решти обладнання - 0,6) [15];

K_w - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу (прийняти рівним 1,08) [15];

η - коефіцієнт корисної дії обладнання (початкові дані);

K_B - коефіцієнт виконання норм часу [15] ;

C_e - вартість 1 кВт×год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт×год) [15].

Витрати на технологічну електроенергію по обом ТП зведені в табл. 6.11 та 6.12.

Таблиця 6.11 – Витрати на силову електроенергію за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц _і , грн/кВт год	N_B , кВт	k_N	k_q	k_{od}	k_w	η_c	K_e	S_e , грн
	Плоскошліфувальна	12,3	3,45	7,0	0,8	0,6	0,6	1,08	0,8	1,1	1,74

Таблиця 6.12 – Витрати на силову електроенергію за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц _і , грн/кВт год	N_B , кВт	k_N	k_q	k_{od}	k_w	η_c	K_e	S_e , грн
	Фрезерна з ЧПК	6,48	3,45	14,5	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	4,17

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання

Розраховуємо за формулою[15]:

$$S_p = \frac{C_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (6.10)$$

де $C_{то}$ - залишкова вартість обладнання, грн

K_p - коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду ($K_p \approx 0,02 \dots 0,04$) [15].

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання по різних ТП зведені в табл. 6.13 та 6.14.

Таблиця 6.13 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по першому ТП

№ оп	Найменування операції	Відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
	Плоскошліфувальна	0,02	0,51	1,62

Таблиця 6.14 - Витрати на ремонт та обслуговування обладнання по другому ТП

№ оп	Найменування операції	Відрахувань до ремонтного фонду, K_p	C_p	S_p , грн
	Фрезерна з ЧПК	0,02	0,768	2,69

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

Розраховуємо за формулою[15]:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{\text{гн}} \cdot t_{\text{ін}} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (6.11)$$

де φ - 1,3 – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту[15];

$C_{\text{гн}}$ - середньогодинна заробітня плата наладчиків, грн./год[15];

$t_{\text{ін}}$ - середній час налаштування одного інструменту поза верстатом, хв ($t_{\text{ін}} = 4$ хв. – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{\text{ін}} = 5$ хв. - для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп) [15];

t_o - основний час роботи інструменту на операції, хв.;

K_T - коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі[15];

T_M - середня стійкість інструменту, хв. [15];

m - число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.; якщо налаштування інструментів поза верстатом не проводиться, $t_{in} = 0$; у разі використання на операції кількох ріжучих інструментів, що налаштовуються поза верстатом, розрахунок для кожного інструменту повторюється і результати складаються[15].

Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по другому ТП зведені в табл. 6.15.

Таблиця 6.15 - Витрати на налаштування інструментів поза верстатом по другому ТП

№ оп	Найменуван. операції	T_o , хв	$C_{гн}$, грн/год	Тип інструменту	n_i	t_{in}	K_T	T_M	m	S_H
	Фрезерна з ЧПК	6,48	50,9	Фреза торцева, кінцева	6	5	0,9	60	2	0,82

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за варіантами наведено у табл. 6.16.

Таблиця 6.16 - Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Заробітна плата верстатника	Z_o	17,8	11,81
Заробітна плата наладчика	Z_H	1,97	-
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	13,33	9,62
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	1,62	2,69
Витрати на різальний інструмент	S_{in}	0,3	0,3
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_H	-	0,82
Витрати на електроенергію	S_e	1,74	4,17
Витрати інші	I_H	3,56	2,36
Технологічна собівартість	C_T	40,32	31,77

Інші загальновиробничі витрати за формулою:

$$I_n = 3_o k_{\text{заг}}, \quad (6.12)$$

де $k_{\text{заг}}$ - коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників, або до суми основної заробітної плати основних виробничих робітників та витрат, пов'язаних з роботою обладнання відповідно; $k_{\text{заг}} = 0,20 \dots 0,25$. [15]

$$I_{n1} = 17,8 \cdot 0,2 = 3,56 \text{ грн}$$

$$I_{n2} = 11,81 \cdot 0,2 = 2,36 \text{ грн}$$

Розрахуємо умовну економію за формулою [15]:

$$E_{\text{yp}} = (C_1 - C_2) N \quad (6.12)$$

$$E_{\text{yp}} = (40,32 - 31,77) \cdot 10000 = 85500 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 85500 грн., що свідчить про ефективність запропонованої технологічної інновації.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для випадку придбання технологічного обладнання. Зіставимо величини капітальних витрат за варіантами. У табл. 6.17-6.18 розраховані капітальні витрати за формулою (6.13).

Капітальні вкладення обладнання, віднесені до одиниці продукції, визначаються за наступним рівнянням [15]:

$$K_o = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot t_{\text{шт.к}}}{60 \cdot F_d} \quad (6.13)$$

Таблиця 6.17 - Капітальні витрати на обладнання за першим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц, грн	F_d	K_o , грн
	Плоскошліфувальна	12,3	1590600	4015	81,21

Таблиця 6.18 - Капітальні витрати на обладнання за другим ТП

№ оп	Найменування операції	Тшт, хв	Ц, грн	F_d	K_o , грн
	Фрезерна з ЧПК	6,48	5031600	4015	135,3

Оскільки капітальні витрати є суттєво різними, оцінювати ефективність варіантів ТП слід на основі мінімуму наведених витрат. У табл. 6.19 наведено результати порівняння[15].

Таблиця 6.19 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Витрати, грн		Варіанти ТП	
		перший	другий
Технологічна собівартість деталі	C_t	40,32	31,77
Капітальні витрати на деталь	K_o	81,21	135,3
Собівартість річної програми	C_p	403200	317700
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	812100	1353000
Річна економія (збиток), грн.	ΔW	-1267500	

Аналіз табл. 6.19 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання з найменшими поточними витратами на виробництво продукції в умовах багатосерійного типу виробництва часто є перешкодою для впровадження нових інноваційних технологій.

Розрахуємо критичний обсяг виробництва, при якому наведені витрати за варіантами рівні за формулою [15]:

$$N_{\text{кр}} = \frac{(C_{2\text{пост}} - C_{1\text{пост}}) + E_{\text{н}}(K_2 - K_1)}{C_{1\text{зм}} - C_{2\text{зм}}} \quad (6.14)$$

де $N_{\text{кр}}$ – критичний обсяг діяльності;

$C_{1\text{пост}}$ - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

$C_{2\text{пост}}$ - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

$E_{\text{н}}$ - нормативний коефіцієнт ефективності[15];

K_1 – капітальні витрати за першим варіантом;

K_2 – капітальні витрати за другим варіантом;

$C_{1\text{зм}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за першим варіантом;

$C_{2\text{зм}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за другим варіантом.

$$N_{\text{кр}} = \frac{0,15(1353000 - 812100)}{40,32 - 31,77} = 9489,5 \text{ шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{\text{кр}}$, то більш вигідний перший варіант ТП. Якщо більше – 9490 шт., то більш вигідний другий варіант ТП. Звідси виходить, що при програмі 10000 шт, найвигідніший другий варіант ТП [15].

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 План евакуації з робочого приміщення

План евакуації під час надзвичайних ситуацій - це документ, який містить інформацію про шляхи та виходи для евакуації, правила поведінки та послідовність дій персоналу, що обслуговує об'єкт у разі аварії. При розробці такого плану з особливою увагою вирішуються питання щодо шляхів евакуації. У випадку аварії евакуаційні шляхи повинні забезпечити безпечну евакуацію всіх присутніх у приміщенні людей через евакуаційні виходи. Двері на шляху евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу з будинку. Зовнішні евакуаційні двері будинків не мають бути заперті зовні без використання ключа.

Виходи є евакуаційними, якщо вони ведуть з приміщень: першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку; будь-якого поверху, крім першого, до коридору, який веде до сходової клітки; до сусіднього приміщення, яке забезпечене евакуаційними виходами, на тому самому поверсі. Виходи назовні дозволяються через тамбури. Ширину тамбурів або тамбур-шлюзів слід приймати більшою за ширину виходів (прорізів) не менш ніж на 0,5 м (по 0,25 м з кожного боку прорізу), а глибину – більшу за ширину виходу (прорізу) на 0,2 м, але не меншу за 1,2 м [22].

Евакуаційних виходів із будівлі з кожного поверху повинно бути не менше двох. Шляхи евакуації мають бути завширшки не менше 1 м, двері — 0,8 м. Встановлення гвинтових сходів, підйомних дверей і воріт, а також дверей, що обертаються, і турнікетів на шляхах евакуації не дозволяється. Двері на шляху евакуації повинні відчинятися у напрямку виходу з будинку. Зовнішні евакуаційні двері будинків не повинні мати засувів, які можуть бути відчинені ззовні без ключа [22].

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено.

Мінімальну відстань L (м) між суміжними евакуаційними виходами з приміщення слід визначати за емпіричною формулою [22]:

$$L = 1,5\sqrt{P}$$

де P - периметр приміщення (м)

Примітка. Відстань між евакуаційними виходами з приміщення вимірюється за периметром внутрішніх стін приміщення між ближніми краями прорізів евакуаційних виходів.

Висота та ширина у просвіті евакуаційних виходів (дверей) для будинків різного призначення встановлюється відповідними НД. При цьому висота цих виходів повинна бути не меншою за 2,0 м, а ширина – 0,8 м [22].

Під час улаштування на евакуаційних виходах двостулкових дверей, ширина в просвіті одного з полотен повинна бути не меншою ніж 0,8 м, крім випадків, обумовлених НД [22].

Із технічних поверхів, призначених тільки для розміщення інженерного обладнання та прокладання комунікацій будинку, допускається влаштовувати виходи через двері з розмірами не менш ніж 0,75 м х 1,5 м або люки з розмірами не менш ніж 0,6 м х 0,8 м, обладнані вертикальними металевими сходами [22].

Евакуаційні шляхи [22]

Довжину шляху евакуації сходами типу С2 слід приймати такою, що дорівнює потрійній висоті їхніх маршів.

Висота та ширина шляхів евакуації встановлюється НД відповідно до призначення будинку. При цьому висота шляхів евакуації повинна бути не меншою ніж 2,0 м, а їх ширина – 1,0 м.

Ширину проходів до одиночних робочих місць у межах одного приміщення дозволяється зменшувати до 0,7 м.

За наявності дверей, що відчиняються з приміщень у сходову клітку (крім житлових будинків), відкривання таких дверей не повинно блокувати прохід сходовою кліткою більш ніж на 20 см.

На шляхах евакуації не дозволяється влаштовувати гвинтові сходи та забіжні сходи, а також сходові марші з різною шириною проступів та різною висотою присхідців у межах одного сходового маршу, за винятком випадків, обумовлених у НД [22].

Для будинків I ступеня вогнестійкості клас вогнестійкості зазначених протипожежних перегородок має бути не нижче ніж EI 60, а протипожежного перекриття – REI 60 [23].

У сходових клітках типів Н1, Н2, Н3, Н4 дозволяється розміщувати тільки прилади водяного опалення [23].

Відстань від найвіддаленішої точки цеху або приміщення до евакуаційного виходу визначається згідно зі СНиП 2.09.02-85 залежно від ступеня вогнестійкості будівлі та кількості людей, що евакуюються (табл. 7.2). Не допускається влаштовувати евакуаційні виходи через приміщення категорії А і Б, а також через виробничі приміщення в будівлях IIIб, IV, IVа, V ступенів вогнестійкості [23].

На видних місцях будівлі та приміщень (як правило, в коридорах та проходах, біля виходів з приміщень) вивішуються плани евакуації (рис. 7.1). Основні умовні графічні позначення, які можуть використовуватись у планах евакуації наведені в табл. 7.1.

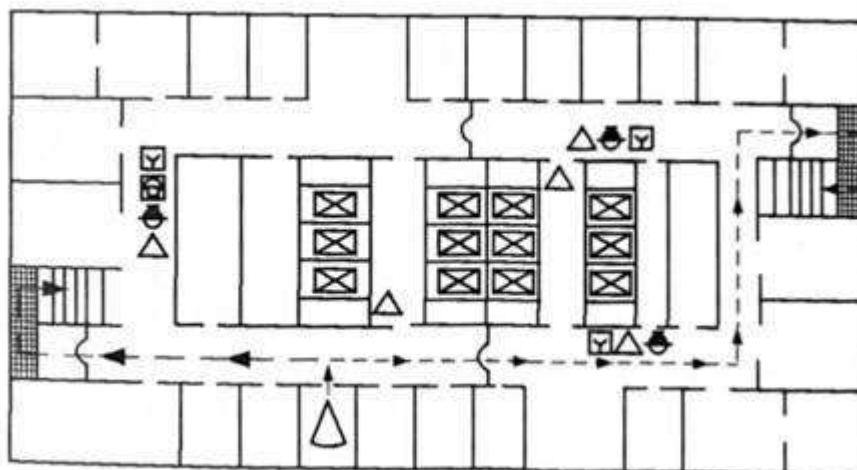


Рис. 7.1-. Приклад плану евакуації

Таблиця 7.1-. Основні умовні графічні пожежні позначення

Найменування	Графічний символ	Найменування	Графічний символ
Основний евакуаційний шлях		Вогнегасники:	
Запасний евакуаційний шлях		переносний	
Знак просторової орієнтації "Ви знаходитесь тут"		пересувний	
Вихід на сходову клітку на поверсі		пінний	
Стационарні сходи біля будівлі		вуглекислотний	
Ліфт (шахта)		порошковий	
Телефон		Установки пожежогасіння:	
Сповіщувач пожежний ручний		з автоматичним пуском	
Установка пожежної сигналізації (загальне позначення)		з ручним пуском	
Оповіщувач пожежний звуковий (сирена)		Внутрішній пожежний кран	
		Пожежний гідрант	

Максимально допустима відстань від найвіддаленішого робочого місця до евакуаційного виходу з приміщення наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Максимально допустима відстань від найвіддаленішого робочого місця до евакуаційного виходу з приміщення

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорії приміщень	Ступені вогнетривкості будівлі	Максимальна допустима відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/1 м ²		
			до 1	1-3	більше 3-5
До 15	А, Б	I, II, IIIa	40	25	15
	В	I, II, III, IIIa	100	60	40
		IIIб, IV	70	40	30
30	А, Б	I, II, IIIa	60	35	25
	В	I, II, III, IIIa	145	85	60
		IIIб, IV	100	60	40
40	А, Б	I, II, IIIa	80	50	35
	В	I, II, III, IIIa	160	95	65
		IIIб, IV	110	65	45
50	А, Б	I, II, IIIa	120	70	50
	В	I, II, III, IIIa	180	105	75
60 і більше	А, Б	I, II, IIIa	140	85	60
60	В	I, II, III, IIIa	200	110	85
80 і більше	В	I, II, III, IIIa	240	140	100
Незалежно від об'єму	Г, Д	I, II, III, IIIa	Не обмежується	Не обмежується	Не обмежується
		IIIб, IV	160	95	65
		V	120	70	50

Будівлі висотою 10–20 м обладнуються вертикальними зовнішніми металевими сходами (драбинами) шириною 0,6 м. При висоті будівель понад 20 м влаштовуються похилі пожежні сходи шириною 0,7 м з нахилом не більше 6:1 та проміжними майданчиками, що розташовуються, як правило, поблизу вікна не менше як через 8 м по висоті. Пожежні сходи розташовуються на відстані по периметру будівлі не більше 200 м [24].

Висновок: Проаналізувавши усе вище сказане, в нашому випадку механічний цех, який за вибухопожежною та пожежною небезпекою належить до категорії Д, розташований в одноповерховій будівлі зі ступенем вогнетривкості IIIб. Один центральний поздовжній проїзд шириною 4,5 м та шість поперечних проходів шириною 1,5 м поділяють цех на вісім ділянок. З обох боків проїзду встановлено ворота з дверима для проходів людей, які в умовах вимушеної евакуації відіграють роль евакуаційних виходів. У найчисленнішій зміні працює 500 працівників.

ВИСНОВОК

У ході написання магістерської роботи розроблено та оформлено документацію на технологічний процес виготовлення валу.

Вибрано та обґрунтовано спосіб отримання заготовки та маршрут виготовлення диска. Розраховані припуски на механічну обробку та підібрані оптимальні режими різання та норми часу.

Виконано проектування та розрахунок робочого та контрольного пристосувань. Внесено істотні зміни в конструкції існуючих пристроїв спрямовані на механізацію та автоматизацію пристроїв, які знижують витрати часу.

У спеціальній частині розглянуто застосування хімічного оксидування як засіб від корозії.

Спроектована навісна скоба для активного контролю діаметра валу під час обробки на шліфувальному верстаті.

Економічно обґрунтовано ухвалені рішення. Для підвищення продуктивності технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» дуже важливу роль відіграє заміна старого обладнання на нове прогресивне.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
3. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.
4. Ципак В.І. Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні процесів механічної обробки / В.І. Ципак. – Запоріжжя : ЗДТУ, 1996. – 91 с.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання/ Укл.: Гончар Н.В., Тумарченко Л.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 61 с.
6. Режимы резания металлов. Справочник / [под ред. Ю.В. Барановского]. – М. : Машиностроение, 1972. – 176 с.
7. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / В.И.Баранчиков, А.В.Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ.ред.В.И.Баранчикова.- М.: Машиностроение, 1990.- 400с
8. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том 2.Техническое нормирование станочных работ.М:ГНТИМЛ, 1961.-826с
9. В.А.Богуслаев, В.А.Леховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления – Запорожье : изд-во «Мотор Сич», 2000. – 430 с.
10. Альбом контрольно-измерительных приспособлений: Учебное пособие для вузов / Ю. С. Степанов, Б. И. Афонасьев, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Щукин, А.

С. Ямников. / Под общ. ред. Ю. С. Степанова. - М.: Машиностроение, 1998. - 184 с.

11. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: [Текст] : навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.

12. Kondaschewski W.W., Lotze W. Mesteuergeräte spanender Werkzeugmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik, 1974. – 624 S.

13. Координатные измерительные машины / В.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов, и др. М.: Машиностроение, 1988. 328с.

14. Федотов А.В., Компанейц А.Н. Применение измерительных головок на обрабатывающих центрах //Измерительная техника, 1990, № 9. С. 24.

15. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 41 с.

16. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» у дипломних проектах (роботах) студентів спеціальностей 7(8).05110202 Авіаційні двигуни та енергетичні установки; 7(8).05110201 Технологія машинобудування; 7(8).05110301 Металорізальні верстати та системи; 7(8).05110203 Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок усіх форм навчання / Укл.: В.І. Шмирко, Ю.В.Якімцов Запоріжжя: ЗНТУ, 2014 – 22 с.

17. Микродуговое оксидирование — Современные технологии восстановления. Современные технологии производства. 2023г

<https://extxe.com/9587/mikrodugovoe-oksidirovanie-sovremennye-tehnologii-vosstanovlenija/> (Дата звернення: 25.11.23)

18. Ярушин С.Г. Технологічні процеси в машинобудуванні. 2014г https://stud.com.ua/36285/tovaroznnavstvo/tehnologichni_protsezi_v_mashinobuduva_nni (Дата звернення: 25.11.23)

19. В чем заключается метод оксидации. <https://www.rocta.ru/info/chto-takoe-himicheskoe-oksidirovanie-metallov-tehnologiya-oksidacii/>(Дата звернення: 25.11.23)

20. Е. П. Гришина, А. В. Жиров, П. Н. Белкин, А. И. Дикусар. Влияние анодного электрохимико-термического оксидирования на коррозионную стойкость стали 45. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-anodnogo-elektrohimiko-termicheskogo-oksidirovaniya-na-korrozionnuyu-stoykost-stali-45/viewer> (Дата звернення: 25.11.23)

21. В.П. Юркинский, Е.Г. Фирсова, В.В. Оковитый. Влияние способа оксидирования сталей на пористость оксидных покрытий. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2(171)'2013. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sposoba-oksidirovaniya-staley-20-i-12h18n10t-na-poristost-oksidnyh-pokrytiy/viewer> (Дата звернення: 25.11.23)

22. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1-7:2016. – [Чинний від 2016–07–16]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2017. – 47 с.

23. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо та пожежною небезпекою. Національний стандарт України: ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – [Чинний від 2017–01–01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2016. – 34 с.

24. Правила пожежної безпеки в Україні. Загальні положення: НАПБ А.01.001-2014.- [Чинний від 2014–12–30]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2014. – 97 с.

Додаток А Специфікація робочого пристосування

НУЗП 292344.017

Инд.	подл.	Подп. и дата	Взам. инд.	Инд.	дцкл.	Подп. и дата

[illegible]

Додаток Б Специфікація контрольного пристосування

НУЗП 411010.017

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ.					Документация		
				НУЗП 4 11010.017	Сборочный чертеж		
					Детали		
			1		Центр зажимной	1	
			2		Центр неподвижный	1	
			3		Стойка	1	
			4		Опора	1	
			5		Салазки	1	
		6		Оправка	1		
		7		Кольцо	1		
		5					
Подп. и дата					Стандартные изделия		
			6		Винт М5 25 ГОСТ 1491-80	4	
			9		Гайка М30 1.5 ГОСТ 11871-88	1	
			10		Ось 1-5 25 ГОСТ 9650-80	2	
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							
Взам. инв.							
Подп. и дата							
Инв. подл.							
Инв.							