

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технології машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему

Технологічні методи підвищення надійності деталі “Корпус”

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Цаприка Є.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кондратюк Е.В.

(прізвище та ініціали)

2020

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри С.І. Дядя
 « _____ » _____ 2020 року

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

Цаприка Євгеній Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Технологічні методи підвищення надійності деталі «Корпус»

керівник проєкту (роботи) Козлова О.Б., канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » 2020 року № _____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 04.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі;
річна програма випуску N=1500 дет.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація операції контролю пасивованих поверхонь деталей; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою програми NX «Simulation advantage»; 5 Спеціальне завдання. Підвищення надійності деталей методом нанесення покриттів; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПУ; лист автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; графічна частина до спецзавдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	доцент Козлова О.Б.		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент Степанов Д.М.		

7. Дата видачі завдання « 07 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2020	
2	Конструкторська частина	06.10.2020	
3	Автоматизація операції контролю пасивованих поверхонь деталей	14.10.2020	
4	Розрахунок деталі на міцність за допомогою програми NX «Simulation advantage»	20.10.2020	
5	Спецзавдання. Підвищення надійності деталей методом нанесення покриттів	03.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	10.11.2020	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	17.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	24.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	01.12.2020	
10	Захист дипломного проєкту.	10.12.2020	

Студент(ка)

_____ Цаприка Є.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Козлова О.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 129 с., 44 рис., 11 табл., 1 додаток, 46 джерел.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, НОРМУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПТИМІЗАЦІЯ, КІНЦЕВИЙ ЕЛЕМЕНТ, ВЕРСТАТ, НАЛАГОДЖЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ДОПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ, ОПЕРАЦІЙНИЙ ЧАС, ЯКІСТЬ.

Об'єкт дослідження – деталь «Корпус».

Мета роботи – розглянути технологічні методи підвищення надійності деталі «Корпус».

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний.

В роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі «Корпус», вибрано сучасне обладнання, інструмент, розраховано розміри, режими різання, норми часу, спроектовано верстатне та контрольне пристосування. З використанням програми NX розраховано технологічну карту для обробки на верстаті з ЧПК. Розглянуто питання нанесення покриттів на поверхню деталі та автоматизації контролю товщини покриття, виконані розрахунки на міцність. Передбачено заходи, спрямовані на зниження витрат і зменшення часу на виробництво. Виконано економічні розрахунки та розрахунки щодо охорони праці.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням ...	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	26
1.5 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів	26
1.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій	36
1.7 Розробка технологічних операцій для верстатів з ЧПУ з використанням пакету NX	51
1.7.1 Розробка токарної операції 020.....	51
1.7.2 Розробка свердлильної операції 055.....	54
1.7.3 Розробка фрезерної операції 085	55
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	57
2.1 Проектування робочого пристосування.....	57
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	57
2.1.2 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі і розрахунок похибки установки	58
2.1.3 Розрахунок пристосування на точність.....	59
2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки в пристосуванні	61
2.1.5 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	64
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	65
2.2.1 Опис контрольного пристосування	65
2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу вимірювання.....	65

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ.....	70
3.1 Автоматизація операції контролю пасивованої поверхні.....	70
4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ NX SIMULATION ADVANTAGE.....	74
5 МЕТОДИ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ.....	78
5.1 Основні поняття про покриття і способи їх отримання. Класифікація покриттів	78
5.2 Методи підготовки поверхні для нанесення покриттів.....	82
5.2.1 Загальні відомості про підготовку поверхні.....	82
5.2.2 Механічні способи обробки	82
5.2.3. Хімічні способи обробки поверхонь під покриття	83
5.3 Фізичні методи нанесення покриттів	83
5.3.1 Отримання покриттів термічним напыленням у вакуумі.....	83
5.3.2 Магнетронне напылення	84
5.3.3 Газотермічне напылення	85
5.3.4 Нанесення детонаційного покриття	88
5.3.5 Електродуговий і індукційний методи нанесення покриттів	91
5.3.6 Плазмове напылення	92
5.4 Хімічні методи нанесення покриттів	93
6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ	96
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	102
7.1 Аналіз потенційних небезпек.....	102
ВИСНОВОК.....	104
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	105
Додаток А.....	108
Додаток Б.....	112

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗВ	–	Засіб вимірювання
КВП	–	Контрольно–вимірювальний прилад
ККД	–	Коефіцієнт корисної дії
КП	–	Керуюча програма
МВД	–	Маршрут виготовлення деталі
МОП	–	Маршрут обробки поверхні
ППТЯ	–	Послідовність показників точності і якості
ТМБ	–	Технологія машинобудування
ТО	–	Термічна обробка
ЧПК	–	Числове програмне керування
ХТО	–	Хіміко–термічна обробка

ВСТУП



Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості виробів при одночасному зниженні витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови процесу обробки, використаного устаткування, інструменту та оснастки, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

Велике техніко-економічне значення раціонального вибору припусків і розрахунку операційних розмірів визначається, перш за все, місцем цього етапу в загальній послідовності завдань, що вирішуються при проектуванні технологічного процесу.

Відповідно до загальних правил розробки технологічних процесів комплексу завдань розмірного аналізу передують такі найважливіші етапи, як вибір виду вихідної заготовки, методу її виготовлення і технологічних баз, розробка варіанту технологічного маршруту обробки, а також вибір засобів технологічного оснащення.

В даному дипломному проекті будуть розглядатися всі перераховані вище завдання, які стоять перед сучасним технологом, а також запропоновано шляхи і методи їх вирішення.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Корпус (рис. 1.1 а, б) є частиною вузла датчика граничних обертів, який вмонтовано в вал ротора турбіни і обертається разом з валом.

Вузол датчика забезпечує автоматичне припинення надходження подачі повітря при досягненні турбіни обертів вище допустимих. Корпус датчика має наскрізний отвір Ø6 мм, в якому переміщується шток, який стискає пластинчасту пружину і розмикає електричний ланцюг датчика.

Чотири паза в корпусі служать для контровки деталей від повороту в валі. Два отвори Ø 2,5 мм виконано під заклепки, які притискають проставку в корпусі датчика за Ø 23 мм. Два вусики служать для утримання.

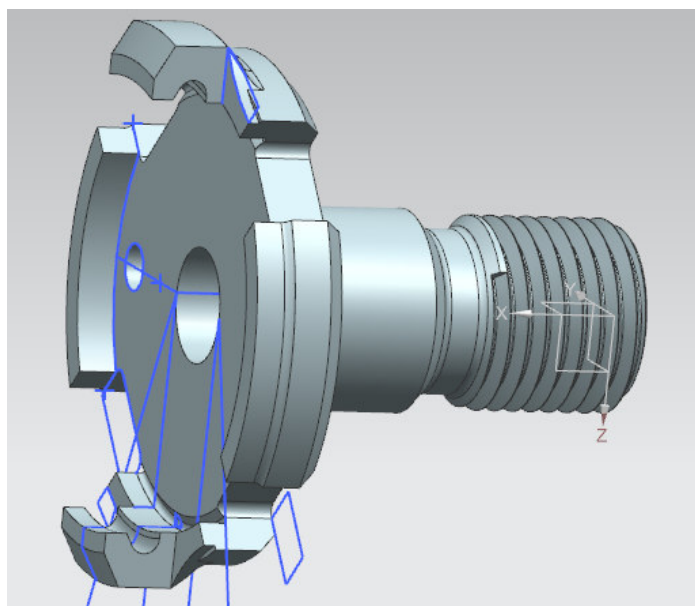
Деталь «Корпус» виготовлена з жароміцної хромонікелевої сталі 13X11H2B2MФ–Ш ГОСТ 5632–72. Дана сталь застосовується при виробництві деталей газових турбін, які працюють в умовах високих температур (до 600 °С). Хімічний склад наведено в табл. 1.1, фізичні властивості наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 13X11H2B2MФ–Ш

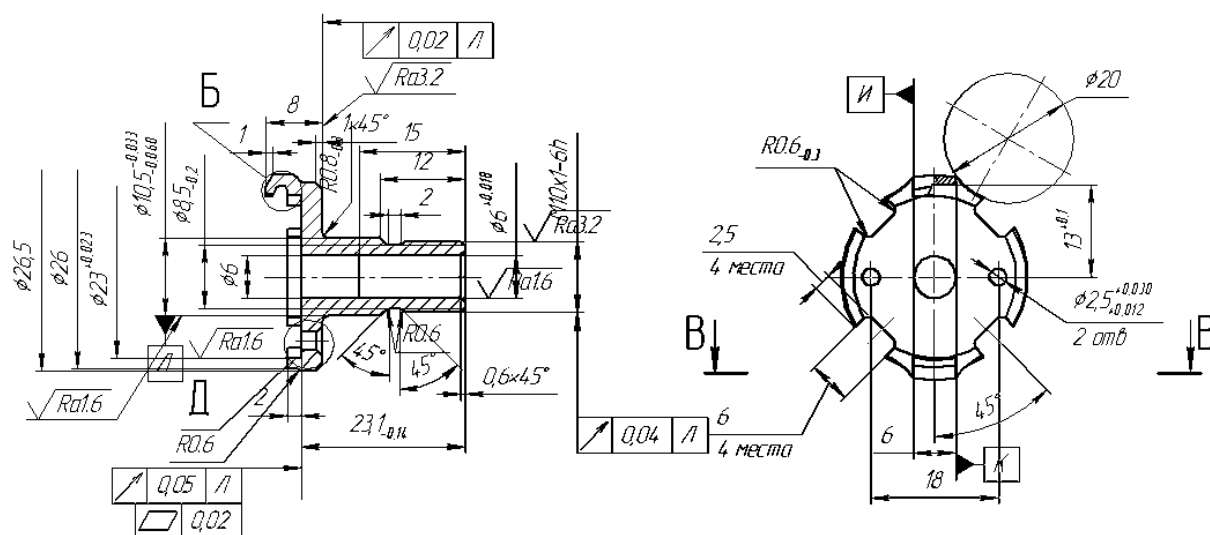
Зміст елементів у відсотках										
<i>C</i>	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>	<i>V</i>	<i>W</i>	<i>Mo</i>	<i>Ni</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
0,1– 0,16	10,5– 12	до 0,6	0,18– 0,3	1,6–2	0,35– 0,5	1,5– 1,8	до 0,6	84–86	до 0,03	до 0,03

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу

Температура відпускання, <i>t</i> °C	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %	ψ , %
900	105	135	64	87
1000	39	71	58	81
1100	28	41	61	95
1200	22	27	55	87



а



б

а – 3D–модель, б – ескіз

Рисунок 1.1 – Деталь «Корпус»

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

В залежності від розміру програми випуску, характеристик деталей, технічних умов здійснення виробничого процесу, виробництва можна умовно поділити на три види: одиничне, серійне і масове. У кожного з них і виробничий і

технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації робіт [1].

На даному етапі проектування непросто визначити тип виробництва і тому проводимо попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою і масою деталі.

Тип виробництва вибираємо за табл. 1.3 [1].

Виходячи з маси деталі $m = 0,02$ кг і річної програми випуску $N = 1500$ штук, тип виробництва можна вважати середньосерійним (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Вибір типу виробництва [1]

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей на рік, шт		
	Важкі, $m > 100$ кг	Середні, $m = 10 \dots 100$ кг	Легкі, $m < 10$ кг
Одиничний	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійний	5...10	10...200	100...500
Серійний	100...300	200...500	500...5000
Багатосерійний	300...1000	500...5000	5000...50000
Масовий	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Форми організації технологічних процесів обирають за ГОСТ 14312–74 в залежності від порядку, який встановлено для виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості основних робітників.

Для виготовлення даної деталі вибираємо змінно–потоккову форму організації ТП. Партія деталей запускається в обробку одночасно та розраховується за формулою (1.1) [1]:

$$n = \frac{aN}{250}, \quad (1.1)$$

де $a = 3$ дні – періодичність запуску деталей в виробництво;

$N = 1500$ шт – річна програма випуску.

$$n = \frac{3 \cdot 1500}{250} = 18 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі – корпус виконаємо економічне обґрунтування доцільності застосування одного із способів отримання заготовки. Розглянемо такі способи отримання заготовки:

- заготовка, отримана на пресі;
- заготовки з прокату за ГОСТ 2590–2006.

Масу деталі та заготовок знайдено за допомогою програми NX, $Q_{dem} = 0,02$ кг. Рис. 1.2, 1.3, 1.4.

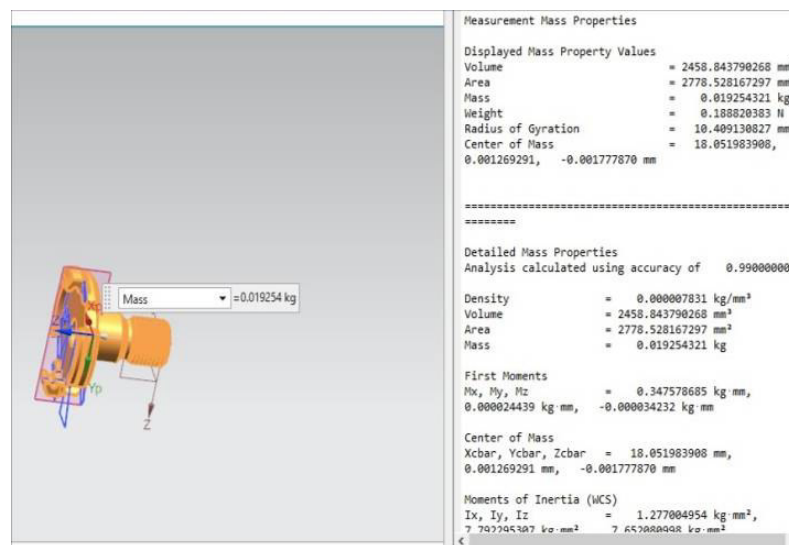


Рисунок 1.2 – Маса деталі «Корпус»

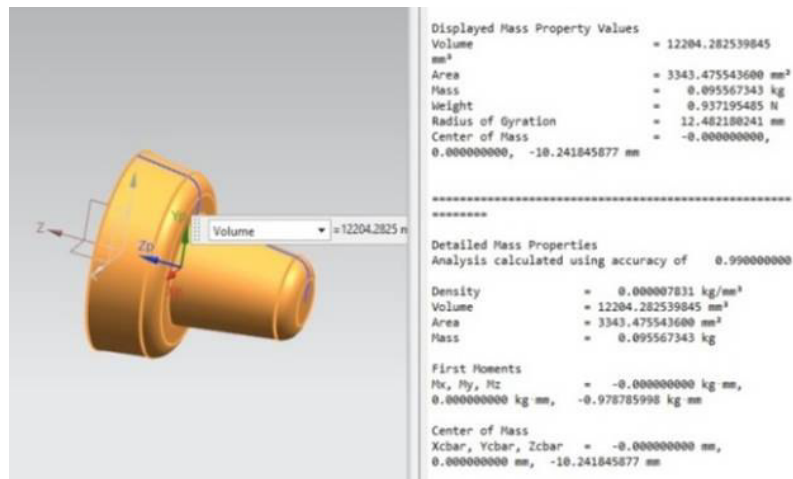


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, отриманої штампуванням на пресі

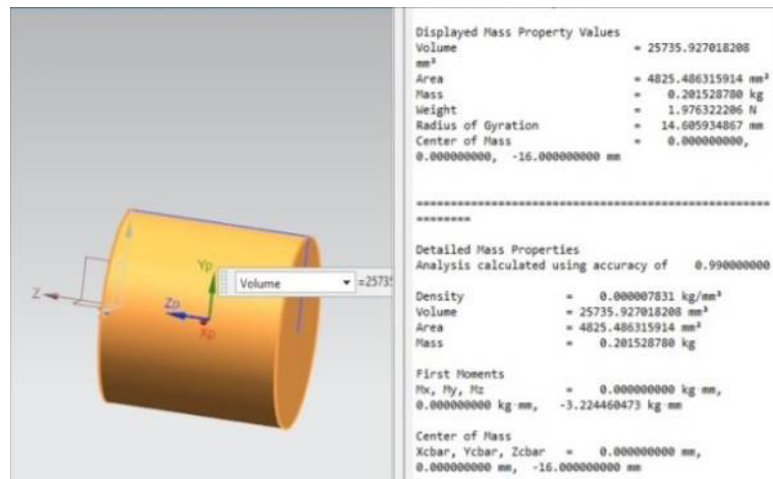


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, отриманої з прокату

$$Q_{заг1} = 0,095 \text{ кг (рис. 1.3).}$$

$$Q_{заг2} = 0,2 \text{ кг (рис. 1.4).}$$

Коефіцієнт використання матеріалу знаходимо за наступною формулою (1.2) [1]:

$$\eta = \frac{Q_{дет}}{Q_{заг}}. \quad (1.2)$$

$$\eta_1 = \frac{0,02}{0,095} = 0,21.$$

$$\eta_2 = \frac{0,02}{0,2} = 0,1.$$

Розраховуємо собівартість отримання однієї заготовки за формулою (1.3) [1]:

$$C = \frac{C_B}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_{\text{м}} \cdot K_c \cdot K_{\text{в}} \cdot K_n - \frac{(Q - q)}{1000} \cdot S \quad (1.3)$$

де C_B – базова ціна 1 т заготовок, отриманих цим методом, грн;

$Q_{заг}$ – маса заготовки, кг;

K_m – коефіцієнт, що враховує точність заготовки [2, табл. 1.24, с. 18];

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал [2, табл. 1.25, с. 18];

K_c – коефіцієнт, що враховує складність заготовки [2, табл. 1.26, с. 19];

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [2, табл. 1.27, с. 19];

K_n – коефіцієнт, що враховує програму випуску [2, табл. 1.28, с. 19];

S – вартість 1 т стружки, грн [2, табл. 1.5, с. 13].

$$C_1 = \frac{35000}{1000} \cdot 0,095 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,75 \cdot 1 - \frac{(0,095 - 0,02)}{1000} \cdot 1400 = 3,32 \text{ грн.}$$

$$C_2 = \frac{26000}{1000} \cdot 0,24 \cdot 1 - \frac{(0,2 - 0,02)}{1000} \cdot 1400 = 5,93 \text{ грн.}$$

Економічний ефект складає (1.4):

$$E_B = (C_2 - C_1) \times N. \quad (1.4)$$

$$E_B = (C_2 - C_1) \times N = (5,93 - 3,32) \times 1500 = 3921,49 \text{ грн.}$$

Економія металу складає (1.5):

$$M_1 = \frac{Q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} N. \quad (1.5)$$

$$M_1 = \frac{Q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} N = \frac{0,0205 \cdot (0,21 - 0,1)}{0,22 \cdot 0,09} \cdot 1500 = 220,5 \text{ кг.}$$

Через те, що $C_1 = 3,32 \text{ грн} < C_2 = 5,93 \text{ грн}$ и $\eta_1 = 0,21 > \eta_2 = 0,1$, приймаємо раціональним виготовлення заготовки штампування на пресі.

Результати розрахунків наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати розрахунків

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			прес	прокат
Маса	Q	кг	0,095	0,2
Припуск	z	мм	2,0	5,0
Баз. ціна 1 т заготовок	C_B	грн	3500	2600
Поправочні коефіцієнти	K_T	—	1,05	1
	K_M	—	1	1
	K_A	—	1,33	1
	K_C	—	0,75	1
	K_I	—	1	1
Вартість 1 т стружки	$S_{отх}$	грн	1400	1400
Собівартість 1 заготовки	C	грн	3,32	5,93
Коефіцієнт використання матеріалу	η	—	0,21	0,1

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Якісна оцінка технологічності проводиться за видом деталі, класу, складності, конфігурації, жорсткості конструкції, можливості обробки деталі універсальним інструментом, наявності особливо точних і якісних поверхонь.

Деталь складається з концентрично розташованих поверхонь. Великих труднощів у виготовленні деталі не виникає. Точність виготовлення, точність розташування поверхонь і якість обробки – середньо–економічні. Обробка деталі проводиться поширеними методами обробки різанням. Задана кресленням точність обробки поверхонь не викликає особливих труднощів при обробці деталі на металорізальних верстатах і розташування більшості поверхонь дозволяє вести обробку на прохід або в упор, крім внутрішніх виборок і канавок. Найбільш точний діаметр – 10,5 за 8 квалітетом легко обробляється на токарних і шліфувальних верстатах. Застосування автоматів і верстатів з ЧПУ дозволяє обробляти кілька поверхонь деталі дуже точно і за одну установку.

У конструкції деталі є досить прості поверхні для використання їх в якості чистових базових. З урахуванням вимог креслення на остаточній стадії обробки, при свердлильних та шліфувальних операціях в якості баз використовуються точно оброблені торці деталі і внутрішній отвір.

За якісними показниками деталь корпус – технологічна.

Кількісна оцінка технологічності завжди проводиться за показниками застосування уніфікованих елементів конструкції, точності розмірів, жорсткості поверхні:

а) коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.2):

$$\eta = \frac{q}{Q} = \frac{0,0205}{0,093} = 0,22 .$$

Через те, що $\eta = 0,22 < 0,7$ – деталь за даним показником нетехнологічна.

б) коефіцієнт точності обробки (1.6), (1.7):

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{A_{CP}} > 0,8. \quad (1.6)$$

$$A_{CP} = \frac{\kappa_1 n_1 + \kappa_2 n_2 + \dots + \kappa_n n_n}{n_{\text{обц}}}, \quad (1.7)$$

де n – кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

κ – квалітет точності. Основну масу поверхонь виконано за 12 квалітетом точності і грубіше;

A_{CP} – середній квалітет точності.

$$A_{CP} = \frac{12 \cdot 8 + 11 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 6 + 7}{15} = 10,3.$$

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{10,3} = 0,91 > 0,8.$$

За даним показником деталь технологічна.

в) коефіцієнт шорсткості знаходимо за формулами (1.8), (1.9).

Шорсткість поверхонь, що сполучаються і не сполучаються – загального призначення – Ra 0,8 мкм, поверхонь невідповідального призначення – Ra 3,2 мкм.

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32, \quad (1.8)$$

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

де k – клас шорсткості;

n – кількість поверхонь, що мають відповідну шорсткість;

B_{cp} – середній клас шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{1,6 \cdot 7 + 6,3 \cdot 6 + 3,2 \cdot 2}{15} = 3,7.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,7} = 0,271 < 0,32.$$

За даним показником деталь технологічна.

Можна зробити висновок, що за якісними і кількісними критеріями оцінки технологічності, деталь є технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

МОП – це загальна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні на деталі. МОП є елементарною технологічною основою процесу механічної обробки, через те, що саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико–механічні, хіміко–термічні методи впливу на деталь тощо [1].

Для складання маршруту обробки поверхонь необхідно визначити і обрати необхідну характеристику кожної поверхні, що оброблюється і порівняти її з відповідною поверхнею заготовки. Характеристики основних поверхонь деталі (рис. 1.4) заносимо в табл. 1.5.

При проектуванні МОП зручно використовувати поняття уточнення, тому, що воно дозволяє за дослідно–статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготовки. Під уточненням розуміють відношення величини допуску розглянутого показника якості партії заготовок до величини допуску цього ж показника партії деталей. Розрізняють загальне уточнення і уточнення за переходами (рис. 1.4, таб. 1.5) [1].

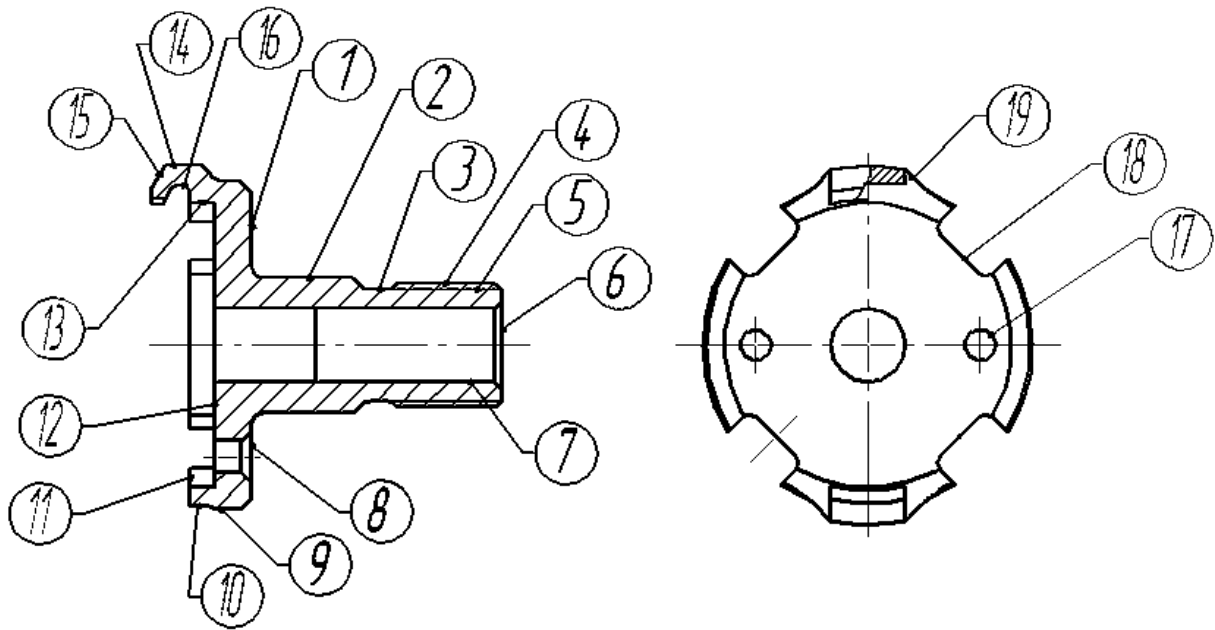


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічної розміткою поверхонь

Поверхня 2 – $\varnothing 10,5_{-0,060}^{-0,033}$ мм.

Визначимо загальне уточнення за показниками якості (1.10), (1.11), (1.12).

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}, \quad (1.10)$$

де $Td_{заг}$, $Td_{дет}$ – допуск геометричного розміру відповідно заготовки і деталі, мм [2, табл. 23, с. 147].

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{1,1}{0,027} = 41.$$

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{\Delta_{заг}}{\Delta_{дет}}, \quad (1.11)$$

де $\Delta_{заг}$, $\Delta_{дет}$ – похибка форми і взаємного розташування відповідно заготовки і деталі, мм.

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{0,5}{0,025} = 20.$$

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}, \quad (1.12)$$

де $Ra_{заг}$, $Ra_{дет}$ – шорсткість заготовки та деталі, мкм.

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{25}{1,6} = 15,6.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник допуску, який потребує найбільшого уточнення. За превалюючим показником розрахуємо кількість переходів механічної обробки k за формулою (1.13):

$$k = 2 \lg \varepsilon_{Rz_0}. \quad (1.13)$$

$$k = 2 \lg 41 = 3,2.$$

Приймаємо $k = 3$ переходи. Визначаємо різницю показників якості і розподіляємо цю різницю між $k = 3$ переходами за законом прогресивного зменшення. При цьому слід розглядати кілька альтернативних варіантів розподілу різниці.

Різниця квалитетів точності і її розподіл:

$\Delta_{кв} = IT_{заг} - IT_{дет} = IT16 - h8 = 8$ квалитетів $= 4 + 2 + 2$, тобто 1-й перехід механічної обробки уточнює поверхню заготовки на 4 квалитета точності; 2-й перехід – на 2 квалитета точності; 3-й перехід уточнює поверхню ще на 2 квалитета точності.

Встановлюють послідовність показників точності і якості (ППТЯ): IT16→h12→h10→h8.

За таблицями економічної точності [2] відповідно до розробленої ППТЯ призначаємо методи обробки за переходами механічної обробки.

Таблиця 1.5 – Характеристики основних поверхонь деталі

Геометричні параметри поверхнь		Характер поверхні		Показники											
				Квалітет точності		Допуск на точність і взаємне розташування				Шорсткість, <i>Ra</i> , мкм		Допуск		Твердість	
		вид	тип							заг.	дет.	дет.	заг.	дет.	заг.
				дет.	заг.	дет.	заг.	дет.	заг.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	$\varnothing 10,5_{-0,060}^{-0,033}$	зовніш.	цилінр.	8	16	—	—	—	—	25	1,6	0,027	1,1	32...39,5 HRC	290...340HB
2	$\varnothing 6^{+0,018}$	внутр.	цилінр.	8	—	—	—	—	—	—	1,6	0,018	—		
3	$23,1_{-0,14}$	зовніш.	плоска	11	—	0.05	—	0,02	—	—	1,6	0,14	—		
4	$\varnothing 8,5_{-0,2}$	зовніш.	цилінр.	12	—	—	—	—	—	—	6,3	0,2	—		
5	$\varnothing 23^{+0,023}$	внутр.	цилінр.	7	—	—	—	—	—	—	1,6	0,023	—		
6	12	внутр.	плоска	12	—	—	—	—	—	—	6,3	0,18	—		
7	$\varnothing 26$	зовніш.	цилінр.	12	—	—	—	—	—	—	6,3	0,21	—		
8	$\varnothing 26,5$	зовніш.	цилінр.	12	—	—	—	—	—	—	6,3	0,21	—		
9	$\varnothing 29$	зовніш.	цилінр.	12	17	—	—	—	—	25	6,3	0,21	1,1		
10	M10x1–6h	зовніш.	різьб.	6	17	0,04	—	—	—	25	3,2	0,25	1,1		
11	$5_{-0,22}$	зовніш.	плоска	12	—	—	—	—	—	—	1.6	0,22	—		
12	8	зовніш.	плоска	12	17	—	—	—	—	25	3,2	0,15	1,1		
13	$\varnothing 23,5$	внутр.	цилінр.	12	—	—	—	—	—	—	6,3	0,21	—		
14	$13^{+0,1}$	внутр.	плоска	11	—	—	—	—	—	—	1,6	0,1	—		
15	$\varnothing 2,5_{+0,012}^{+0,03}$	внутр.	цилінр.	8	—	—	—	—	—	—	1.6	0,018	—		

Призначаємо перший перехід – точіння чорнове:

$$T_{D1} = 180 \text{ мкм}; T_{Ra1} = 6,3 \text{ мкм}.$$

Уточнення знаходимо за формулами (1.14), (1.15):

$$\varepsilon_d = \frac{T_{D_{i-1}}}{T_{D_i}}. \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_{i-1}}{Ra_i}, \quad (1.15)$$

де Ra – шорсткість обробки за переходами;

T_D – допуск на розмір за переходами.

$$\varepsilon_d = \frac{1100}{180} = 6,1,$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{6,3} = 3,9.$$

Призначаємо другий перехід – точіння чистове:

$$T_{D2} = 70 \text{ мкм}; T_{Ra2} = 3,2 \text{ мкм}.$$

Уточнення:

$$\varepsilon_d = \frac{180}{70} = 2,5, \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{6,3}{3,2} = 2.$$

$$\varepsilon_{dj} = 6,1 \cdot 2,5 = 15,2 < \varepsilon_d = 41.$$

$$\varepsilon_{Raj} = 3,9 \cdot 2 = 7,8 < \varepsilon_{Ra} = 15,6.$$

Третій перехід – термообробка.

Призначаємо четвертий перехід – шліфування:

$$T_{D4} = 27 \text{ мкм}; T_{Ra4} = 1,6 \text{ мкм}.$$

Уточнення:

$$\varepsilon_d = \frac{70}{27} = 2,5, \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{3,2}{1,6} = 2.$$

$$\varepsilon_{dj} = 15,2 \cdot 2,5 = 38 < \varepsilon_d = 41.$$

$$\varepsilon_{Raj} = 7,8 \cdot 2 = 15,6 < \varepsilon_{Ra} = 15,6.$$

Таким же чином проводимо розрахунки і для інших поверхонь.

Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

Поверхня 13 – Ø23^{+0,023}.

Визначимо загальне уточнення за показниками якості за формулами (1.10 – 1.12).

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{0,21}{0,023} = 9,1.$$

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{0,1}{0,025} = 4.$$

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{6,3}{1,6} = 3,9.$$

$$k = 2 \lg 9,1 = 1,8.$$

Приймаємо $k = 3$ переходи: Н12→Н9→Н7.

Результати розрахунків зносимо в табл. 1.6.

Поверхня 7 – Ø6Н8^{+0,018}.

Визначимо загальне уточнення за показниками якості за формулами (1.10– 1.12).

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{0,12}{0,018} = 6,7.$$

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{0,5}{0,025} = 20.$$

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{6,3}{1,6} = 3,9.$$

$$k \approx 2 \lg \varepsilon_{Rz_0} = 2 \lg 20 = 2,6.$$

Приймаємо $k = 3$ переходи: H12→H10→H8.

Результати розрахунків зносимо в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Маршрут обробки основних поверхонь деталі

Характер поверхні і показники точності і якості	Показник j	Уточнення $\epsilon j0$	Кіль-сть перех. k		Різниця показників ППТЯ	МОП		Допуск			Уточнення		
			розрах.	прийняте		i	Метод обробки	розмір	взаємне росташ.	шорсткість Ra	розмір	взаємне росташ.	шорсткість
Пов.2 – $\varnothing 10,5_{-0,060}^{-0,033}$ зов. цил., биття 0,025, Ra 1,6, Загот. – штамповка на пресі, IT17, Ra25	d	41	3,2	3	$\Delta_{\text{КВ}}=17-8=9$ 10=5+2+2 IT17→h12→h10→ h8 Ra25→Ra6,3→Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка	1.1	0,5	25	–	–	–
		20				2	ТО	–	–	–	–	–	–
	Ra	15,6				3	Точіння чорнове	0,18	0,1	6.3	6,1	5	3,9
						4	Точіння чистове	0,07	0,05	3,2	2,5	2	2
						5	Шліфування	0,027	0,025	1,6	2,5	2	2
Пов.13 – $\varnothing 23_{+0,023}^{+0,023}$ внут. цил., биття 0,025, Ra 1,6, Загот. – штамповка на пресі	d	9.1	1.8	2	$\Delta_{\text{КВ}}=12-7=5$ 5=3+2 H12→H9→H7 Ra6,3 →Ra3,2→Ra1,6	1	Заготовка	–	–	–	–	–	–
		4				2	ТО	–	–	–	–	–	–
	Ra	1.8				3	Росточ. чорнов.	0,21	0,1	6.3	–	–	–
						4	Росточ. чистов.	0,052	0,05	3,2	4	5	2
						5	Росточ. тонке	0,023	0,025	1,6	2,2	2	2
Пов.7– $\varnothing 6_{+0,018}^{+0,018}$ внутр. цил. Ra 1.6, биття 0,025, Загот. – штамповка на пресі	d	6,7	2,6	2	$\Delta_{\text{КВ}}=12-8=4$ 4=2+2 H12→H10→ H8 Ra6,3→Ra3,2→ Ra1,6	1	Заготовка	–	–	–	–	–	–
		20				2	ТО	–	–	–	–	–	–
	Ra	3,9				3	Свердлення	0,12	0,5	6.3	–	–	–
						4	Зенкерування	0,048	0,01	3,2	2,5	5	4
						5	Протягання	0,018	0,025	1,6	2,6	2	1,5
Пов.12 – $23,1_{-0,14}^{-0,14}$ внутр. плоск. Ra 3,2, Загот. – штамповка на пресі	d	2,1	1,2	2	$\Delta_{\text{КВ}}=12-11=1$ 1=1 H12→H11 Ra6,3→Ra3,2	1	Заготовка	–	–	–	–	–	–
		2				2	ТО	–	–	–	–	–	–
	Ra	3,9				3	Точ. чорн. тор. А і Б	0,21	0,1	6.3	–	–	–
						4	Точ. чист. тор. А і Б	0,14	0,05	3,2	1,5	2	2
						5	Точ тонк. тор. А і Б	0,14	0,2	1,6	1	2,5	2

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

МВД складається з наступних етапів:

1 етап – отримання заготовки.

Найбільш доцільно для отримання заготовки використовувати метод штампування на пресі, див. пункт 1.4.

2 етап – ТО.

3 етап – механічна обробка. Чорнове і чистове точіння і свердління відповідних поверхонь.

4 етап – механічна обробка. Протягання отворів і пазів, тонке точіння і шліфування відповідних поверхонь.

5 етап – мийка, контроль.

6 етап – покриття (ХТО).

Ми розробляємо етапну схему технологічного маршруту і формуємо технологічні комплекси і операції. Технологічні комплекси формують з окремих поверхонь деталі, які зручно і доцільно обробляти з однієї установки заготовки.

Вибір обладнання та інструменту для конкретної операції залежить від конструктивних особливостей обладнання, це дає можливість досягти заплановану точність обробки.

1.5 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів

Технологічний розмір – це розмір, який визначається інженером і проставляється в технологічній документації. Технологічний розмір включає припуск на подальшу обробку [2].

На величину припуску впливають такі чинники: матеріал деталі, форма і розміри деталі, вид заготовки та спосіб її отримання, точність розмірів і чистота поверхні, термічна обробка, тип виробництва.

Звісно два методи визначення припусків: розрахунково–аналітичний і дослідно–статистичний (табличний).

При визначенні припуску розрахунково–аналітичним методом визначають складові елементи припуску R_z , h , ρ , ϵ в залежності від конкретних умов обробки і стану заготовки по довідковій літературі, а потім розраховують Z_i^{min} для переходів механічної обробки.

При визначенні припуску дослідно–статистичним методом величину загального припуску Z_0^{min} або припуску на перехід Z_i^{min} вибирають з таблиць довідкової літератури.

За розглянутою методикою розрахуємо припуски розрахунково–аналітичним методом для поверхні $2 - \varnothing 10,5_{-0,06}^{-0,033}$.

Елементи припуску для заготовки: $R_z = 80$ мкм і $h = 100$ мкм за [2, табл. 12, с. 186]

Просторові похибки в заготовці знаходимо за формулою (1.16):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.16)$$

де $\rho_{см} = \Delta_{экс} = 0,5$ мм – неспіввісність вісей шийок заготовки за [2, табл. 17, с. 186];

$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot \ell = 0,003 \cdot 32 = 0,096$ мм – похибка короблення;

$\Delta_{кор} = 0,003$ мм – неспіввісність вісей шийок заготовки за [2, табл. 15, с. 186].

$$\rho_1 = \sqrt{0,5^2 + 0,0096^2} = 0,51 \text{ мм.}$$

Елементи припуску для термообробки знаходимо за формулою (1.17):

$$\rho_{\kappa} = \Delta_{\kappa} \cdot L. \quad (1.17)$$

$$\rho_{\kappa} = 0,1 \cdot 32 = 3,2 \text{ мм.}$$

Після ТО в заготовці будуть діяти сили викривлення.

Елементи припуску для чорнового точіння: $R_z = 20$ мкм і $h = 20$ мкм для 12 квалітету за [2, табл. 24, с. 187] знаходимо за формулою (1.18):

$$\rho_3 = K_{ym} \cdot \rho_1, \quad (1.18)$$

де K_{ym} – коефіцієнт уточнення за [2, табл. 29, с. 190].

$$\rho_3 = 0,06 \cdot 510 = 30,6 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення:

$\varepsilon_3 = 0,37 \text{ мм}$ – похибка закріплення в трикулачковому патроні за [2, табл. 4.10, с. 75].

Елементи припуску для точіння чистового: $Rz = 10 \text{ мкм}$ і $h = 15 \text{ мкм}$ для 10 квалітету за [2, табл. 24, с. 187]:

$$\rho_4 = 0,05 \cdot 30,6 = 1,53 \text{ мм.}$$

Похибку закріплення знаходимо за формулою (1.19)::

$$\varepsilon_4 = 0,04 \cdot \varepsilon_3. \quad (1.19)$$

$$\varepsilon_4 = 0,05 \cdot 370 = 18 \text{ мкм.}$$

Елементи припуску для шліфування.

$Rz = 5 \text{ мкм}$ и $h = 10 \text{ мкм}$ для 8 квалітетом за [2, табл. 24, с. 187]:

$$\rho_5 = 0,04 \cdot 1,53 = 0,061 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_5 = 0,04 \cdot 18 = 0,72 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.20):

$$2z_i = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (1.20)$$

$$2z_2^{\min} = 2 \cdot (80 + 100 + \sqrt{510^2 + 370^2}) = 1620 \text{ мкм} - \text{для чорнового точіння.}$$

$$2z_4^{\min} = 2 \cdot (20 + 20 + \sqrt{30,6^2 + 18^2}) = 151 \text{ мкм} - \text{для чистового точіння.}$$

$$2z_5^{\min} = 2 \cdot (10 + 15 + \sqrt{1,53^2 + 0,54^2}) = 103 \text{ мкм} - \text{для шліфування.}$$

Розраховуємо максимальний розмір за формулою (1.21):

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + Z_{i+1} + Td_i. \quad (1.21)$$

$$d_{5 \max} = d_{\text{ном}5} + EI + TD;$$

$$d_{5 \max} = 10,5 - 0,06 + 0,027 = 10,467 \text{ мм};$$

$$d_{3 \max} = 10,467 + 0,103 + 0,07 = 10,64 \text{ мм};$$

$$d_{2 \max} = 10,64 + 0,151 + 0,18 = 10,971 \text{ мм};$$

$$d_{1 \max} = 10,971 + 1,62 + 1,1 = 13,691 \text{ мм.}$$

Розраховуємо мінімальні розміри за формулою (1.22):

$$d_{i \min} = d_{i \max} - Td_i. \quad (1.22)$$

$$d_{5 \min} = 10,467 - 0,027 = 10,44 \text{ мм};$$

$$d_{3 \min} = 10,64 - 0,07 = 10,57 \text{ мм};$$

$$d_{2 \min} = 10,971 - 0,18 = 10,791 \text{ мм};$$

$$d_{1 \min} = 13,691 - 1,1 = 12,591 \text{ мм.}$$

Максимальне значення припусків знаходимо за формулою (1.23):

$$2z_{i \max} = d_{i-1 \max} - d_{i \min}. \quad (1.23)$$

$$2z_{2 \max} = 13,691 - 10,791 = 2,9 \text{ мм};$$

$$2z_{3max} = 10,971 - 10,57 = 0,401 \text{ мм};$$

$$2z_{5max} = 10,64 - 10,44 = 0,2 \text{ мм}.$$

Робимо перевірку розрахунків використовуючи контрольне правило за формулою (1.24):

$$2Z_{0max\ i} - 2Z_{0min\ i} = Td_1 + Td_6. \quad (1.24)$$

$$2Z_{0max\ i} = 13,691 - 10,44 = 3,251 \text{ мм};$$

$$2Z_{0min\ i} = 12,591 - 10,467 = 2,124 \text{ мм};$$

$$3,251 - 2,124 = 1,1 + 0,027 \text{ мм};$$

$$1,127 \text{ мм} = 1,127 \text{ мм}.$$

Всі розрахункові дані заносимо в табл. 1.6. Схему розташування припусків показано на рис. 1.5.

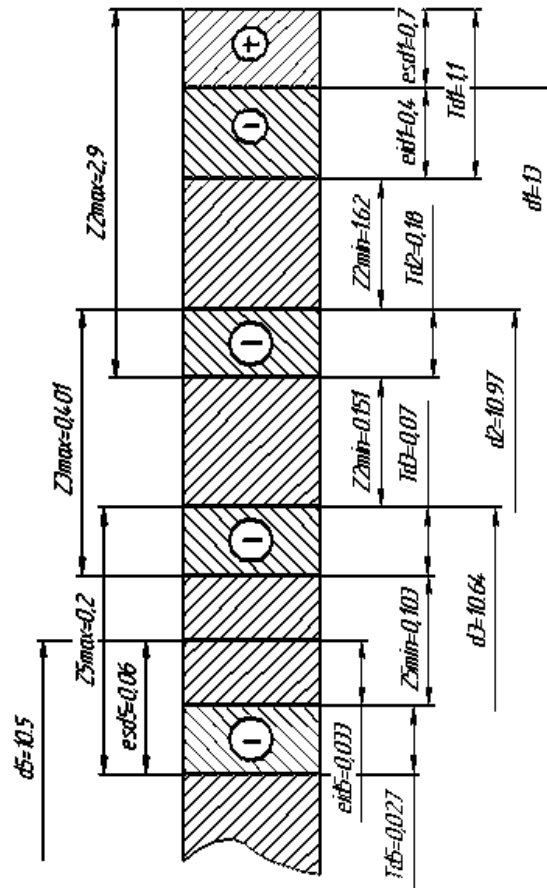


Рисунок 1.5 – Схема розташування припусків для поверхні $\text{Ø}10,5^{+0,033}_{-0,06}$.

Розрахунок інших міжопераційних припусків виконаємо табличним методом.

Поверхня 13– $\text{Ø}10,5^{+0,033}_{-0,06}$.

1. ТО.
2. Розточування чорнове: $2Z^{\min} = 3$ мм [2]
3. Розточування чистове: $2Z^{\min} = 1$ мм [2]
4. Розточування тонке: $2Z^{\min} = 0,5$ мм [2].

Поверхня 7 – $\text{Ø}6^{+0,018}$.

1. ТО.
2. Свердління $\text{Ø}3,7$: $2Z^{\min} = 3,7$ мм [2];
3. Зенкерування $\text{Ø}5,8$: $2Z^{\min} = 1,9$ мм [2];
4. Протягання $\text{Ø}6$: $2Z^{\min} = 0,2$ мм [2].

Розраховуємо мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.25):

$$d_{i \min} = d_{i+1 \min} - Z_{i+1} - Td_i. \quad (1.25)$$

$$\begin{aligned} d_{3 \min} &= 6 - 0 = 25 \text{ мм}; \\ d_{2 \min} &= 6 - 0,2 - 0,048 = 5,752 \rightarrow 5,8 \text{ мм}; \\ d_{1 \min} &= 5,8 - 0,12 - 1,9 = 3,68 \rightarrow 3,7 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальний розмір за формулою (1.26):

$$d_{i \max} = d_{i \min} + Td_i. \quad (1.26)$$

$$\begin{aligned} d_{3 \max} &= 6 + 0,018 = 6,18 \text{ мм}; \\ d_{2 \max} &= 5,8 + 0,048 = 5,848 \text{ мм}; \\ d_{1 \max} &= 6,7 + 0,12 = 3,82 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Максимальне значення припусків знаходимо за формулою (1.27):

$$2z_{i \max} = d_{i \max} - d_{i \min} \quad (1.27)$$

$$\begin{aligned} 2z_{3 \max} &= 5,848 - 3,7 = 2,148 \text{ мм}; \\ 2z_{2 \max} &= 6,018 - 5,8 = 0,218 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Робимо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило за формулою (1.28):

$$2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Td_1 + Td_6. \quad (1.28)$$

$$2Z_{0 \max} = 6,018 - 3,7 = 2,318;$$

$$2Z_{0\min i} = 6 - 3,82 = 2,18;$$

$$2,318 - 2,18 = 0,12 + 0,018;$$

$$0,138 \text{ мм} = 0,138 \text{ мм}.$$

Розрахунок інших міжопераційних припусків виконаємо табличним методом. Результати розрахунків показано в табл. 1.7 і на рис. 1.6.

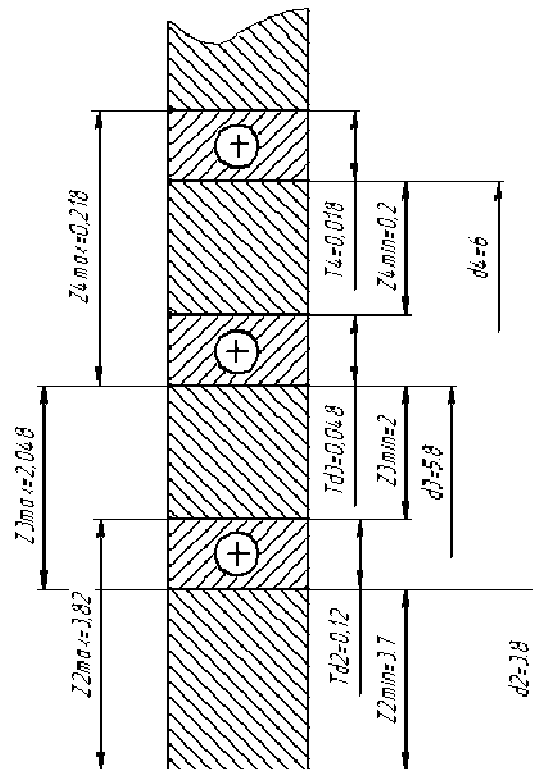


Рисунок 1.6 – Схема розташування припусків для поверхні $\varnothing 6^{+0,018}$

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку

Характеристика поверхні	Найменування технологічного переходу	Елементи припуску				Розрахунковий		Допуск	Граничне значення розмірів		Граничне значення припусків		Технологічний виконавчий розмір, <i>d/l</i> , мм
						припуск	розмір						
		<i>Rz</i>	<i>h</i>	ρ	ϵ	<i>Z</i> min, мм	<i>d</i> /l, мм		<i>d</i> max/ <i>l</i> max, мм	<i>d</i> min/ <i>l</i> min, мм	<i>Z</i> max, мм	<i>Z</i> min, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Пов. 2 –Ø10,5 ^{-0,033} _{-0,06} , зов. цил., Ra 1,6, Загот. – штамповка на пресі, IT17, Ra25	1. Заготовка	80	100	510	–	–	13	1,1	13,691	12,591	–	–	Ø 13 ^{+0,7} _{-0,4}
	2. ТО	–	–	3,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	3. Точін. чорн.	20	20	30,6	370	1620	10,97	0,18	10,971	10,791	2900	1620	Ø 10,97 _{-0,18}
	4. Точін. чист.	10	15	1,53	18	151	10,64	0,07	10,64	10,57	401	151	Ø 10,64 _{-0,07}
	5. Шлиф.	5	10	0,06	0,54	103	10,5	0,027	10,467	10,44	200	103	Ø 10,5 ^{-0,033} _{-0,06}
											3,251	2,124	
Пов. 13, внутр. цил., Ø 23 ^{+0,023} биття 0,025, Ra1,6, Загот. – штамповка на пресі	1. Заготовка					–	–	–	–	–	–	–	–
	2. ТО					–	–	–	–	–	–	–	–
	3. Розточ чорн.					3000	21,2	0,21	21,448	21,238	3210	3000	Ø 21,2 ^{+0,21}
	4. Розточ. чист.					1000	22,45	0,052	22,5	22,448	1262	1000	Ø 22,45 ^{+0,052}
	5. Тонке розт.					500	23	0,023	23,023	23	575	500	Ø 23 ^{+0,023}
											3,285	3,052	
Пов. 7, внутр. цил., Ø 6 ^{+0,018} биття 0,025, Ra1,6, Загот. – штамповка на пресі	1. Заготовка					–	–	–	–	–	–	–	–
	2. ТО					–	–	–	–	–	–	–	–
	3. Свердління					3700	3,7	0,12	3,82	3,7	3820	3700	Ø 3,7 ^{+0,12}
	4. Зенкерування					2000	5,8	0,048	5,848	5,8	2048	2000	Ø 5,8 ^{+0,048}
	5. Протягування					200	6	0,018	6,018	6	218	200	Ø 6 ^{+0,018}
											2,318	2,18	
Пов. 12, внутр. площ., 23,1 _{-0,14} биття 0,05, Ra3,2, Загот. – штамповка на пресі	1. Заготовка					–	–	–	–	–	–	–	–
	2. ТО					–	–	–	–	–	–	–	–
	3. Точ. чор. тор. А и Б					3000	24,65	0,21	24,65	24,44	3210	3000	24,65 _{-0,21}
	4. Точ. чис. тор. А и Б					1000	23,44	0,14	23,44	23,3	1350	1000	23,44 _{-0,14}
	5. Точ. чис. тор. А					200	23,1	0,14	23,1	22,96	480	200	23,1 _{-0,14}

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Пов. 1, зов. площ., 8 _{-0,15} биття 0,02, Ra3,2, Загот. — штамповка на пресі	1. Заготовка					—	13,2	1,1	13,6	12,5	—	—	13,2 ^{+0,4} _{-0,7}
	2. ТО					—	—	—	—	—	—	—	—
	3. Точ. чор. тор. А и Б					3000	9,56	0,21	9,56	9,35	3210	3000	9,56 _{-0,21}
	4. Точ. чос. тор. А и Б					1000	8,35	0,15	8,35	8,2	1360	1000	8,35 _{-0,15}
	5. Шліф. тор. Б					200	8	0,15	8	7,85	500	200	8 _{-0,15}

1.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій

Метою даного розрахунку є визначення для даної операції подачі, швидкості різання, підбір оборотів, а також призначення норм часу на дану операцію.

1.6.1 Операція 015 – Токарна

Обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК моделі АТПР-2М12СН. Ескіз представлено на рис. 1.7.

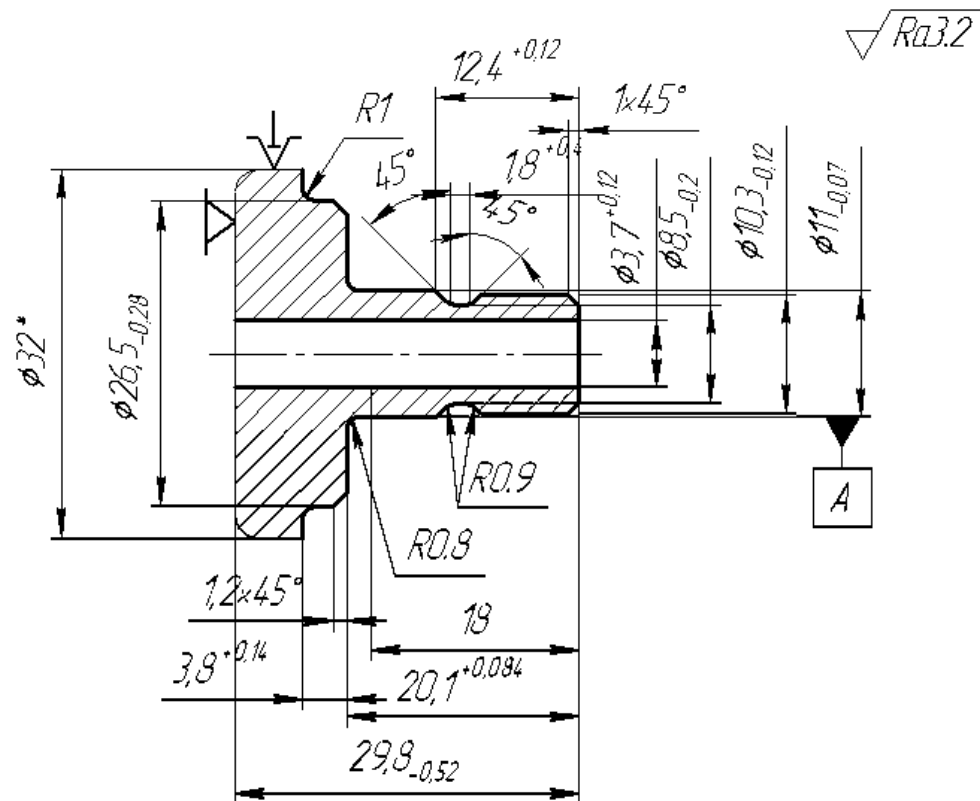


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз деталі

На даній операції буде проводитися чорнова і чистова обробка поверхонь.

Вибираємо різальний інструмент за [3, с. 119]:

1. Різець токарний прохідний ГОСТ 9795-73, $\varphi = 95^\circ$, державка 25x25x125, ВК8, R1.

2. Резец токарный проходный ГОСТ 9784–73, $\varphi = 95^\circ$, державка 25x25x125, BK8, R0,8

3. Різець токарний спеціальний (для канавки) ГОСТ 9795–73, $\varphi = 1^\circ$, R0,9, державка 25x25x125, BK8.

4. Свердло $\varnothing 3,7$ P18 ГОСТ 10902–77.

Розрахунок режимів різання.

Повздовжнє чорнове точіння: $\varnothing 28$, $\varnothing 11$, $\varnothing 10,97$.

Глибина різання:

$$t_{\text{чор}} = Z_{\text{max}} = 2,9/2 = 1,45 \text{ мм.}$$

Подача розраховується за формулою (1.29):

$$S = S^{\text{табл}} \cdot K_{S_n} \cdot K_{S_u} \cdot K_{S_z} \cdot K_{S_\phi} \cdot K_{S_{жс}} \cdot K_{S_m}, \quad (1.29)$$

де $S^{\text{табл}} = 0,33 \text{ мм/об}$ [3, стр. 238, табл. 28];

$K_{S_n} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, [3, табл. 30, с. 239];

$K_{S_u} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту, [3, табл. 30, с. 239];

$K_{S_\phi} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні, [3, табл. 30, с. 239];

$K_{S_{жс}} = 0,62$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість деталі [3, табл. 30, с. 239];

$K_{S_m} = 0,78$ – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу (IX група оброблюваності) [3, табл. 30, с. 239].

$$S_p = 0,33 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 0,78 = 0,1 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,1 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість головного руху знаходимо за формулою (1.30):

$$V_p = V^{табл} \cdot K_{VM} \cdot K_{VII} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VII} \cdot K_{VO}, \quad (1.30)$$

де $V^{табл} = 97$ м/хв [3, табл. 40, с. 246];

$K_{VM} = 1,1$ – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [3, табл. 1, с. 11];

$K_{VII} = 1$ – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу різальної частини інструменту [3, табл. 43, с. 247];

$K_{V\phi} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані [3, табл. 43, с. 247];

$K_{VT} = 0,53$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки [3, табл. 43, с. 247];

$K_{VЖ} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість деталі [3, табл. 43, с. 247];

$K_{VII} = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки [3, табл. 43, с. 247];

$K_{VO} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОТС [3, табл. 43, с. 247].

$$V_p = 97 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,53 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1 = 25,8 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}. \quad (1.31)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 25,8}{3,14 \cdot 32} = 257 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n = 250$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.32):

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (1.32)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 32}{1000} = 25 \text{ м/хв.}$$

Продольное чистове точіння Ø26,5, Ø10,3, Ø10,64.

Глибина різання:

$$t_{\text{чус}} = Z_{\text{max}} = 0,401/2 = 0,2 \text{ мм.}$$

Подача за формулою (1.29):

$$S^{\text{табл}} = 0,19 \text{ мм/об [3, табл. 28, с. 238].}$$

$$K_{Sn} = 1 \text{ [3, таб. 30, с. 239];}$$

$$K_{Su} = 1,0 \text{ [3, табл. 30, с. 239];}$$

$$K_{S\phi} = 0,8 \text{ [3, табл. 30, с. 239];}$$

$$K_{S\lambda} = 0,62 \text{ [3, табл. 30, с. 239];}$$

$$K_{Sm} = 0,78 \text{ [3, табл. 30, с. 239].}$$

$$S_p = 0,19 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 0,78 = 0,07 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,06 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість головного руху за формулою (1.30):

$$V_{\text{табл}} = 124 \text{ м/хв [3, табл. 40, с. 246].}$$

$$V_p = 124 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,53 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1 = 33 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 33}{3,14 \cdot 32} = 328 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n = 350 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.32):

$$V = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 32}{1000} = 35 \text{ м/хв.}$$

Перехід 3. Свердління

Глибина свердління:

$$t = 3,7/2 = 1,85 \text{ мм.}$$

Подача за формулою (1.29):

$$S^{\text{табл}} = 0,07 \text{ мм/об [3, табл. 64, с. 267];}$$

$$K_{Sl} = 0,7 \text{ [3, табл. 65, с. 267];}$$

$$K_{S_{\text{жс}}} = 0,75 \text{ [3, табл. 65, с. 267];}$$

$$K_{Su} = 1,0 \text{ [3, табл. 65, с. 267];}$$

$$K_{Sd} = 1,0 \text{ [3, табл. 65, с. 267];}$$

$$K_{Sm} = 0,75 \text{ [3, табл. 65, с. 267].}$$

$$S_p = 0,07 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,014 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,03 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою (1.30):

$$V_{\text{табл}} = 10,4 \text{ м/хв [3, табл. 70, с. 273];}$$

$$K_{VM} = 1,1 \text{ [3, табл. 1, с. 11];}$$

$$K_{VI} = 0,67 \text{ [3, табл. 71 с. 274];}$$

$$K_{Vd} = 0,9 \text{ [3, табл. 71, с. 274];}$$

$$K_{Vl} = 0,65 \text{ [3, табл. 71, с. 274];}$$

$$K_{Vo} = 1,0 \text{ [3, табл. 71, с. 274].}$$

$$V_p = 10,4 \cdot 1,1 \cdot 0,67 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1 = 4,5 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 4,5}{3,14 \cdot 3,8} = 377 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n = 350 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.32):

$$V = \frac{3,14 \cdot 3,8 \cdot 350}{1000} = 4,2 \text{ м/хв.}$$

Перехід 4. Точіння канавки.

Глибина різання:

$$t = 1,8 \text{ мм.}$$

Подачу розраховуємо за формулою (1.29):

$$S^{\text{табл}} = 0,05 \text{ мм/об [3, табл. 29, с. 238];}$$

$$K_{Sn} = 0,8 \text{ [3, табл. 30, с. 239];}$$

$$K_{Su} = 1,0 \text{ [3, табл. 30, с. 239];}$$

$$K_{S\phi} = 0,8 \text{ [3, табл. 30, с. 239];}$$

$$K_{S_{\text{жс}}} = 0,62 \text{ [3, табл. 30, с. 239];}$$

$$K_{S_M} = 0,78 \text{ [3, табл. 30, с. 239].}$$

$$S_p = 0,05 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 0,78 = 0,015 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,03 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою (1.30):

$$V_{\text{табл}} = 164 \text{ м/хв [3, табл. 40, с. 246];}$$

$$K_{VM} = 1,1, \text{ [3, табл. 1, с. 11];}$$

$$K_{VE} = 1, \text{ [3, табл. 43, с. 247];}$$

$$K_{V\phi} = 0,87, \text{ [3, табл. 43, с. 247];}$$

$$K_{VT} = 0,53, \text{ [3, табл. 43, с. 247];}$$

$$K_{VЖ} = 0,7, \text{ [3, табл. 43, с. 247];}$$

$$K_{VII} = 0,75, \text{ [3, табл. 43, с. 247];}$$

$$K_{VO} = 1,0, \text{ [3, табл. 43, с. 247].}$$

$$V_p = 164 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,53 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 1 = 43,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 43,6}{3,14 \cdot 11} = 1262 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n = 1250 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.32):

$$V = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 1250}{1000} = 43 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо основний машинний час обробки за формулою (1.33):

$$t_0 = \frac{l + l_{ep} + l_{nep}}{S \cdot n} \cdot i, \quad (1.33)$$

де l_{ep} – довжина врізання, мм;

l_{nep} – довжина перебіга, мм;

l – довжина різання, мм;

i – кількість проходів.

Повздовжнє точіння чорнове:

$$t_o = \frac{2 + 3 + 4 + 2 + 6,5 + 7,5 + 7,5 + 12,4 + 4 + 2}{250 \cdot 0,1} \cdot 2 = 7,5 \text{ хв.}$$

Повздовжнє точіння чистове:

$$t_o = \frac{2 + 2,7 + 3,8 + 2 + 6,5 + 7,5 + 12,4 + 4}{350 \cdot 0,06} \cdot 2 = 3,9 \text{ хв.}$$

Свердління:

$$t_o = \frac{29,8 + 2 + 1}{350 \cdot 0,03} \cdot 1 = 3,12 \text{ хв.}$$

Точіння канавки:

$$t_o = \frac{2 + 2 + 1,8 + 2 + 2}{1250 \cdot 0,03} \cdot 2 = 0,53 \text{ хв.}$$

$$t_{\Sigma o} = \sum t_{io} = 7,5 + 3,9 + 0,53 + 3,12 = 15,05 \text{ хв.}$$

Допоміжний час знаходимо за формулою (1.34):

$$t_{don} = t_{в.у} + t_{м.в} + t_{yc} + t_{np} + t_{yn} + t_k \quad (1.34)$$

де $t_{в.у} = 0,15 \text{ хв}$ – час на встановлення деталі в пристосуванні вручну [4, с. 435, карта 62];

$t_{yn} = 0,03 \text{ хв}$ – час на вмикання вимикання верстата [4, с. 618, карта 23];

$t_{м.в} = 0,03 \text{ хв}$ – засунути і відвести щиток [4, с. 618, карта 23];

$t_{yc} = 0,1 \text{ хв}$ – підведення інструменту в початкове положення [4, с. 618, карта 23];

$t_{np} = 0,07 \text{ хв}$ – поворот інструментального блоку [4, с. 618, карта 23];

$t_k = 0,1$ хв – час на контроль [4, с. 618, карта 23].

$$t_{don} = 2 \cdot 0,15 + 0,03 + 0,03 + 0,1 + 0,07 + 0,1 = 0,63 \text{ хв.}$$

Оперативний час знаходимо за формулою (1.35):

$$t_{on} = t_o + t_{don} \quad (1.35)$$

$$t_{on} = 15,05 + 0,63 = 15,68 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.36):

$$t_{шт} = t_{on} + \frac{(\alpha_{i\ddot{a}\tilde{n}\ddot{e}} + \alpha_{i\ddot{o}\ddot{a}}) \cdot t_{\ddot{u}}}{100}, \quad (1.36)$$

де $\alpha_{обсл}$, $\alpha_{отд}$ – відсоток часу від оперативного на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби, $\alpha_{обсл} + \alpha_{отд} = 8\%$ [4, с. 605].

$$t_{on} = 15,68 \cdot 1,08 = 16,93 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно–калькуляційний час за формулами (1.37), (1.38):

$$t_{um-\kappa} = t_{um} + \frac{t_{i.\varphi}}{n} \quad (1.37)$$

$$t_{n.3} = t_{n.31} + t_{n.3.2}, \quad (1.38)$$

де $t_{n.31}$ – підготовчо–заключний час, що включає:

$t_{n.31} = 8$ хв – час на наладку пристосування, заміну інструментального блоку, настройку нуля супорта, установку програмоносія, прискорене опрацювання програми в холостому режимі [4, с. 618, карта 32];

$t_{n.32} = 18$ хв – підготовчо–заключний час на додаткові роботи [4, с. 618, карта 32].

$$t_{п.3} = 18 + 7 = 25 \text{ хв.}$$

Таким чином:

$$t_{\text{шт-к}} = 16,93 + \frac{25}{18} = 17,07 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 045 – Протяжна

Ця операція здійснюється на протяжному верстаті 7Б55. Ескіз операції представлено на рис. 1.8.

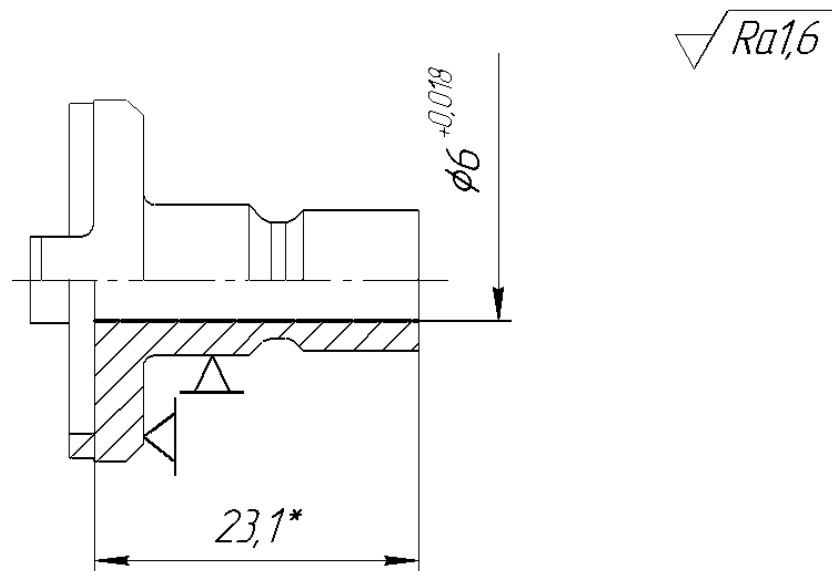


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз деталі

В якості інструменту використовуємо круглу спеціальну протяжку Ø6Н8, матеріал різальної частини Р18, довжина протягання 500 мм.

Розрахунок режимів різання.

Глибина різання знаходиться за формулою (1.39):

$$t = \frac{D_{\text{нар}} - D_{\text{внутр}}}{2}. \quad (1.39)$$

$$t = \frac{6 - 5,8}{2} = 0,1.$$

Вибір подачі:

$S = 0,01$ мм/зуб – табличне значення подачі [3, табл. 105, с. 275].

Швидкість різання визначається за формулою (1.40) [3, с. 298]:

$$V = \frac{61200 \cdot N}{P \cdot \sum B} \eta, \quad (1.40)$$

де 61200 – постійна до розрахунку швидкості різання при протягуванні отворів;

$N = 18,5$ кВт – потужність верстата [3, табл. 52, с. 299];

$\eta = 0,8$ – ККД верстата [3, табл. 52, с. 299];

$P = 232$ Н – сила різання на 1 мм довжини леза [3, табл. 43, с. 296].

Периметр різання знаходимо за формулою (1.41):

$$\sum B = B \cdot Z_{\max}, \quad (1.41)$$

де $Z_{\max} = 8$ – максимальна кількість одночасно працюючих зубів протяжки;

$B = \pi D = 6 \cdot 3,14 = 18,8$ мм – периметр різання, який дорівнює довжині оброблюваного контуру заготовки.

$$\sum B = 18,8 \cdot 8 = 150 \text{ мм.}$$

$$V = \frac{61200 \cdot 18,5}{232 \cdot 150} \cdot 0,8 = 1,2 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок основного часу виконуємо за формулою (1.42):

$$t_o = \frac{L_{\text{прот.}}}{V}, \quad (1.42)$$

де $L_{\text{прот.}} = 500$ мм – довжина протяжки [4, табл. 56, с. 164].

$$t_o = \frac{0,50}{1,2} = 0,4 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час за формулою (1.34):

$t_{\text{вст}} = 0,25$, [4, с. 618, карта 32];

$t_{ynp} = 0,45$, [4, с. 618, карта 32];

$t_{izm} = 0,1$ [4, с.618, карта 32].

$$t_{oon} = 0,25 + 0,45 + 0,1 = 0,8 \text{ хв.}$$

Оперативний час за формулою (1.35):

$$t_{on} = 0,4 + 0,8 = 1,2 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається за формулою (1.36):

$$t_{um} = 1,2 \cdot 1,09 = 1,32 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо–заключний час за формулою (1.38):

$t_{п.31} = 8$ хв, [4, с. 618, карта 32];

$t_{п.32} = 4 + 2 + 7 + 2 + 3 = 18$ хв [4, с. 618, карта 32].

$$t_{п.3} = 18 + 7 = 25 \text{ хв.}$$

Штучно–калькуляційний час за формулою (1.37):

$$t_{шт-к} = 1,32 + \frac{25}{180} = 1,45 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 055 – Свердлильна

Ескіз операції представлено на рис. 1.9.

Операція виконується на радіально–свердлильному верстаті 2М112.

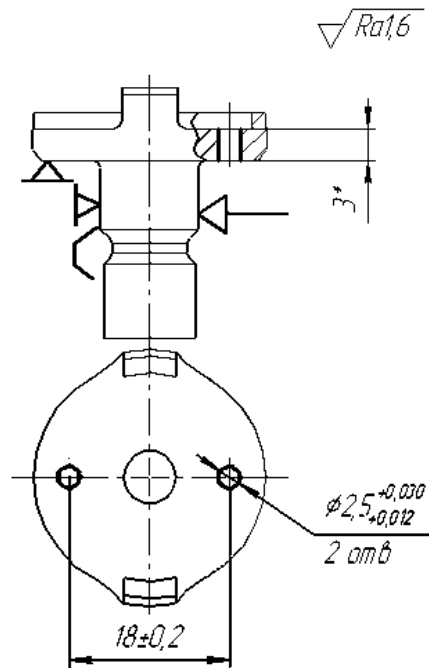


Рисунок 1.9– Операційний ескіз деталі оп. 055

Інструмент: свердло спіральне ліве $\varnothing 2,4$, P18, ГОСТ 10902–77.

Розгортка: $\varnothing 2,5$, P18, ГОСТ 1672–80.

Розрахунок режимів різання

Глибина різання:

$$t_{свер} = d_{св}/2 = 2,4/2 = 1,2 \text{ мм}, t_{розгор.} = 0,05 \text{ мм}.$$

Перехід 1. Свердління.

Подачу знаходимо за формулою (1.29):

$$S^{табл} = 0,04 \text{ мм/об [3, табл. 64, с. 267];}$$

$$K_{Sl} = 1 \text{ [3, табл. 65, с. 267];}$$

$$K_{S_{жс}} = 0,75 \text{ [3, табл. 65, с. 267];}$$

$$K_{Sd} = 1,0 \text{ [3, табл. 65, с. 267];}$$

$$K_{Sm} = 0,55 \text{ [3, табл. 65, с. 267].}$$

$$S_p = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,015 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,03 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою (1.30):

$$V_{табл} = 35 \text{ м/хв.}, [3, \text{табл. 68, с. 271}];$$

$$K_{VM} = 1,1 [3, \text{табл. 1, с. 11}];$$

$$K_{VI} = 0,86 [3, \text{табл. 69, с. 272}];$$

$$K_{Vd} = 0,9 [3, \text{табл. 69, с. 272}];$$

$$K_{Vl} = 0,8 [3, \text{табл. 69, с. 272}];$$

$$K_{Vo} = 1,0 [3, \text{табл. 69, с. 272}].$$

$$V_p = 35 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,86 \cdot 1 = 23,8 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 23,8}{3,14 \cdot 2,5} = 3036 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстату: $n = 2000 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.32):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 2000}{1000} = 16 \text{ м/хв.}$$

Перехід 2. Розгортання.

Подача за формулою (1.29):

$$S^{табл} = 0,04 \text{ мм/об} [3, \text{табл. 64, с. 267}];$$

$$K_{Sl} = 1, [3, \text{табл. 86, с. 285}];$$

$$K_{Sж} = 0,75, [3, \text{табл. 86, с. 285}];$$

$$K_{Su} = 1,0, [3, \text{табл. 86, с. 285}];$$

$$K_{Sd} = 1,0, [3, \text{табл. 86, с. 285}];$$

$$K_{Sm} = 0,55, [3, \text{табл. 86, с. 285}].$$

$$S_p = 0,04 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,015 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,03 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою (1.30):

$$V_{табл} = 4,6 \text{ м/хв} [3, \text{табл. 92, с. 288}];$$

$$K_{VM} = 0,68 [3, \text{табл. 1, с. 11}];$$

$$K_{VII} = 0,86 \text{ [3, табл. 94, с. 289];}$$

$$K_{Vd} = 0,9 \text{ [3, табл. 94, с. 289];}$$

$$K_{VI} = 0,8 \text{ [3, табл. 94, с. 289];}$$

$$K_{VO} = 1,0 \text{ [3, табл. 94, с. 289].}$$

$$V_p = 4,6 \cdot 0,68 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,86 \cdot 1 = 1,9 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 1,9}{3,14 \cdot 2,5} = 246 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n = 250 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.32):

$$V = \frac{3,14 \cdot 2,5 \cdot 250}{1000} = 1,96 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо основний час обробки за формулою (1.33):

$$t_0 = \frac{1 + 3 + 2}{0,03 \cdot 2000} \cdot 2 + \frac{1 + 3 + 2}{0,03 \cdot 250} \cdot 2 = 1,8 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.34):

$$t_{don} = 0,4 + 0,03 + 0,6 + 0,03 = 1,06 \text{ хв.}$$

Оперативний час за формулою (1.35):

$$t_{оп} = t_0 + t_{don} = 1,8 + 1,06 = 2,86 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.36):

$$\alpha_{обсл} + \alpha_{отд} = 10\%. \text{ [4, с. 607].}$$

$$t_{шт} = 2,86 \cdot 1,1 = 3,14 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно – калькуляційний час за формулою (1.37):

$$t_{н.з} = 20 \text{ хв [4, с. 267, карта 32].}$$

Таким чином:

$$t_{шт-к} = 3,14 + \frac{20}{180} = 3,25 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.8 – Результати розрахунку режимів різання і норм часу

Номер і назва операції	Номер переходу	Режими резания						Норми часу			
		Глибина різання t , мм	Кількість проходів i	Довжина різання $L_{різ}$, мм	Подача S , мм/об	Швидкість різання V , м/хв	Частота обертання шпинделя n , об/хв	Основний час t_o , хв	Допоміжний час $t_{доп}$, хв	Штучний час $t_{шт}$, хв	Штучно-калькуляційний час $t_{шт-к}$, хв
015 Токарна с ЧПК	01	1,6	2	50,9	0,1	25	250	15,05	0,63	16,93	17,07
	02	0,4	2	40,9	0,06	35	350				
	03	1,9	1	29,8	0,03	4,2	350				
	04	1,8	2	9,8	0,03	43	1250				
020 Токарна с ЧПК	01	2	2	43	0,1	26	250	13,2	0,63	15,2	15,33
	02	0,5	2	36	0,06	32	350				
	03	1	1	23,1	0,06	5,3	350				
	04	1,5	2	23	0,06	45	1250				
030 Фрезерна с ЧПК	01	1	10	87	50мм/хв	25	500	0,8	1,2	2,2	2,35
040 Плоско-шліфувальна	01	0,2	2	26,5	0,005	35	1670	1,2	0,8	2,2	2,3
045 Протяжна	01	0,2	1	23,1	0,01	1,2	—	0,4	0,8	1,32	1,45
050 Протяжна	01	2,5	1	6,3	0,01	1,2	—	0,8	0,8	1,76	1,9
055 Свердлильна	01	1,2	2	3	0,03	16	2000	1,8	1,06	3,14	3,25
	02	0,05	2	3	0,03	1,96	250				
060 Свердлильна	01	0,5	2	1,7	0,03	2	250	1,3	1,06	2,6	2,73
065 Шліфувальна	01	0,2	1	6,75	0,002	35/45	1670/1500	0,4	1,33	1,9	2,03
070 Токарна	01	0,5	2	8,5	0,06	35	350	1,1	0,8	2,09	2,22
075 Шліфувальна	01	0,18	1	0,18	0,002	34,9/31	1670/1000	0,15	1,33	1,6	1,75
080 Різьбо-шліфувальна	01	1	3	10	1	14/45	600/1670	2,1	1,2	3,63	3,76
085 Фрезерна	01	12	4	5	50мм/хв	12	350	4	1,2	5,72	5,85

1.7 Розробка технологічних операцій для верстатів з ЧПУ з використанням пакету NX

Використання верстатів з ЧПК є одним із способів підвищення продуктивності та ефективності і гнучкості виробництва.

Основні переваги верстатів з ЧПК включають в себе:

- поєднання кращих якостей універсального обладнання, безлічі інструментальних напівавтоматичних верстатів, можливість отримання необхідної точності обробки методом тестових проходів і автоматична підгонка за розміром з урахуванням корекції на знос інструменту, термічний деформації, пружні натискання і інші помилки;
- швидке регулювання верстата при переході на обробку деталей іншого типорозміру;
- гнучкі автоматичні лінії, де обробляються заготовки різних видів продукції: від штучних до масових;
- можливість суміщення великої кількості операцій обробки на верстатах типу «обробний центр» до повного виготовлення деталі;
- підвищення продуктивності за рахунок скорочення додаткового часу і обслуговування декількох верстатів одночасно.

1.7.1 Розробка токарної операції 020

Для операції 020 розробимо керуючу програму (КП) для токарного верстата з ЧПК за допомогою комп'ютерного пакету NX (CAM-модуля).

Токарна операція містить: підрізку торця, зовнішнє точіння, зенкерування, розточування.

Розробка КП має декілька основних кроків:

- вибір ріжучих інструментів у базі даних;
- режими різання;
- формування траєкторії руху інструментів;

- створення КП;
- моделювання— симуляція процесів;
- коректировка та утвердження програм.

Більшість із цих шагів – автоматизований процес, забезпечений можливостями NX. Графічні зображення переходів з елементом створеної та скоректованої програми показано на рис. 1.10 – 1.13.

Перехід 1 – зенкерування центрального отвору.

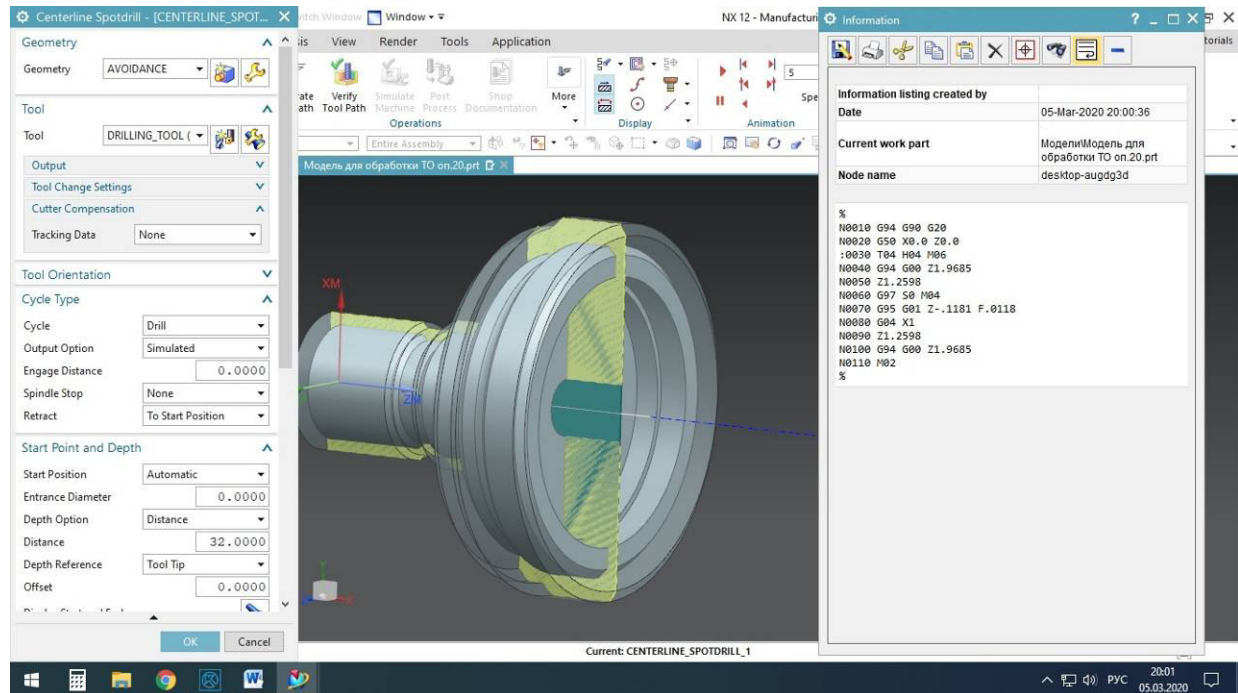


Рисунок 1.10 – Траєкторія зенкера, припуск, що знімається (темно-зелений) та програма, сформована в G-кодi

Перехід 2 – Торцеве поперечне точіння – підрізка торця, однопрохідна обробка. Візуалізацію обробки виконано за допомогою програми Siemens NX 12. Графічне зображення другого переходу див. рис. 1.11.

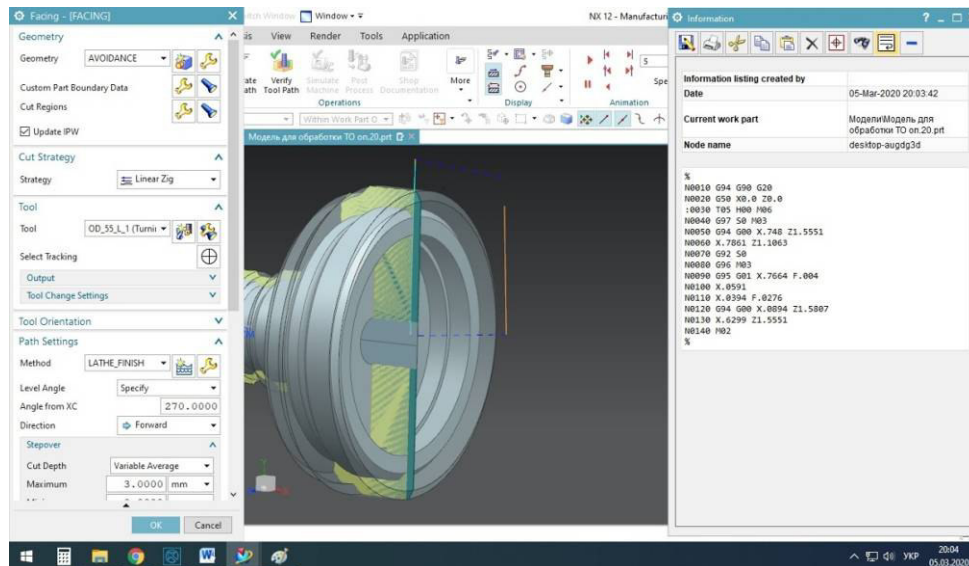


Рисунок 1.11 – Траєкторія підрізного різця, припуск, що знімається (темно-зелений) та програма, сформована в G-кодi

Перехід 3 – Зовнішнє повздовжнє точіння – також однопрохідна обробка. Візуалізацію див. рис. 1.12.

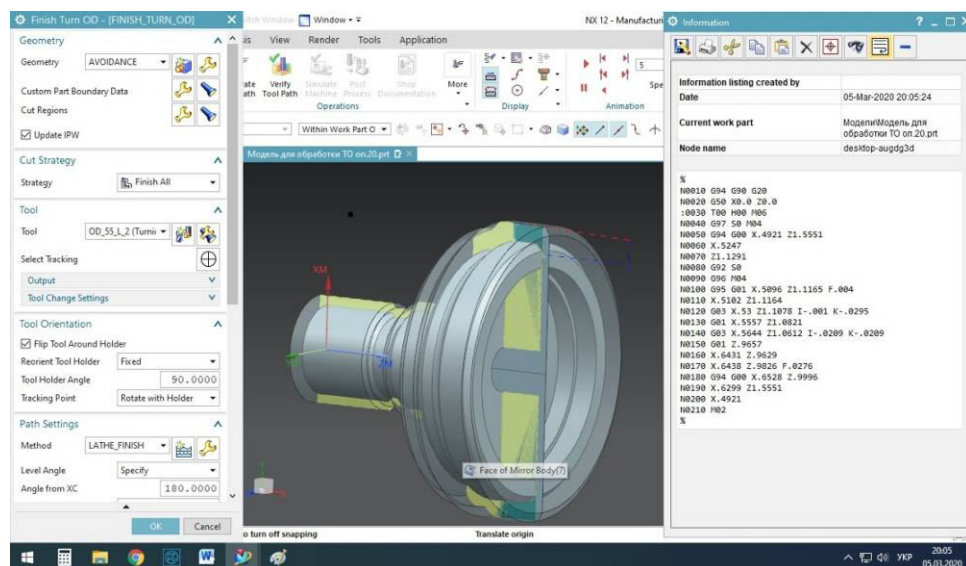


Рисунок 1.12 – Траєкторія токарного прохідного різця, припуск, що знімається, та програма 3-го переходу, сформована в G-кодi

Перехід 4 – Розточування торцевої порожнини – багатопрохідна обробка (8 формоутворюючих проходів та 1 чистовий завершальний). Графічне зображення траєкторії четвертого переходу див. рис. 1.13.

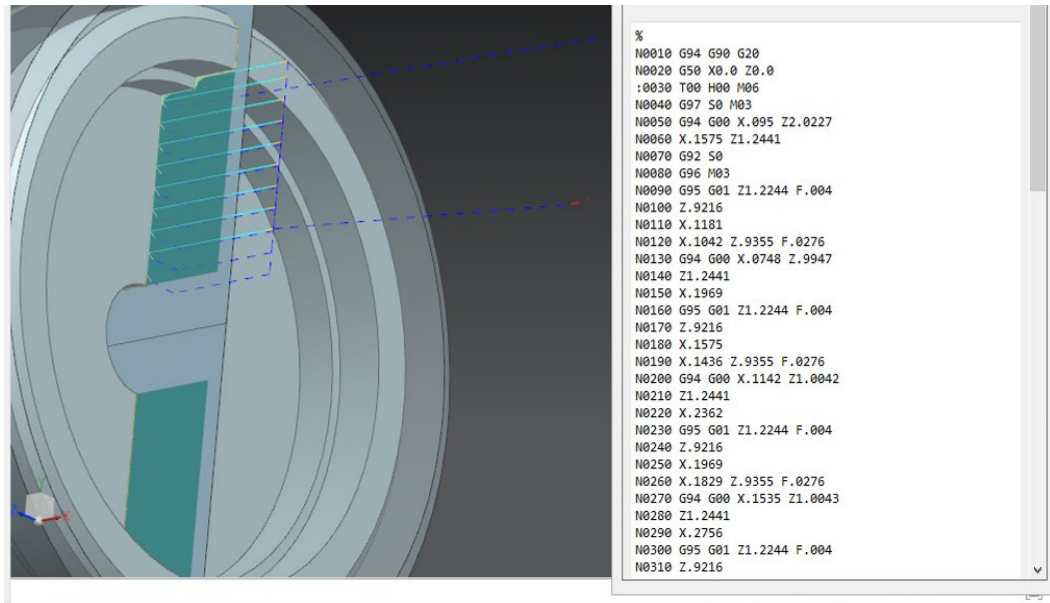


Рисунок 1.13 – Багатопрохідна траєкторія розточувального різця, припуск, що знімається, та елемент програми 4-го переходу оп.020, сформована в G-кодi

1.7.2 Розробка свердлильної операції 055

Для операції 055 розробимо керуючу програму (КП) для свердлення двох наскрізних отворів, розташованих діаметрально один до одного. Ескіз та графічні зображення основних етапів розробки КП цієї операції показано на рис. 1.14–1.16.

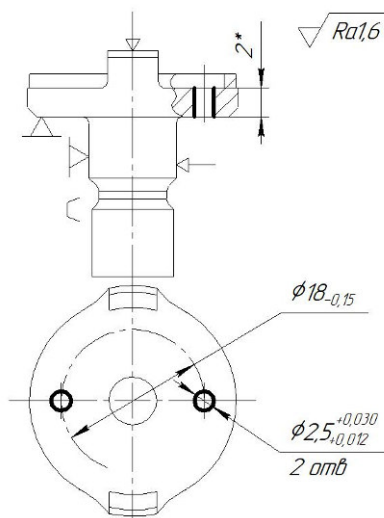


Рисунок 1.14– Операційний ескіз свердлильної операції 055

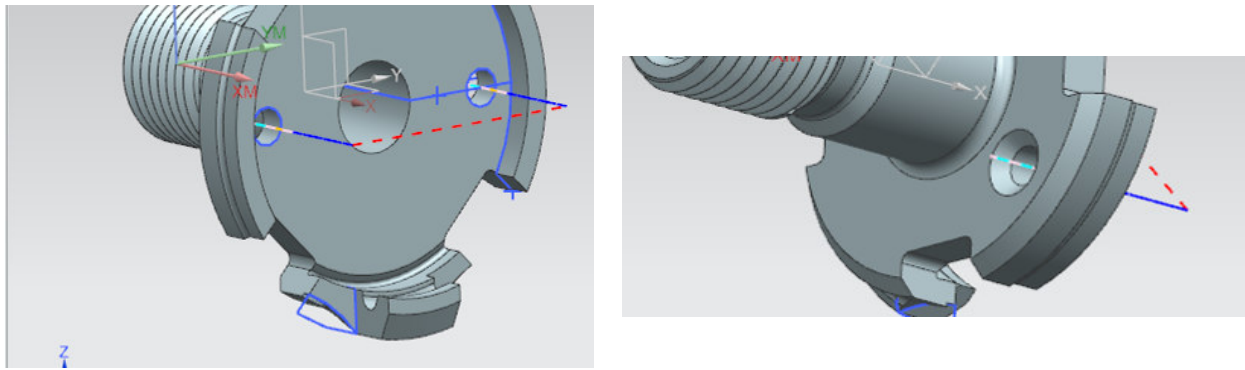


Рисунок 1.15 – Траєкторія свердла з двох боків фланця деталі

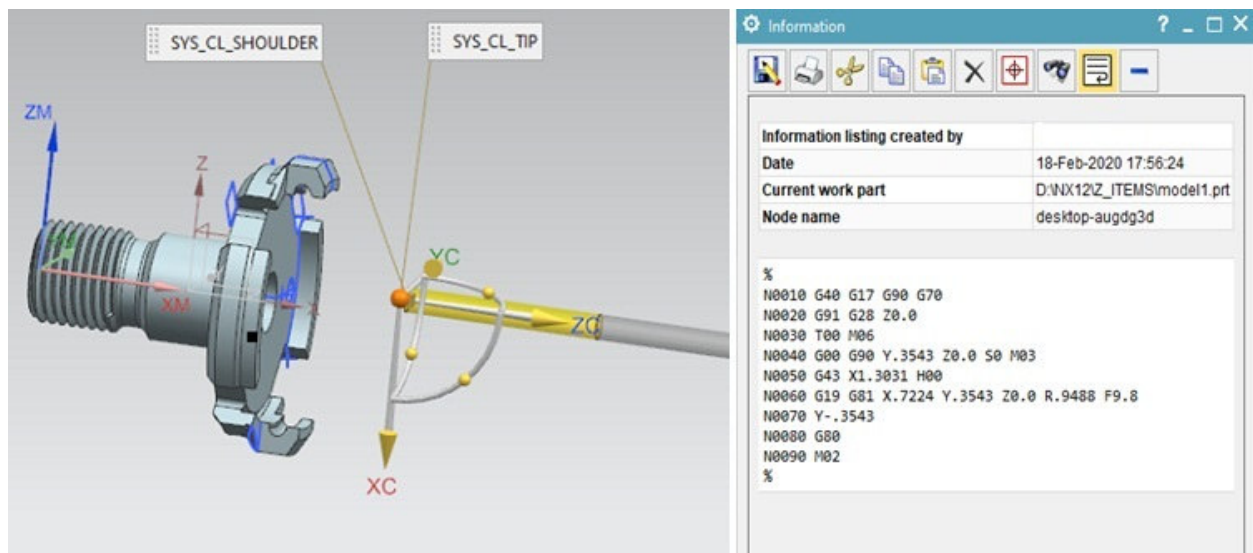


Рисунок 1.16 – Розташування свердла і деталі та програма операції 055, сформована в G-кодi

1.7.3 Розробка фрезерної операції 085

Для фрезерування 4-х пазів, розташованих на ободній частині фланця корпусу під прямим кутом один до одного (оп. 085) розробимо КП. Ескіз та графічні зображення основних етапів розробки КП цієї операції показано на рис.1.17, 1.18.

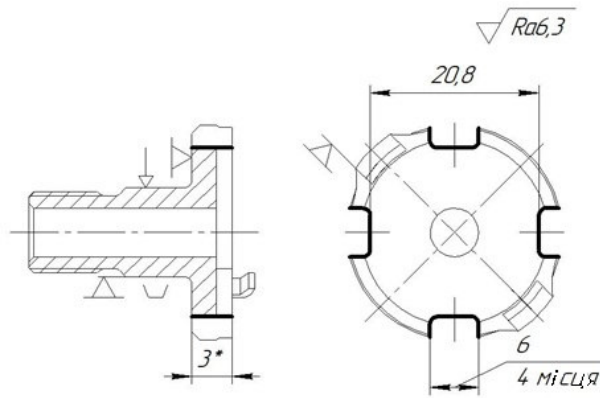


Рисунок 1.17– Операційний ескіз фрезерної операції 085

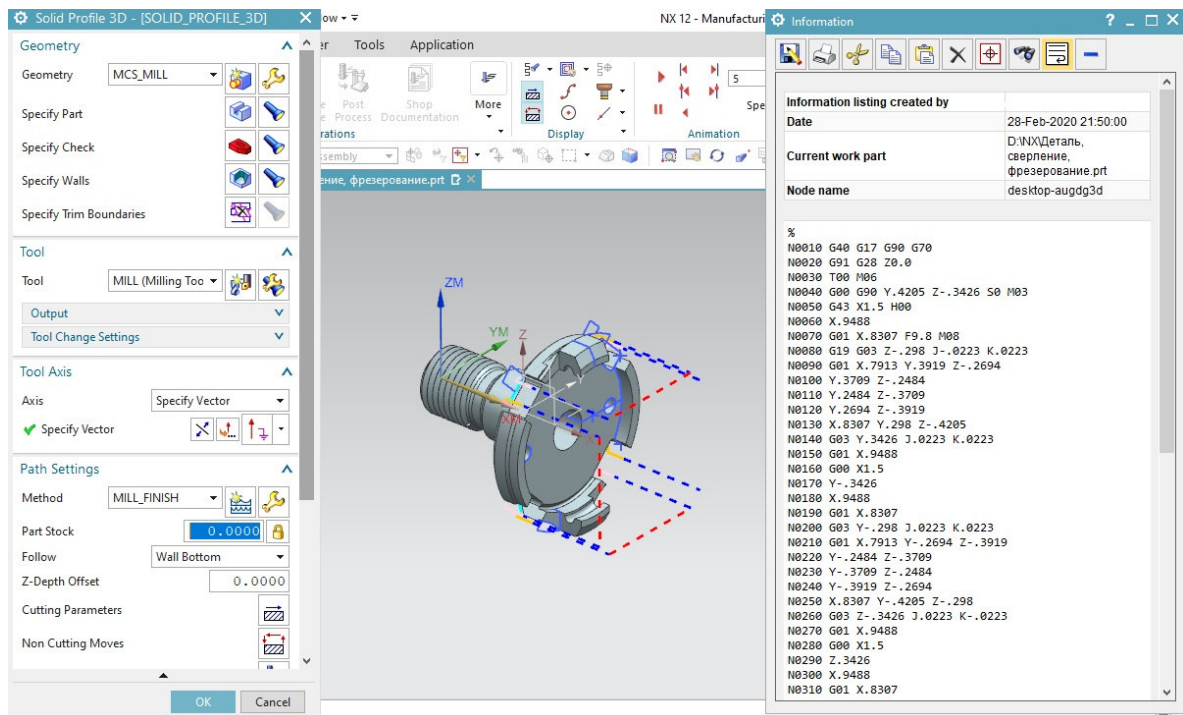


Рисунок 1.18 – Траєкторія фрези та фрагмент програми операції 085

Використання верстатів з ЧПК різних видів і типів з різними технологічними можливостями і вартістю дає можливість скоротити час виконання операцій та частково, а іноді повністю їх автоматизувати.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування призначене для свердління двох отворів $\varnothing 2,5$ мм. Воно складається з корпусу, плити, кондукторної плити зі швидкозмінними втулками і пневмоциліндра.

Деталь встановлюється в призму 22, базується по крайньому торцю. Збоку встановлюється притиск 7. Після цього в пневмоциліндр подається повітря, яке тисне на поршень 3, який в свою чергу, тягне за собою шток 4 і коромисло 6, притискає деталь до призми 22 притиском 7. Після обробки тиск повітря подається в запоршневую порожнину, шток переміщається вправо, знімається притиск 7 і деталь.

Схема сверлильного пристосування зображено на рис. 2.1.

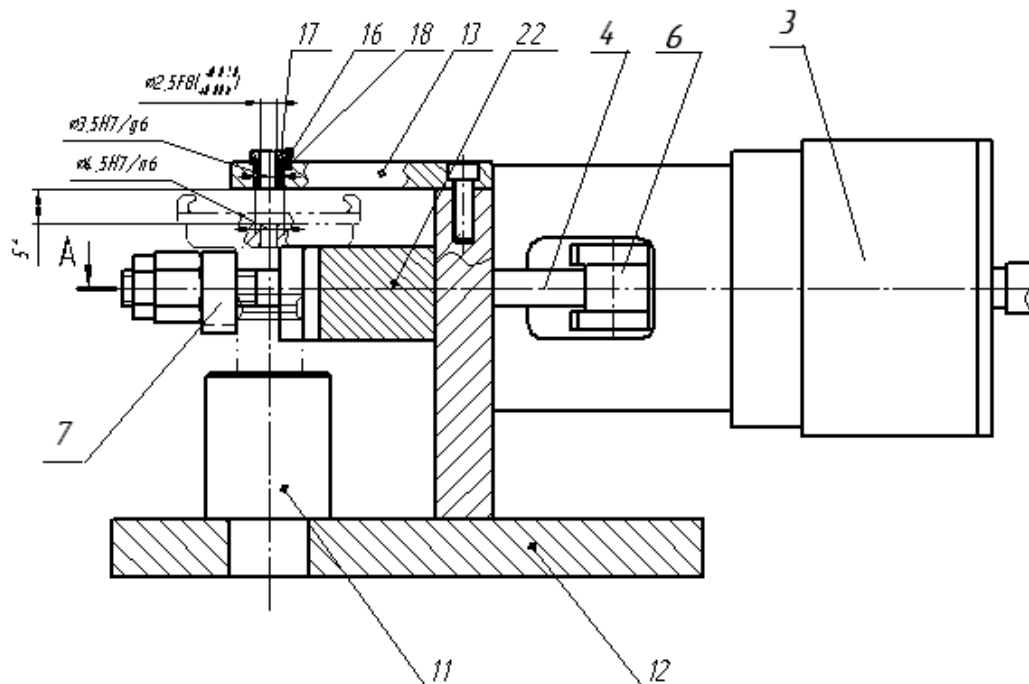


Рисунок 2.1 – Ескіз сверлильного пристосування

2.1.2 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі і розрахунок похибки установки

Похибка установки це визначена та обґрунтована різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір різального інструменту [5, 6]. Знаходимо за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{уст} = \sqrt{\varepsilon_{зак}^2 + \varepsilon_{баз}^2}, \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{баз}$ – похибка базування, мм;

$\varepsilon_{закр}$ – похибка закріплення, мм.

Похибка базування – частина похибки установки, викликана неспівпадінням вимірювальної і настроювальної баз.

Похибка закріплення виникає в тому випадку, коли напрям сили затиску або її складової збігається з розміром обробки (рис. 2.2).

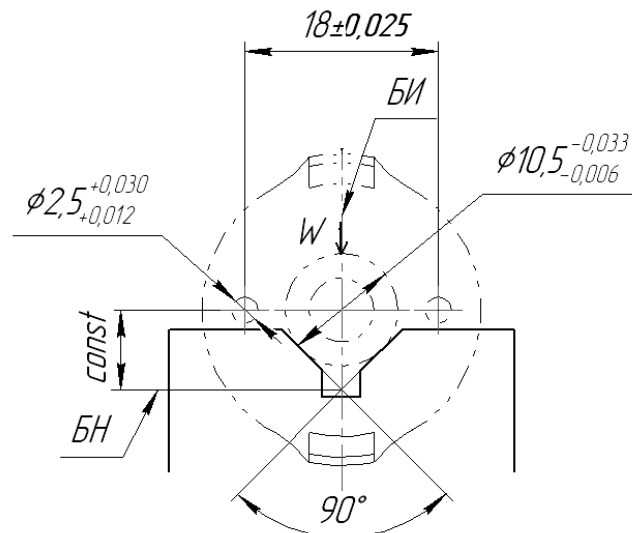


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі

Похибка базування: $\varepsilon_{баз} = 0$ мм, тому, що настроювальна база є перпендикулярною до вимірювальної.

Похибка закріплення: $\varepsilon_{закр} = 0$ мм, через те, що напрям сили та розмір обробки перпендикулярні.

Похибка установки:

$$\varepsilon_{уст} = 0.$$

Розрахована похибка установки відповідає заданій точності обробки.

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок полягає у визначенні виконавчих розмірів на розташування вісей кондукторних втулок і допусків на ці розміри. На рис. 2.3 приведено розрахункову схему.

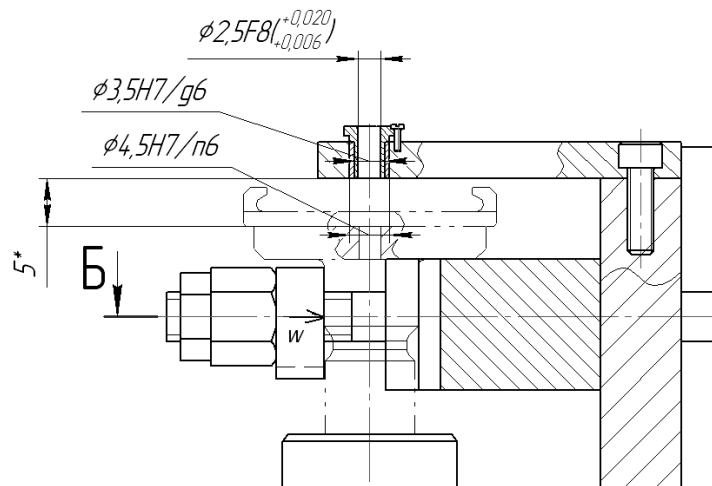


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку на точність свердлильного пристосування

Знайдемо розміри за номіналом між вісями кондукторних втулок. Допуски на оброблені отвори задаються симетрично: $L_{kl} = L_{dl} = 18$ мм.

Розраховуємо допуск на розмір кондукторних втулок L_{kl} , L_{dl} за формулою (2.2) [5].

$$T_k \leq T_0 - \kappa \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_s^2 + \left(\Delta_1 \frac{(H + 2(a + b))^2}{H} \right) + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2}, \quad (2.2)$$

де $T_0 = 0,2$ мм,

$k = 1, 2$;

$\varepsilon_{\text{баз}} = \varepsilon_{\text{зак}} = 0$;

Δ_1 – частка похибки обробки, що залежить від зсуву вісі свердла щодо вісі отвору змінної втулки, знаходимо за формулою (2.3):

$$\Delta_1 = S_{lmax} = d_{cm.max} - d_{cv.min}. \quad (2.3)$$

$$\Delta_1 = 2,52 - 2,47 = 0,05 \text{ мм.}$$

Δ_2 – частка похибки обробки, що залежить від зсуву вісі змінної втулки відносно постійної, знаходимо за формулою (2.4):

$$\Delta_2 = S_{2max} = d_{max} - d_{0min} \quad (2.4)$$

$$\Delta_2 = 3,512 - 3,488 = 0,024 \text{ мм.}$$

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням вісі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок:

$$\Delta_3 = 2e = 0,01 \text{ мм.}$$

Δ_4 – частка похибки обробки, що залежить від величини допустимого зношення:

$$\Delta_4 = 0,02 \text{ мм.}$$

Δ_5 – частка похибки обробки, що враховує перекося інструменту в процесі обробки (рис. 2.4).

$H = 6$ мм – висота швидкозмінної втулки, $b = 3$ мм – глибина свердління

Зазор між кондукторною плитою і деталлю знаходимо за формулою (2.5):

$$a = (0,5-0,8)d_{cv} \quad (2.5)$$

$$a = (0,5 - 0,8)d_{cv} = 0,8 \cdot 2,5 = 2 \text{ мм.}$$

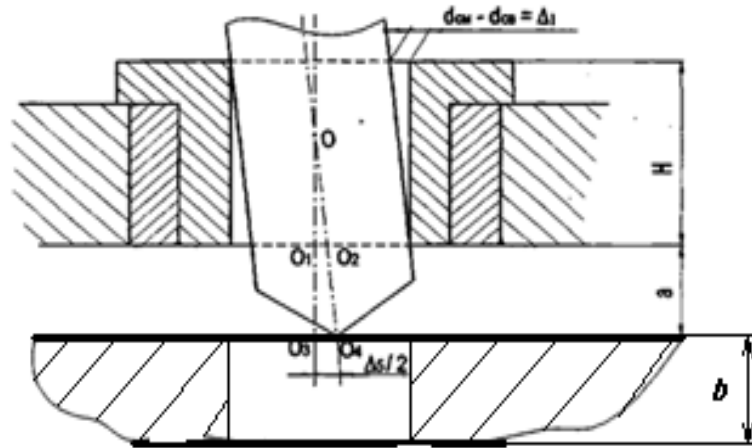


Рисунок 2.4 – Схема для визначення перекосу свердла

$$T_k \leq 0,2 - 1,2 \sqrt{0 + 0 + \left(0,05 \cdot \frac{(6 + 2 \cdot (3 + 2))}{6} \right)^2 + 0,024^2 + 0,01^2 + 0,02^2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} T_k &\leq (0,25 - 0,3) T_d \\ 0,05 &\leq 0,3 \cdot 0,2 = 0,06 \\ \pm \frac{T_k}{2} &= \pm 0,025 \text{ мм} \end{aligned}$$

Призначаємо виконавчий розмір:

$$\begin{aligned} [L_k] &= L_k \pm \frac{T_k}{2} \\ L_k &= 18 \pm 0,025 \text{ мм.} \end{aligned}$$

2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки в пристосуванні

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку і місця прикладання сили. Затискні пристрої служать для утримання заготовки під час її обробки. Схему для розрахунку показано на рис. 2.5.

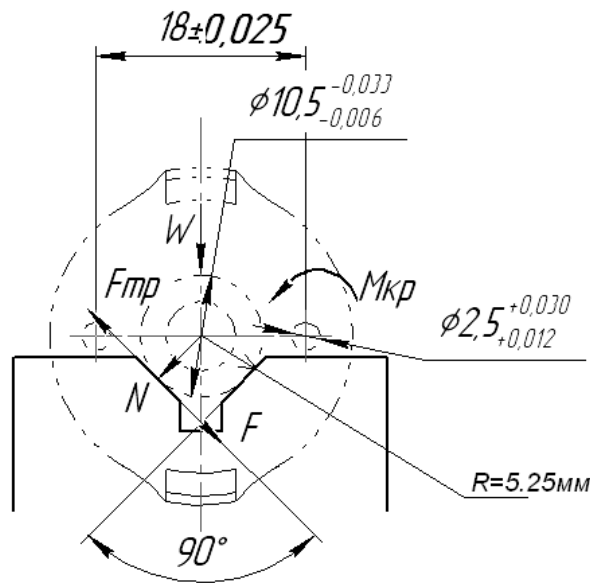


Рисунок 2.5 – Схема до визначення сили закріплення

Дійсна сила затиску W з урахуванням коефіцієнта k дорівнює (2.6-2.8):

$$W = \frac{M_{кр} \sin \alpha}{Rf}, \quad (2.6)$$

$$W_0 = kW. \quad (2.7)$$

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.8)$$

де $k_0 = 1,5 - 2,2$ – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків;

k_1 – коефіцієнт, що враховує зміну (коливання) сил різання в процесі обробки, $k_1 = 1,2$. Для чистової обробки $k_1 = 1,0$;

k_2 — коефіцієнт, що враховує вид обробки та оброблюваного матеріалу і нерівномірність зношення різального інструменту, вибирається з таблиць [10];

k_3 — коефіцієнт, що враховує умови переривчастого виду обробки. $k_3 = 1,0$ – в умовах плавного різання; $k_3 = 1,2$ – при переривчастому різанні (торцеве фрезерування);

k_4 – коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску. $k_4 = 1,0$ – для всіх механізованих приводів

$k_4 = 1,3$ – для ручних затискачів;

k_5 – коефіцієнт, що характеризує ручні затискачі з точки зору зручності закріплення деталі. При зручному розташуванні рукоятки і куті її повороту в межах 90° $k_5 = 1,0$. При незручному розташуванні рукоятки і її повороті більше, ніж 90° – $k_5 = 1,2$. $k_5 = 1,0$ – для ексцентрикових затискачів; $k_5 = 1,2$ – для гвинтових затискачів; $k_5 = 1,0$ – для механізованих затискачів;

k_6 – коефіцієнт, що враховує тільки при наявності крутних моментів, що крутять, що прагнуть повернути заготовку, і залежить від виду опорної поверхні пристосування. $k_6 = 1$ – для точкових опор (опорні штирі); $k_6 = 1,5$ – для суцільних опор (опорне кільце);

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя;

$M_{кр}$ – крутний момент при свердлінні, знаходимо за формулою (2.9), Нм [5, с. 115];

$$M_{кр} = 10 C_m D_m^{n_m} t_m^{x_m} S_0^{y_m} HB^{z_m}, \quad (2.9)$$

де $C_m = 0,8$ [9, табл. 6.7, с. 155].

Значення показників ступеню обираємо з [5, табл. 6.7, с. 115].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,8 \cdot 2,4^2 \cdot 1,2^0 \cdot 0,015^{0,8} \cdot 155^{0,7} = 0,47 \text{ Нм.}$$

$R = 5,25$ мм – опорний радіус, на якому діє сила тертя.

$$k = 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,58.$$

$$W_{cm} = \frac{0,47 \cdot \sin 45}{0,15 \cdot 0,0525} = 47,7 \text{ Н.}$$

$$W_o = k \cdot W_{cm} = 2,58 \cdot 47,7 = 107,7 \text{ Н.}$$

2.1.5 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу

Привод складається з пневматичної установки, що включає електродвигун з пусковою апаратурою, насос, апаратуру управління і регулювання, пневмоциліндра (рис. 2.6) і трубопроводу.

Переваги цих приводів позначаються у наступному: швидкість дії складає 0,5...1,2 с, постійна сталість зусилля затиску і можливість його регулювання, простота конструкції і експлуатації, а також незалежність працездатності від коливань температури навколишнього середовища. Виходячи з отриманого зусилля Q знайдемо параметри цього пристрою, а саме діаметр. Діаметр пневмоциліндра D визначається за формулою (2.10) [5]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}}, \quad (2.10)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, мм;

p – тиск стисненого повітря, $p = 0,2 \dots 0,6$ МПа;

η – ККД, враховує втрати, пов'язані з витоками стисненого повітря і тертям,

$\eta = 0,85 \dots 0,9$.

Звідси:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 107,7}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9}} = 17,4 \text{ мм.}$$

Розрахувавши діаметр, обирають необхідний пневмоциліндр, використовуючи відповідний стандарт, причому, вибрані параметри повинні бути не менше розрахованих. Параметри пневматичних циліндрів наведено в [5, табл. 7.3].

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис контрольного пристосування

Пристосування складається з корпусу та закріпленою на ньому призмою, на яку встановлюється деталь. Вимірювання биття проводиться індикаторними годинниками. Вони кріпляться на штанзі. Штанга розташована зліва від деталі і прикріплена до корпусу пристосування трьома стяжними болтами. Вона також має можливість повороту навколо своєї осі на 360 градусів. А також є можливість перезакріплення штанги з індикаторними годинниками на необхідний розмір.

Схему контрольного пристосування зображено на рис. 2.7.

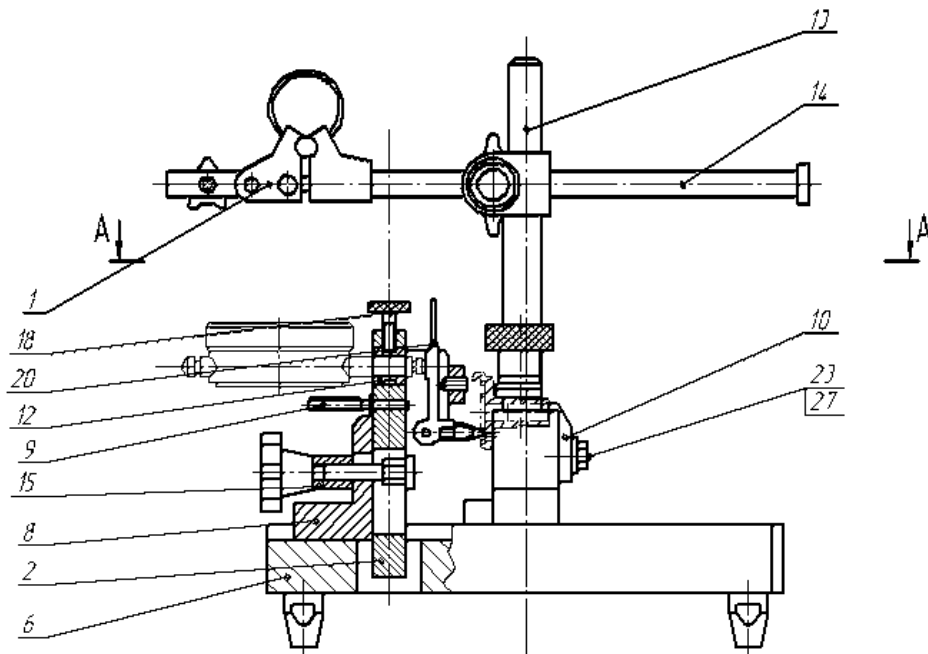


Рисунок 2.7 – Ескіз контрольного пристосування

2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання (ЗВ) почнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних характеристик і характеристик надійності, якими має володіти ЗВ.

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина

допуску контрольованого параметра за формулою (2.11) [8]:

$$|\delta_{визм}| = K \cdot IT, \quad (2.11)$$

де $K = 0,35$ – залежить від квалітету або ступеня точності контрольованого параметра і може приймати значення від 0,2 до 0,35.

$$|\delta_{визм}| = 0,35 \cdot 50 = 17,5 \text{ мкм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051–81 рекомендовано $|\delta_{изм}| = 10 \text{ мкм.}$

Визначимо допустиму похибку засоби вимірювання (інструментальну похибку) за формулою (2.12) [8]:

$$|\Delta_{ин}| = 0,7 |\delta_{визм}|. \quad (2.12)$$

$$|\Delta_{ин}| = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мкм.}$$

Ціна поділення визначається в залежності від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ.

Приймаємо: $|\Delta_{ин}| = 10 \text{ мкм.}$

Інтервал поділення шкали складається 1 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показань ЗВ. Тут необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП і перш за все освітленість [7].

Межа вимірювання за шкалою повинна перевищувати допуск, щоб зняття показань не викликало труднощів. прийнемо:

$$/A/ = 4IT = 4 \cdot 50 = 200 \text{ мкм} = 0,2 \text{ мм.}$$

Межа вимірювань визначається умовами експлуатації. Приймаємо 1 мм.

Вимірювальне умова $P_{\text{вн}}$ обумовлюється характером поверхонь при вимірюванні, жорсткістю поверхні, що контролюється, допуском вимірюваного

параметра. Оскільки обмеження на його величину відсутні, приймаємо $|P_{\text{вн}}| = 5 \text{ Н}$. Допустиме коливання вимірювального зусилля домовлено величиною $\Delta P_{\text{вн}} = 1 \text{ Н}$.

Основним показником надійності ЗВ є $\Delta P_{\text{вн}}$ до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи P . Відповідно до ГОСТ 23642–79 знайдемо кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій [8]:

$$t(P) = 1500 \cdot 2 = 3000$$

Ймовірність безвідмовної роботи дорівнює $|P| = 0,85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальної галуззю машинобудування [8].

Пошук здійснюємо в таблицях технічних характеристик та параметрів. Найбільш близьким за показниками є індикатор годинникового типу моделі ІЧ–10 (клас І), який має наступні параметри:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ин}} &= 0,01 \text{ мм}; & P_{\text{вн}} &= 2 \text{ Н}. \\ c &= 0,01 \text{ мм}; & \Delta P &= 0,8 \text{ Н}. \\ A &= 1 \text{ мм}; & P &= 0,9. \\ B &= 10 \text{ мм}; & t(P) &= 100000. \end{aligned}$$

Зіставивши ці значення з допустимими, приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності виконуються.

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ин}} &= 0,01 = |\Delta_{\text{ин}}| = 0,01 \text{ мм}; & P_{\text{вн}} &= 2 \leq |P_{\text{вн}}| = 5 \text{ Н}. \\ c &= 10 < |c| = 50 \text{ мкм}; & \Delta P &= 0,8 \leq |\Delta P| = 1 \text{ Н}. \\ A &= 1 > |A| = 0,2 \text{ мм}; & t(P) &= 30000 \geq |t(P)| = 5000. \\ B &= 10 > |B| = 2 \text{ мм}; & P &= 0,9 \geq |P| = 0,85. \\ a &= 2 \geq |a| = 2. \end{aligned}$$

Інші ЗВ мають надлишкову точність і меншу надійність. Тому для нашого КВП найбільш оптимальним вважаємо індикатор годинникового типу моделі ІЧ–10 (клас точності – І, ГОСТ 577–68).

Ескіз представлено на рис. 2.9.

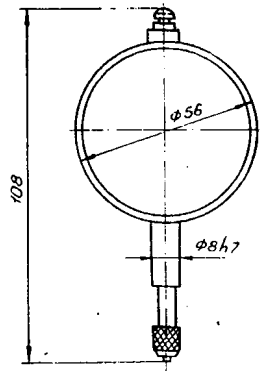


Рисунок 2.9 – Ескіз індикатора годинного типу

2.2.3 Розрахунок сумарної похибки вимірювання

За допустиму сумарну похибку вимірювань пристосування приймається тільки частина (8...30 %) заданого допуску розміру на робочому кресленні деталі.

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначають за формулою (2.13) [7]:

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{K} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2}, \quad (2.13)$$

де $\Delta_1 = 0$ – похибка базування і закріплення деталі;

Δ_2 – частка похибки установки і зносу опорних елементів пристосування, знаходимо за формулою (2.14), мкм;

$$\Delta_2 = 0,05 \cdot a, \quad (2.14)$$

де a – відхилення оброблюваної поверхні щодо бази;

$$\Delta_2 = 0,05 \cdot 0,050 = 0,0025 \text{ мкм.}$$

Δ_3 – частка похибки конструкції пристосування, знаходимо за формулою (2.15), мкм:

$$\Delta_3 = (0,07 \dots 0,10) a. \quad (2.15)$$

$$\Delta_3 = 0,07 \cdot 0,05 = 0,0035 \text{ мкм.}$$

Δ_4 – похибка, що залежить від ціни поділення індикатора, датчика, мкм;

$$\Delta_4 = 0,001 \text{ мкм.}$$

$\Delta_5 = 0$ – похибка настройки пристосування за еталоном;

Δ_6 – похибка від контактних деформацій, за формулою (2.16), мкм:

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}}, \quad (2.16)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника, $k = 0,81$ – твердий сплав.

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,32 \text{ мкм.}$$

Δ_7 – похибка від температурних деформацій, знаходимо за формулою (2.17), мкм:

$$\Delta_7 = l\alpha(t_1 - t_2), \quad (2.17)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення, мкм/с;

t_1, t_2 – температури вимірюваного об'єкта і вимірювального засобу, °С;

K – коефіцієнт відносного розсіювання.

$$\Delta_7 = 14 \cdot 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 1 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{0,85} \sqrt{0^2 + 0,0025^2 + 0,0035^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,00032^2 + 0,001^2} = 0,0023 \text{ мм.}$$

В результаті розрахунку пристосування на точність сумарна похибка вимірювань дорівнює 0,0023 мм, що менше допустимої похибки пристосування.

$$\Delta_{\text{вим}} = 0,0023 \leq \frac{1}{3} IT = \frac{0,050}{3} = 0,016 \text{ мм.}$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Автоматизація операції контролю пасивованої поверхні

Найбільш точні результати дослідження пасивованого (азотованого, цементованого тощо) шару дає метод, що відноситься до руйнуючих методів контролю. Глибину шару після хіміко–термічної обробки можливо визначити за допомогою металографічного методу [8] або способу визначення мікротвердості. Сутність металографічного методу полягає у визначенні глибини шару по структурі під мікроскопом (рис. 3.1) на поперечних травлених шлифах. Зразки для дослідження вирізають холодним механічним способом, щоб не змінити структуру металу, поперек волокна. Краї зразка не повинні бути заваленими, інакше глибину шару визначити не вдасться.

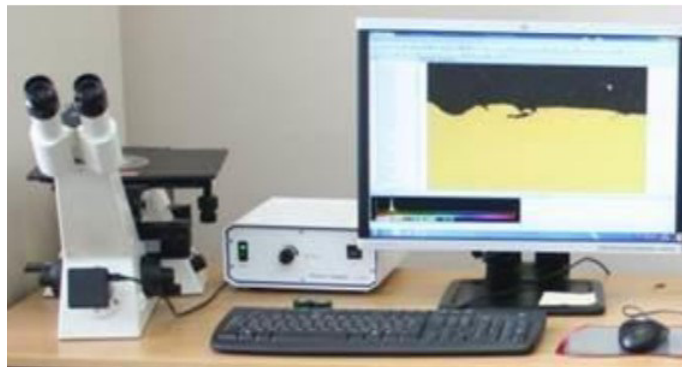


Рисунок 3.1 – Оптичний мікроскоп «Axiovert 40 MAT» [9]

Дослідження макро– і мікроструктури металів і сплавів зі збільшенням від 5 до 1,000,000 разів, хімічний і фрактографічний аналіз [9] можна виконувати на скануючому електронному мікроскопі «MIRA TESCAN» (рис. 3.2).

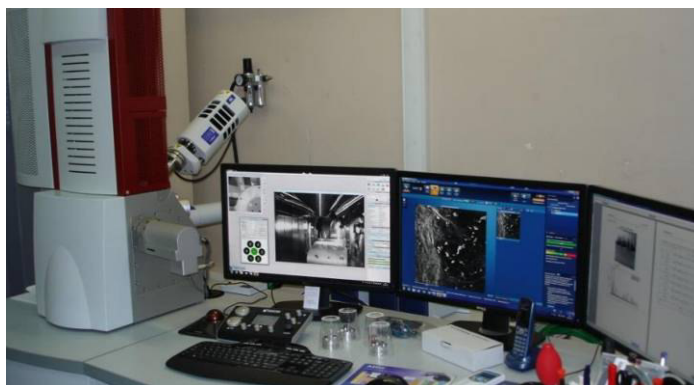


Рисунок 3.2 – Скануючий електронний мікроскоп «MIRA TESCOAN» [9]

Також можна визначити глибину шару за допомогою мікротвердоміру (рис. 3.3), на поперечному перерізі зразка вимірюючи мікротвердість від поверхні до центру. Зразки вирізають згідно ГОСТ 1763–68, довжина зразків становить 10–25 мм.



Рисунок 3.3 – Мікротвердомір «Micromet 5104» [9]

Однак, це не підходить для серійних деталей. Метод, який можна застосовувати для кожної деталі після пасивації, повинен бути неруйнуючим.

Тому після пасивування проводять тест на якість інертності отриманої поверхні. Ця контрольна операція трудомістка і займає досить багато часу. Проводять тест на стійкість [10] до заліzosиньородистого калію (червона кров'яна сіль) – азотній кислоті; для виявлення дуже малих кількостей вільного заліза.

Розчин для випробувань отримують розчиненням 10 г хімічно чистого заліzosиньородистого калію (червоної кров'яної солі) в 500 мл дистильованої води, додавши 30 мл 70%-вої азотної кислоти, перемішують, поки весь феррицианід не розчиниться, і далі додають дистильовану воду до отримання: 1000 мл розчину. Розчин для випробувань має бути приготовлений в день проведення випробувань.

Тестовий розчин наносять на поверхню тестованого зразка. Формування темно-синього кольору протягом 30 секунд позначає присутність металевого заліза.

Досліджувані зразки не повинні мати темно-синій колір, який вказує на наявність вільного заліза на поверхні.

Коли тест показує негативний результат, поверхню зразка ретельно промивають теплою водою до видалення всіх слідів тестового розчину.

Коли тест показує позитивний результат, темно-сині плями повинні бути видалені розчином 10%-вої оцтової і 8%-вої щавлевої кислот, і потім ретельно промиті гарячою водою.

При позитивному тесті зразки і виріб повторно направляються на пасивацію.

Візуальний контроль якості пасивації проводиться на відсутність сліду не відмитих солей, розбиття поверхні деталі, непрозорі пофарбовані окисні плівки, продукти корозії, залишки окалини, крім дефектів, зазначених далі. На поверхні допускається наявність слідів механічної обробки, незначні ризки, забоїни, подряпини та інші пошкодження поверхні, які були до початку пасивації, кольори мінливості різних відтінків в зоні зварювання, світлі матові плями в місцях видалення продуктів корозії, сліди від води, залишки окалини в вигляді окремих чорних крапок або їх скупчення на поверхні металу, що не видаляються механічним сколюванням сталевією голкою.

Альтернативою цьому методу є прилад, що автоматично контролює стійкість металу до корозії: тестер контролю рівня пасивації і якості нержавіючої сталі «Passi Test Plus» [11].

Основні технічні характеристики.

Passi Test Plus (рис. 3.4) – інструмент, призначений для точного визначення якості нержавіючої сталі. Прилад складається з "щупа–зонда", що працює на базі електрохімічної системи, який прикладають до поверхні, що випробовується, і зовнішнього блоку, де відображається результат і зберігаються дані. «Passi Test Plus» вимірює потенціал електрода при розімкнутому ланцюзі і благородство металу (і, отже, його стійкість до корозії).



Рисунок 3.4 – Тестер контролю рівня пасивації сталі «Passi Test Plus» [11]

Даний тест не пошкоджує поверхню, він дуже швидкий (результат готовий протягом 15 секунд). Як результат виводиться точне числове значення, в той час, як інші тести на визначення пасивації виключно хімічні, засновані на інтерпретації кольору (ферроціанідний тест) і дають суб'єктивні результати, які часто збиваються за рахунок забруднень поверхні.

Принцип роботи «Passi Test Plus» заснований на тому, що нуль вважається граничним показником. Якщо значення більше нуля, отже рівень пасивації нержавіючої сталі високий, якщо значення менше нуля, рівень пасивації низький або взагалі відсутній. Таким чином, можна порівнювати різні типи нержавіючої сталі: чим значення вище, тим краще стан пасивації зразка; якщо значення нижче, тим гірше стан пасивації випробуваного зразка.

Дані порівнюють з довідковими таблицями, які додаються до приладу.

Замір проводиться автоматично і займає 15–20 секунд.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ NX SIMULATION ADVANTAGE

Умови задачі наступні: деталь закріплюється нерухомо в двох отворах $\varnothing 2,5$ мм; на бокові грані в пазах буде прикладатися розподілене навантаження 10 МПа (на кожну грань).

Перевірити напружено–деформований стан деталі під час прикладення навантаження, еквівалентного експлуатаційному (граничні умови див. рис. 4.1), та визначити оптимальне $\sigma_{\text{опт}}$ і критичне $\sigma_{\text{крит}}$ значення тиску.

Допустиме значення напруження в небезпечному перерізі обмежимо значенням границі міцності $[\sigma_b] = 135$ МПа для матеріалу деталі – сталь 13X11H2B2МФ–Ш.

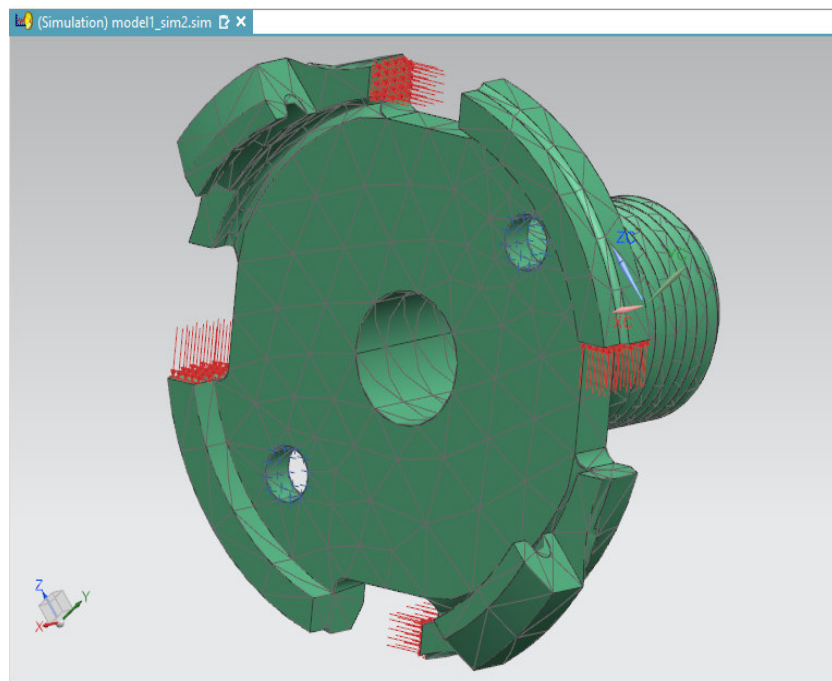


Рисунок 4.1 – Площини прикладання зусиль (червоні стрілки, напрямки прикладання тиску) та поверхні закріплення (2 отвори по $\varnothing 2,5$ мм)

Деталь розбита на кінцеві елементи SOLID45 вільною сіткою, загущеною в місцях наявності мілких конструктивних елементів, таких, як пази, виступи, фаски, галтелі, отвори тощо. Після завдання моделі матеріалу та граничних умов

деталі та розрахунку, отримуємо розподілення навантажень та розташування небезпечного перерізу (рис. 4.2, 4.3).

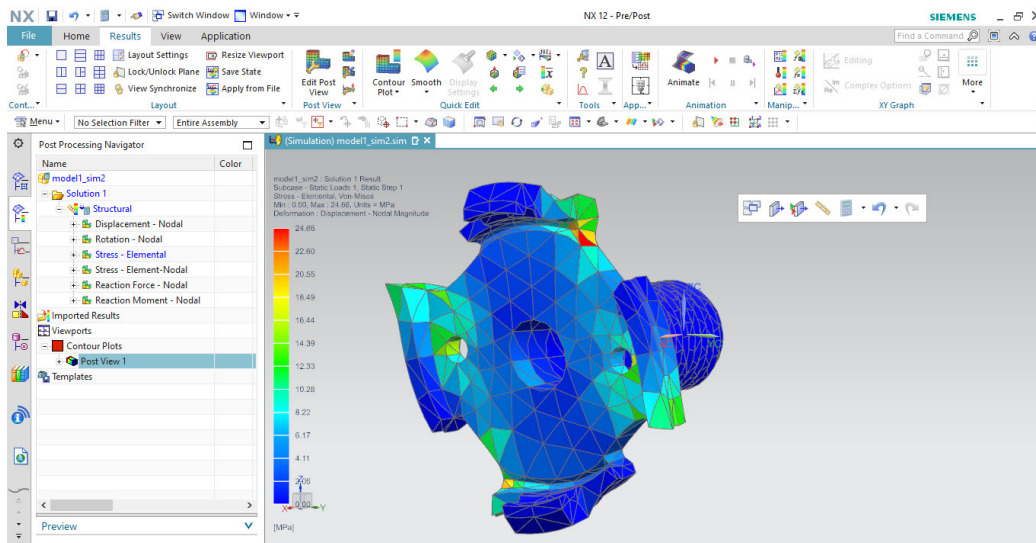


Рисунок 4.2 – Розподіл напружень за елементами

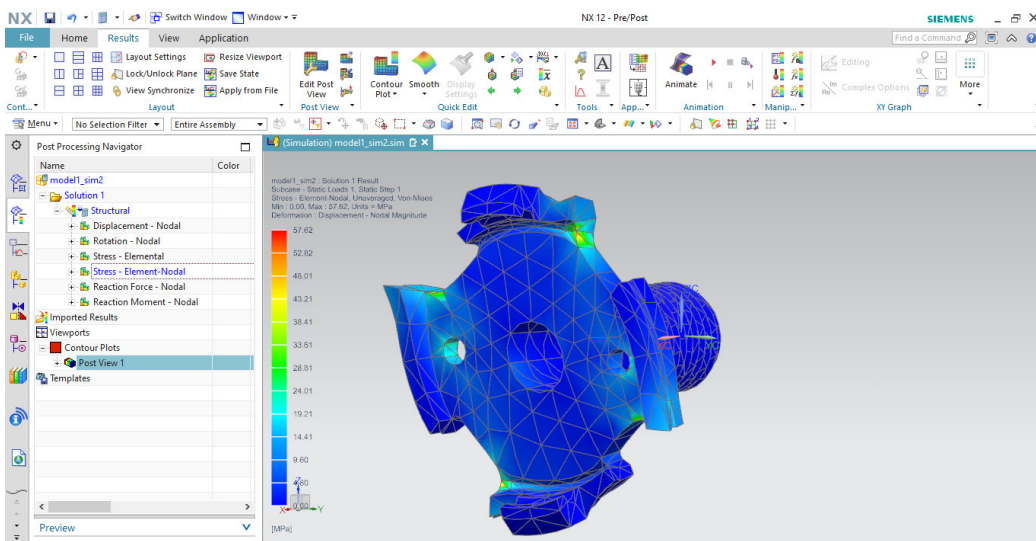


Рисунок 4.3 – Розподіл напружень за вузлами

За даними розрахунку в NX SIMULATION ADVANTAGE було визначено $\sigma_{\max} = 57,62$ МПа – максимальне значення напружень в небезпечному перерізі.

Запас міцності за напруженнями в авіаційній промисловості має значення $n_{\sigma} = 2 \dots 5$. Обираємо $n_{\sigma} = 3$ та розрахуємо граничну величину напружень від допустимого значення $[\sigma_B]$ деталі за формулою (4.1):

$$\sigma_{ep} = [\sigma_e] / n_e \quad (4.1)$$

При прикладеному навантаженні ($\sigma_0 = 10$ МПа) деталь не має необхідного запасу міцності, оскільки запас міцності за напруженнями при $[\sigma_{\max}] = 57,62$ МПа дорівнює $n_\sigma = 2,34$.

Перевіримо напружено–деформований стан деталі під дією навантаження 5 МПа та 25 МПа. На рис. 4.4, 4.5 представлено еквівалентні навантаження для 5 та 25 МПа відповідно.

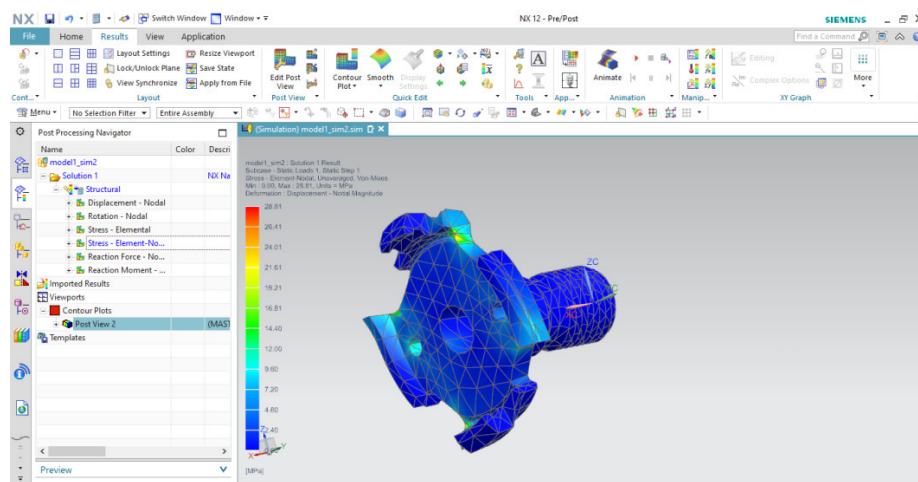


Рисунок 4.4 – Розподіл напружень за вузлами ($\sigma_0 = 5$ МПа)

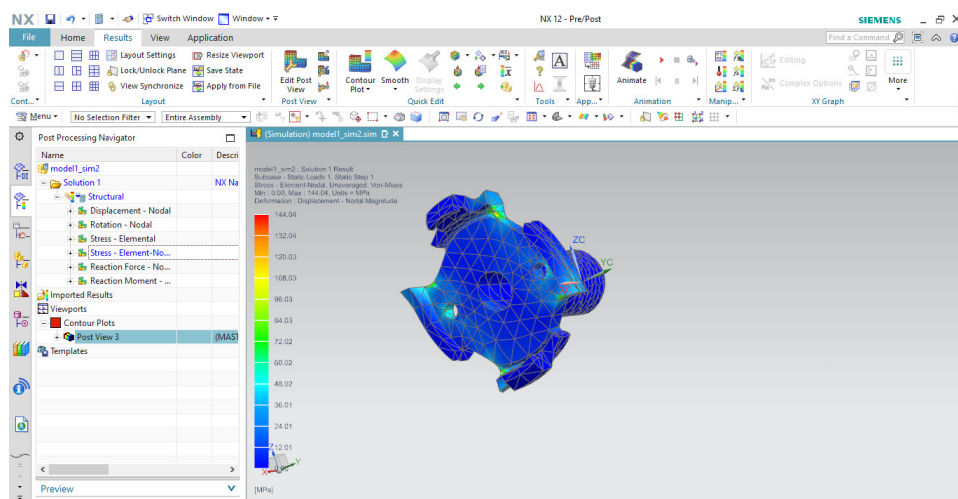


Рисунок 5.5 – Розподіл напружень за вузлами ($\sigma_0 = 25$ МПа)

Під дією тиску 5 МПа значення $\sigma_{\max}$ дорівнює 28,8 МПа.

Під дією тиску 25 МПа значення $\sigma_{\max} = 144$ МПа, що навіть більше за допустиме значення $[\sigma_b] = 135$ МПа матеріалу деталі.

Побудуємо графік за отриманими результатами та знайдемо критичне значення σ_0 для даної деталі, при якому деталь ще може працювати без ймовірності руйнування.

За допомогою графіку (рис. 4.6) знаходимо критичне значення $\sigma_{0\text{крит}}$, яке не можна перевищувати при експлуатації деталі: $\sigma_{0\text{крит}} = 23,5$ МПа.

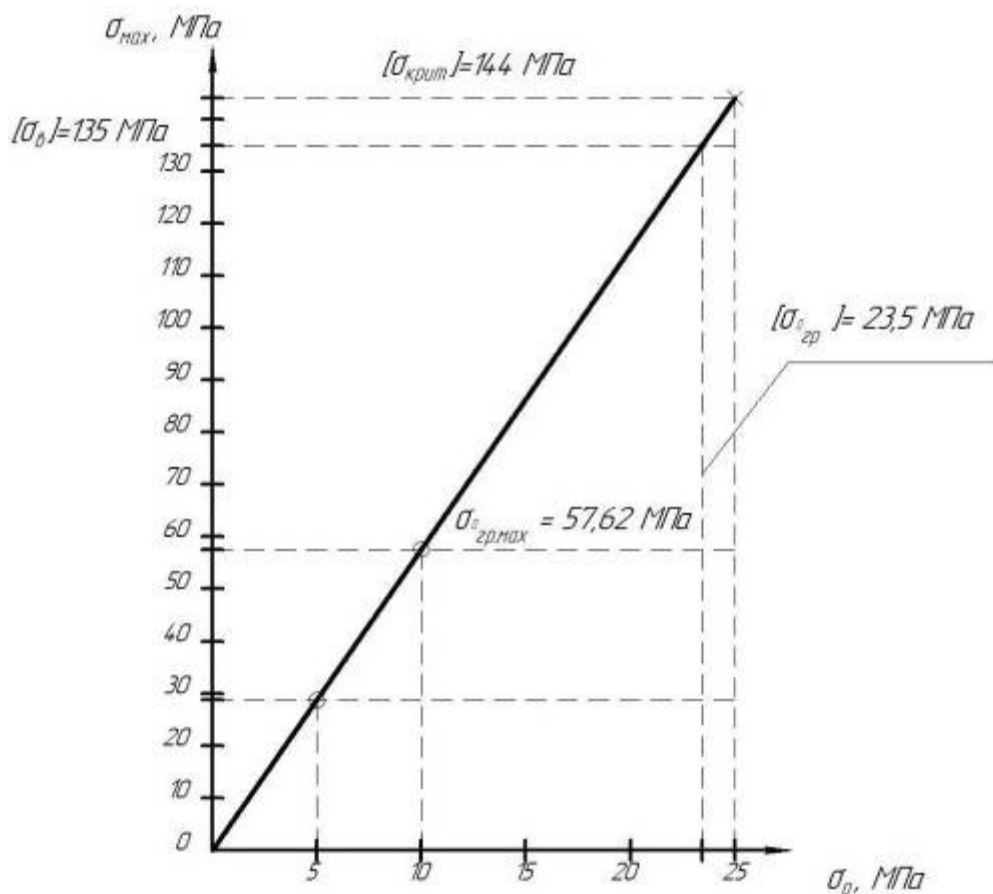


Рисунок 4.6 – Графік залежності напружень від навантаження

Діапазон оптимального навантаження σ_0 , при якому коефіцієнт запасу міцності дорівнюватиме від 2 до 5 (при цьому максимальне напруження $\sigma_{\max} = 27 \dots 67,5$ МПа), складає за графіком $\sigma_{\text{опт}}$ від 4,9 МПа до 12 МПа.

5 МЕТОДИ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

5.1 Основні поняття про покриття і способи їх отримання. Класифікація покриттів

Досягнення високої якості машин і апаратів неможливо без застосування найбільш прогресивних, економічно вигідних технологічних методів. У більшості випадків сучасні машини експлуатуються в жорстких умовах контактування з високотемпературними газовими потоками, агресивними газами і абразивними речовинами, що викликають інтенсивний знос або корозію. У зв'язку з цим виникає необхідність застосування спеціальних прийомів, які забезпечують підвищення зносостійкості, жароміцності, корозійної стійкості та інших властивостей робочої поверхні матеріалів.

Якщо проаналізувати умови експлуатації металевих, композиційних, порошкових, керамічних виробів, то виявиться, що в більшості випадків вони основне навантаження несуть своєю поверхнею.

Великих збитків завдає корозія. Інша причина виходу з ладу машин і устаткування складається в поломки, обумовлених різними видами зносу, в першу чергу, в парах тертя. Таким чином, найважливішим прийомом, що збільшує працездатність деталей машин, вузлів, механізмів, є покриття.

Дана робота охоплює огляд методів нанесення покриттів хімічними, електрохімічними, дифузійними методами, а також методами вакуумного, газотермического, плазмового напilenня тощо.

Покриття – це шар або кілька шарів матеріалу, штучно отриманих на поверхні [12].

Основне призначення покриттів – захист поверхні, що покривається від руйнування в результаті взаємодії її із зовнішнім середовищем за рахунок механічних і фізико–хімічних факторів. Покриття наносять на сталі і чавуни, нікелеві, кобальтові, хромові і ванадієві сплави; тугоплавкі метали і сплави: молібден, вольфрам, ніобій, тантал; сплави на основі активних металів – титану і

цирконію; сплави на основі легких і важких кольорових металів: алюмінію, магнію, берилію, цинку, міді; пластичні маси і вуглецеві вироби; керамічні, композиційні та порошкові вироби.

Часто покриття на метали, скло, кераміку, кремній, германій та інші напівпровідникові матеріали, крім підвищення зносостійкості і корозійної стійкості, наносять для додання специфічних електричних, оптичних та інших спеціальних властивостей і якостей виробів, в тому числі для отримання мікросхем на напівпровідникових кристалах. У багатьох випадках процеси покриттів лежать в основі технології отримання композиційних конструкційних матеріалів і виробів з них [12 – 19].

Відповідно до сучасної класифікації розрізняють наступні способи нанесення покриттів:

1. Хімічні покриття.
2. Покриття електролітичні (гальванічні).
3. Покриття дифузією в твердому стані.
4. Покриття матеріалом в розплавленому стані.
5. Контактна металізація.
6. Покриття з використанням неорганічного порошку.
7. Покриття вакуумним випаровуванням, розпиленням або іонним впровадженням.
8. Комбіновані способи покриття, що включають два або більше послідовно здійснюваних процесу.

Необхідність застосування зміцнюючих, відновлювальних і декоративних покриттів в машинобудуванні обумовлена різними умовами експлуатації деталі: температурою, тиском, швидкістю і хімічною агресивністю середовища, абразивним зношенням, випромінюванням тощо. Сукупність цих умов визначає призначення покриття – термостійкі, жаростійкі, ерозиційностійкі, зносостійкі, антифрикційні, корозійностійкі, покриття, що відображають або поглинають різні випромінювання. [12]

Термостійкі покриття.

Термостійкість (термічна стійкість) – властивість тендітних матеріалів протистояти, не руйнуючись, термічним напруженням. Як правило, термостійкість визначається температурним градієнтом або числом циклів нагріву та охолодження, що витримуються матеріалом до виникнення тріщин або руйнування.

Процес нанесення термостійких покриттів повинен забезпечити регульовану в заданих межах пористість, дозволяти керувати структурою покриття та в мінімальному ступені впливати на фазовий склад напилюваного матеріалу.

Жаростійкі покриття.

Жаростійкість (окалиностійкість, жароміцність) – властивість матеріалів витримувати без істотних деформацій механічні навантаження при високих температурах. Жаростійкість визначається опором повзучості, достатню міцність протягом тривалого часу, а також здатністю протистояти хімічному руйнуванню поверхні під дією окислювального газового середовища при високих температурах.

Процес нанесення жаростійких покриттів повинен забезпечувати отримання покриттів достатньої товщини із заданою пористістю, мінімальними структурними і фазовими перетвореннями, а також з високими механічними властивостями і міцністю зчеплення.

Ерозійностійкі покриття.

Ерозійна стійкість – властивість поверхневих шарів матеріалів не піддаватися руйнуванню в результаті впливу потоків газу, рідини, твердих частинок, а також при кавітаційних явищах або під впливом електричних розрядів.

Процес нанесення ерозійностійких покриттів повинен забезпечувати створення керованих і стабільних в просторі структур для композиційних матеріалів, мінімальну пористість, а також високі когезійну міцність і міцність зчеплення з підкладкою.

Зносостійкі покриття.

Зносостійкість – властивість матеріалу деталей машин протистояти зміні розмірів, форми або стану поверхні внаслідок залишкових деформацій від навантажень, що діють.

Процес нанесення зносостійких покриттів повинен забезпечувати напилення покриттів великою товщиною з мінімальним припуском, хвилястістю і шорсткістю, з можливістю отримання регламентованого рівня пористості, а також стабільних і керованих структур поверхні. Покриття повинне мати мінімум залишкових напружень і максимальну міцність зчеплення з підкладкою.

Антифрикційні покриття.

До них відносяться покриття, що мають низький коефіцієнт тертя; застосовуються для зменшення зношення.

Корозійностійкі покриття.

Корозійна стійкість – властивість матеріалу чинити опір хімічному і електрохімічному впливу зовнішнього середовища. Вона визначається швидкістю корозії, тобто масою матеріалу, перетвореного в продукти корозії з одиниці площі поверхні в одиницю часу, або товщиною зруйнованого шару.

Процес нанесення корозійностійких покриттів повинен забезпечити мінімум механічного напруження в напиленому шарі, найменшу відкриту пористість і високу міцність зчеплення.

Покриття, що поглинають і відбивають різні випромінювання, можна використовувати в оптичних та радіочастотних діапазонах.

Процес нанесення таких покриттів повинен забезпечувати мінімальну пористість напиленого шару, можливість управління структурою, стабільність властивостей покриття в часі і просторі, а також високу міцність зчеплення покриття з основою.

5.2 Методи підготовки поверхні для нанесення покриттів

5.2.1 Загальні відомості про підготовку поверхні

При будь-якому способі нанесення покриття на поверхню деталі вирішальне значення на формування якісного шару має стан цієї поверхні, її шорсткість, наявність на поверхні плівок різного характеру: жирових забруднень, оксидів і інших дефектів механічного та хімічного характеру. Отже, будь-який вид нанесення покриттів вимагає підготовки (попередньої обробки) поверхні з метою поліпшення процесу утворення плівки (шару) покриття, збільшення швидкості нарощування шару і зменшення енергетичних витрат, що забезпечить підвищення продуктивності обладнання при дотриманні технології та підвищення ефективності виробництва [13 – 16].

Найбільш поширеними способами обробки поверхні перед нанесенням покриттів є: механічні та хімічні методи.

5.2.2 Механічні способи обробки

Механічні способи обробки поверхні застосовують, якщо необхідно забезпечити задовільний стан зчеплення речовини покриття з матеріалом деталі. Розрізняють такі види механічної обробки:

- обробка металів різанням на токарних, фрезерних, розточувальних, свердлильних та інших металорізальних верстатах,
- шліфування та полірування;
- поверхнева обробка (галтовка, гідропіскоструйна, дробоструйна обробка тощо).

Шліфуванню і поліруванню піддають вироби, від яких вимагається в остаточному вигляді мати гладку блискучу поверхню і точні остаточні розміри. Така попередня обробка одночасно поліпшує щільність контакту покриває матеріалу шару покриття з поверхнею виробу на атомному рівні.

Використання піскоструменевої обробки замість полірування збільшує сумарну площу поверхні деталі в 3–5 рази у порівнянні з гладкою поверхнею.

Така обробка інтенсифікує процеси формування шару, підсилює його зв'язок з поверхнею, покращує якість і властивості покриття. У ряді випадків в якості механічної обробки замість шліфування та полірування застосовують обкатку поверхні деталі спеціальними роликами.

5.2.3. Хімічні способи обробки поверхонь під покриття

Хімічні способи підготовки поверхні застосовують в основному для очищення листів, труб і інших тонкостінних виробів.

До цих методів належать знежирення і травлення.

Для знежирення часто застосовують органічні розчинники, наприклад три – і тетрахлоретилен, ацетон, бензин, уайтспіріт тощо.

Швидкість знежирення зростає в багато разів під дією ультразвуку. Однак застосування органічних розчинників дуже обмежено в зв'язку з їх пожежонебезпекою, токсичністю і вартістю.

5.3 Фізичні методи нанесення покриттів

5.3.1 Отримання покриттів термічним напиленням у вакуумі

Отримання покриттів термічним напиленням у вакуумі ґрунтується на властивості парів металів осідати на поверхні.

Речовина, що використовується в якості матеріалу покриття, поміщають у вакуумну камеру з залишковим тиском 0,01–0,001 Па і нагрівають до температур, при яких тиск його парів сягає близько 1 Па. Нагрівання речовини отримують різними методами:

- резистивним пропусканням електричного струму (рис. 5.1, а)
- індуктивним (рис. 5.1, б);
- електронно–променевим (рис. 5.1, в).

Поверхню деталі під покриття встановлюють на шляху потоків парів, які, конденсуючись на поверхні, утворюють при відповідних умовах щільне, добре пов'язане з основою покриття [12].

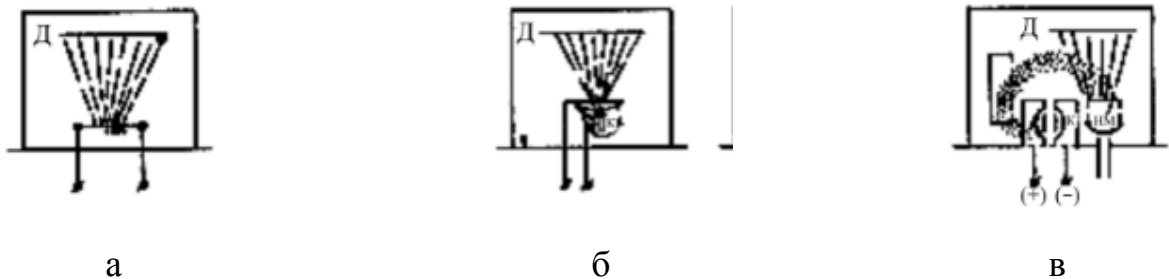


Рисунок 5.1 – Схеми нагріву напилюваного матеріалу [12]:

а – резистивним; б – індукційним; в – електронно–променевим методами

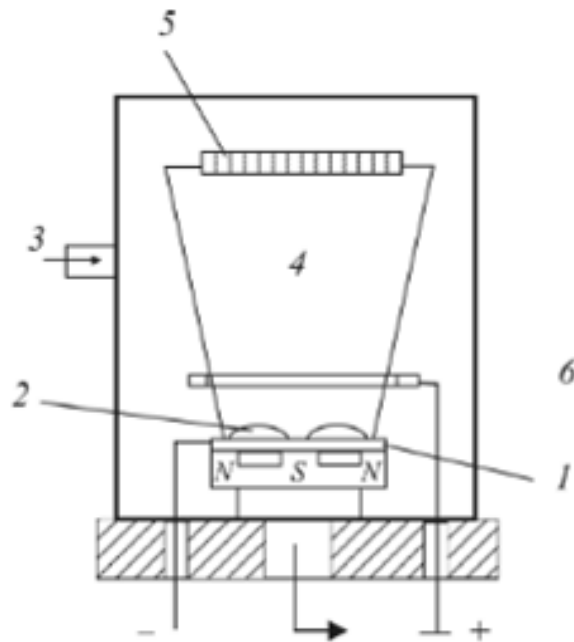
Крім високої продуктивності процесу вакуумного термічного напилення, найважливішою перевагою цього виду покриттів є повне виключення водневої крихкості, властивої багатьом іншим процесам. Для отримання якісного покриття необхідно дотримання вакуумної гігієни і чистоти робочого місця, в зв'язку з чим поліпшуються санітарно–гігієнічні умови праці, підвищується культура виробництва.

Недоліками процесу є необхідність попереднього нагрівання поверхні, що захищається, для отримання надійного зчеплення покриття з основою, низький коефіцієнт використання матеріалу, який випаровується і складність отримання однорідної по товщині покриття на деталях складної конфігурації.

5.3.2 Магнетронне напилення

Принцип дії магнетронної системи, що розпилює показано на рис. 5.2. Основними елементами цього пристрою є катод, анод і магнітна система. Коли подається постійна напруга між катодом (негативний потенціал) і анодом (позитивний або нульовий потенціал) то виникає електричне поле неоднорідне і збуджується аномальний тліючий розряд. Під дією іонного бомбардування

електрони захоплюються магнітним полем, їм передається складний циклоїдальних рух по замкнутих траєкторіях у поверхні деталі. [12]



1 – мішень; 2 – тліючий розряд; 3 – натікувач; 4 – потік напилюваних частинок;
5 – напилювана деталь; 6 – анод

Рисунок 5.2 – Магнетронна схема розпилення [12]

5.3.3 Газотермічне напилення

Методи газотермічного нанесення покриттів об'єднують широкий спектр технологій, при яких на поверхню оброблюваних виробів наносять шар металевої чи неметалевої речовини (у вигляді розпорошеної рідини або порошків) з метою нарощування зношених при експлуатації ділянок поверхні деталі, підвищення корозійної стійкості або стійкості до зношування, а також для створення спеціальних властивостей поверхні [19].

Суть методу така: газовим струменем на поверхню виробу на величезній швидкості наносять частки металевої суміші, наприклад цинк, в результаті чого

утворюється захисний шар товщиною від десятків до сотень мікрон. Газотермічне напилення також застосовується для відновлення зношених поверхонь деталей.

Використання недорогих матеріалів дозволяє в ряді випадків відмовитися від застосування високодефіцитних високолегованих сталей і сплавів.

Методи газотермічного напилення включають в себе наступні різновиди:

- газополум'яні;
- електричні і електродугові;
- детонаційні;
- плазмові.

Найбільш старою схемою газотермічного нанесення покриттів була технологія розпилення струменя попередньо розплавленого легкоплавкого металу високошвидкісним потоком нагрітого повітря, при якому розпорошені частки металевої рідини цим же струменем доставлялися на поверхню, де при ударі об неї утворювали шар покриття.

Цей метод характеризується рядом недоліків: він малопродуктивний, вимагає громіздких пристроїв для розплавлення металу, його подачі в зону розпилення, застосування неефективно використовуваного тепла установок для калориферного нагрівання повітря тощо. Покриття при такій організації технологічного процесу слабо зчіплюється з поверхнею, мають велику кількість дефектів, що обумовлено окисленням розпилюваних частинок, при впливі на них високотемпературного повітряного факела [12].

Більш досконалим способом газотермічного напилення є спосіб газопламенного покриття, при якому для створення необхідних температурних умов отримання розплаву використовується теплота, що виділяється при спалюванні суміші горючий газів. При цьому напилюваний матеріал у вигляді порошку або дроту подається в найбільш високотемпературну зону полум'я пальника, де він розплавляється, розпорошується або розігрівається в необхідній мірі; захоплені струменем факела розпорошені частки з великою швидкістю доставляються на поверхню, де вони формують покриття. Найважливішою перевагою такого методу є можливість створення контрольованого складу

що покривається. При цьому створення рівномірного шару формуємого покриття досягається шляхом механізації процесу переміщення пальника і регламентування швидкості цього переміщення [12].

5.3.4 Нанесення детонаційного покриття

В ряду газотермічних методів отримання покриттів одне з провідних місць відводиться детонаційним покриттям. У науковій літературі [12–16] відзначається, що детонаційні методи по ряду показників (зокрема, за рівнем зносостійкості одержуваних покриттів, їх адгезії) випереджають майже всі методи газопламеневих покриттів. Утворені шари мають мінімальну пористість і газопроникність.

Детонаційне напилення є одним з видів газотермічного нанесення покриттів, що використовує енергію горючих газів (в основному пропан–бутану) у суміші з киснем, а також зі стисненим повітрям (азотом, аргоном). Детонаційний метод, використовуючи енергію вибуху газових сумішей, є циклічним процесом, має високу питому потужність і значним спрощенням перетворення енергії в корисну роботу [15]. Перевагами детонаційного методу напилення є:

- висока адгезія покриття (80 – 250 МПа);
- низька пористість покриття (0,5 – 1%);
- відсутність деформації деталі.

До недоліків слід віднести низьку продуктивність і недостатню надійність існуючого обладнання.

Технологія детонаційного напилення дозволяє не тільки відновити робочі поверхні деталей, але й істотно підвищити експлуатаційний ресурс за рахунок застосування зносостійких матеріалів.

Товщина одиничного шару становить 5–20 мкм. Дистанція напилення визначається з умови мінімального впливу на потік частинок відображеної від поверхні підкладки хвилі. Практично для стволів різного діаметру ця величина

складає 150–200 мм. У табл. 5.1, 5.2 показано властивості твердосплавних детонаційних покриттів і технічні характеристики детонаційного напилення.

Таблиця 5.1 – Властивості твердосплавних детонаційних покриттів

Адгезійні властивості	
Міцність на відрив	129...281 МПа
Міцність на зріз	более 150 МПа
Механічні властивості	
Когезія	192...538 МПа
Мікротвердість	7300...15000 МПа
Триботехнічні властивості	
Абразивне зношення	0,35...0,66 мм ³ /200 об
Ерозійне зношення	0,23...0,45 мм ³ /5 хв

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики детонаційного напилення

Швидкість частинок	понад 600 м/с
Температура продуктів вибуху	до 4000 °С
Продуктивність	до 3 кг/год;
Частота пострілів	до 10 Гц;
Розміри частинок	30...50 мкм;
Суміш, яка детонує	ацетилен–кисень + спецдобавки
Товщина шару, що наноситься за 1 постріл	до 15...20 мкм;
Товщина покриття	понад 2 мм;
Захисний газ	азот;
Саморозігрів деталі	менш 100 °С;
Ефективність використання порошку	до 80%

Особливістю детонаційного напилення є його циклічний характер подачі порошку на поверхню оброблюваної деталі зі швидкістю, що перевищує

швидкість звуку. Циклічний процес напilenня отримують за допомогою детонаційних установок, принципова схема таких пристроїв та установок представлена на рис. 5.4. У загальному вигляді детонаційні установки складаються з блоку 4 подачі Напилювання порошку, що включає порошок живильник і дозуючий пристрій; блоку 1, який потрібен для створення необхідних газових сумішей і заповнення ними стовбура детонаційної установки із заданою швидкістю; блоку підпалу 3 і підпалювача 2, призначених для ініціювання вибуху робочої суміші; стовбура 5, що представляє собою трубу діаметром 20 – 50 мм, довжиною $L = 2,5$ м і призначеного для спрямування розплавленої вибухової хвилі в бік відкритого кінця стовбура [15].

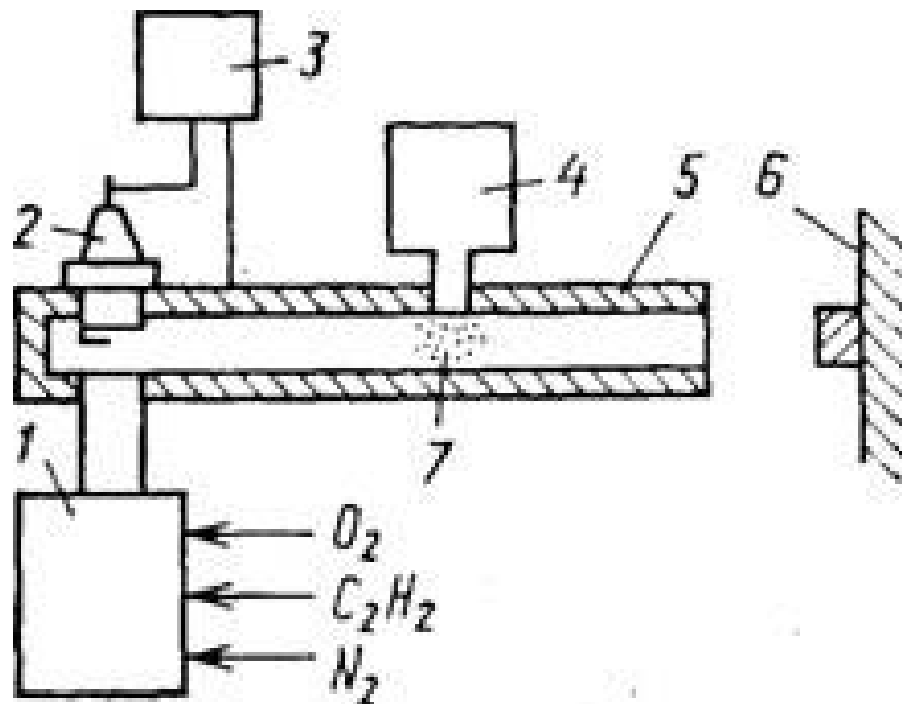
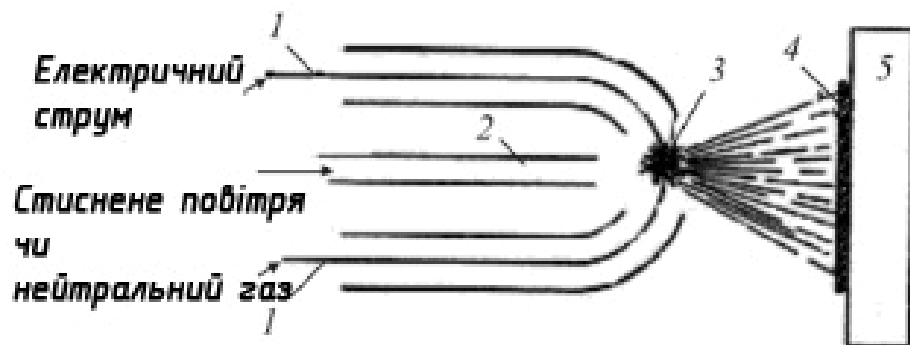


Рисунок 5.4 – Схема детонаційної установки [15]

Крім того, детонаційне напilenня через свій дискретний характеру є дуже економічним. Як правило, воно економічно для напilenня поверхонь площею не більше декількох квадратних сантиметрів. Завдяки високій щільності та адгезії одержуваних детонаційними способом покриття широко застосовуються в авіації, автомобільної та інших галузях машинобудування.

5.3.5 Електродуговий і індукційний методи нанесення покриттів

Застосування електричної енергії для нагріву матеріалу, який розпорошується в напилювальних пристроях істотно розширює можливості способу, оскільки при такому методі нагрівання практично не існує межі одержуваних температур і виявляється можливим розпорошувати саме тугоплавкі матеріали. На рис. 5.5 представлено схему розпилення металевого дроту дуговим електрометалізатором. Як видно з наведеної схеми, дріт з електропровідного матеріалу розплавляється електричною дугою. До наконечників апарату за допомогою роликів подають два дроти 1 діаметром 1,0–2,5 мм, через які пропускають струм. При зустрічі дротів між їх кінцями виникає електрична дуга 3, в якій і відбувається плавлення цих дротів. Утвориться крапля рідкого метала, який безперервно розпорошується і подається через центральний канал 2 нейтральним газом або стисненим повітрям.



- 1 – два дроти; 2 – канал для подачі газу; 3 – електрична дуга; 4 – покриття;
5 – виріб

Рисунок 5.5 – Схема розпилення дроту в електродузі металізатора [12]

Електродугові металізатори характеризуються високою продуктивністю процесу. При використанні цього методу забезпечується більш міцне з'єднання покриття з основою в порівнянні з газопламеневим напиленням. При

використанні двох різнорідних дротів або дроту з сплавів можна забезпечити комплексне покриття сплавами.

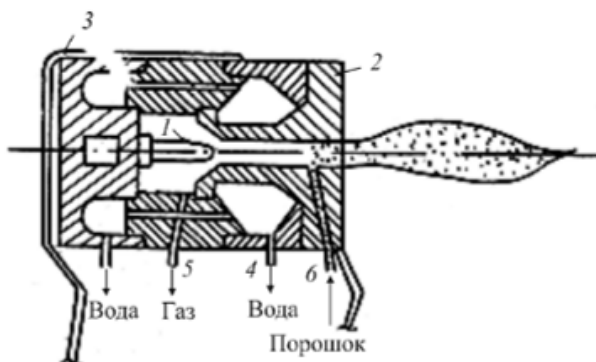
Однак у цього методу є і недоліки. Дуже високі температури в зоні горіння дуги призводять до сильного перегріву матеріалу, що розпорошується і часто – до його окислення, особливо при малих швидкостях подачі дроту і при використанні в якості розпилювального газу стисненого повітря. Велика кількість тепла, що виділяється при горінні дуги, призводить до вигорання легованих компонентів, що входять в напиллюваний сплав.

5.3.6 Плазмове напилення

Одним з найбільш ефективних напрямків є плазмове–дугове нанесення порошкових покриттів. Саме цей спосіб є основним у багатьох випадках нанесення покриттів для відновлення зношених деталей машин і підвищення зносостійкості і корозійної стійкості важконавантажених виробів. Цей метод ґрунтується на явищі керованого плазмоутворення при горінні електричної дуги.

Плазмою називають газ в електропровідному стані, який набуває таку здатність в результаті іонізації. Іонізація газу відбувається при його нагріванні до температур, при яких атоми втрачають свої електрони, стаючи позитивно зарядженими частинками [18].

Основним видом устаткування, використовуваного для плазмового нанесення покриттів, є плазмотрони. Зазвичай вони складаються з двох корпусних вузлів (рис. 5.6), розділених електроізоляційним прошарком.



1 – катод з вольфраму; 2 – анод (мідне сопло); 3 – корпус плазмотрона; 4–6 – трубки подачі: 4 – вода, 5 – плазмоутворюючий газ, 6 – порошок

Рисунок 5.6 – Схема плазмотрона для напилювання порошків [12]

До вузла, сполученого з позитивною клемою джерела струму, кріпиться сопло – анод 2, виготовлене з електротехнічної міді і оснащене системою водяного охолодження 4. У корпусі плазмотрона, з'єднаного з негативною клемою джерела струму, кріпиться вольфрамовий катод 1, який також охолоджується водою. Струмопідведення до анода і катода розміщується в шлангах з охолоджувальною водою.

5.4 Хімічні методи нанесення покриттів

Хімічний спосіб отримання покриттів – це отримання металевого чи неметалевого неорганічного покриття в розчині солей без електричного струму від зовнішнього джерела.

За пропонованим до покриття вимогам їх підрозділяють на наступні основні групи:

- захисне покриття – покриття для захисту основного покривається металу від корозії;

- захисне – декоративне покриття – покриття для захисту основного металу від корозії і надання його поверхні декоративного виду.

У технологічному процесі обробки деталі «Корпус» передбачена операція хімічного пасивування.

Пасивування (пасивація) це процес переходу поверхні металу в неактивний, тобто пасивний стан, який пов'язаний з утворенням тонких поверхневих шарів, що перешкоджають корозії. У техніці пасивацією називають технологічний процес захисту металів від корозії за допомогою спеціальних розчинів або процесів, що призводять до створення оксидної плівки [20–22].

Ця плівка утворює щільний, майже непроникний бар'єр, завдяки чому корозія сильно сповільнюється або повністю припиняється.

Пасивація проводиться хімічно або електрохімічно. В останньому випадку створюються умови, коли іони металу під дією струму переходять в розчин, що містить іони, здатні до утворення дуже малорозчинних з'єднань.

Хімічне пасивування проводять зануренням або безпосереднім нанесенням реагентів на саму поверхню без застосування електричного струму. Залежно від використовуваних речовин, хімічна пасивація може проводитися при кімнатній температурі або з підігрівом електроліту відповідно до послідовності, показаної на рис. 5.7.

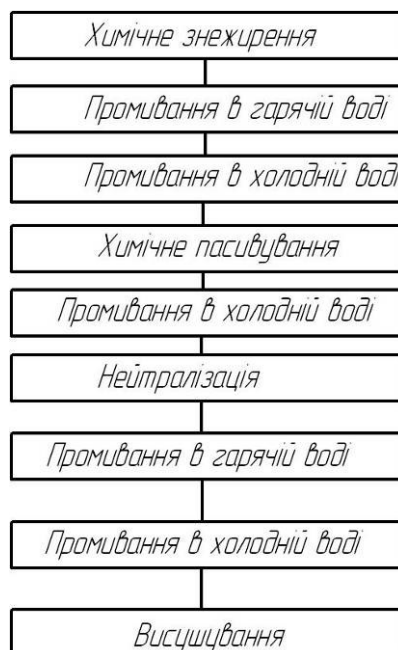


Рисунок 5.7 – Технологічний процес нанесення покриття [20]

Хімічне пасивування виконують в гальванічних ваннах.

Застосовувані ванни за способом завантаження прийнято розділяти на дві групи:

- ванни ручного завантаження (стаціонарні);
- з механізованим завантаженням.

Схема ванни для проведення пасивування показана на рис. 5.8.

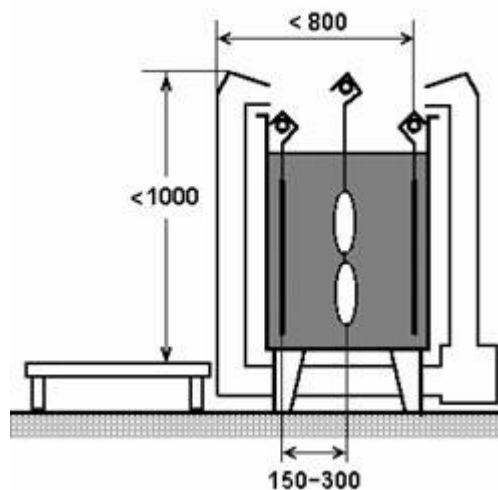


Рисунок 5.8 – Схема ванни для пасивування [23]

Залежно від призначення ванни застосовуються різні типи корпусів. На рис. 5.9, а, б показано схема і загальний вид ванни для хімічного пасивування, яка застосовується для електролітичного нанесення покриттів, а саме пасивування, освітлення, оксидування, нейтралізації, хімічного і електрохімічного полірування, видалення неякісних покриттів, зняття шламу.



Рисунок 5.9 – Схема і загальний вигляд ванни для хімічного пасивування [23]

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

В дипломній роботі запропоновано замінити обладнання на фрезерній операції 085 та свердлильній операції 055. Перевіримо ефективність перевodu та об'єднання цих операції на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК 6P11Ф3. Доцільно було б виконати їх разом з операцією 030 – фрезерною з ЧПК, встановивши в магазин верстата 6P11РФ3 відповідні інструменти операцій 030,055, 085. Всі їх можна перемістити в оп.030, тому що поверхні, які формують на операціях 055 (два отвори) та 085 (чотири пази) – не є важливими технологічними базами та не заважають подальшій обробці деталі. Початкові дані щодо верстатів двох варіантів (базового – 1 та запропонованого – 2) для визначення доцільності цих заходів наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Дані щодо верстатів базового та запропонованого варіантів

Модель верстата	Потужність верстата, кВт	Вартість верстата, грн	t _{шт.к} , хв
Перший варіант			
Фрезерний з ЧПК 6P11Ф3	5,5	33700	11,45
Вертикально-свердлильний 2M112	0,55	7500	
Горизонтально-фрезерний 6P81	5,5	18200	
Всього	11,55	59400	
Другий варіант			
Фрезерний з ЧПК 6P11Ф3	5,5	33700	8,63

Визначаємо такт випуску за формулою (6.1):

$$\tau = \frac{F_{\phi} 60}{N}, \quad (6.1)$$

де F_{ϕ} – дійсний річний фонд роботи обладнання однозмінної роботи підприємства, $F_{\phi} = 1960$ годин [1];

N – програма випуску: $N = 1500$ шт.

$$\tau = \frac{1960 \cdot 60}{1500} = 78,4 \text{ хв.}$$

Розраховуємо кількість верстатів для операції з найбільшим значенням штучно-калькуляційного часу за формулою (6.2):

$$\eta_p = \frac{t_{шт.к.}}{\tau}, \quad (6.2)$$

де $t_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час: $t_{шт.к.} = 11,45$ хв.

$$\eta_p = \frac{11,45}{78,4} = 0,146.$$

Приймаємо η для обох випадків $\eta_1 = \eta_2 = 1$.

Розраховуємо заробітну плату робітників на хвилину за формулою (6.3):

$$З = З_T K_H n \quad (6.3)$$

де $З_T$ – табличне значення хвилинної заробітної плати: для 5-го розряду, виходячи з розміру місячної заробітної плати 8 тис. грн. і 41-годинного робочого тижня ($З_{T1} = З_{T2} = (8000 \cdot 100) / (41 \cdot 4 \cdot 60) = 81,3$ коп./хв);

K_H – коефіцієнт перевиконання норми, приймаємо: $K_{H1} = K_{H2} = 1,2$ [1, с. 93];

n – кількість верстатів: $n_1 = 2$ шт, $n_2 = 1$ шт.

$$З_1 = 81,3 \cdot 1,2 \cdot 2 = 195,12 \text{ коп./хв.}$$

$$Z_2 = 81,3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 97,56 \text{ коп./хв.}$$

Визначаємо витрати на електроенергію за формулою (6.4):

$$E = \frac{\sum N k_1 k_2 C_e}{60}, \quad (6.4)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстатів: $\sum N_1 = 9,7$ кВт, $\sum N_2 = 7,5$ кВт (табл. 6.1);

k_1 – коефіцієнт за потужність: $k_1 = 0,7$ [1, с. 94, т. 2.19];

k_2 – коефіцієнт за часом роботи $k_2 = 0,5$ [1, с. 94, т. 2.19];

C_e – вартість 1 кВт електроенергії: $C_e = 110$ коп./год.

$$E_1 = \frac{11,55 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 110}{60} = 7,41 \text{ коп./хв.}$$

$$E_2 = \frac{5,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 110}{60} = 3,53 \text{ коп./хв.}$$

Визначаємо витрати на амортизацію обладнання за формулами (6.5) – (6.6):

$$A_r = \frac{\alpha_1 1,15 C}{100}, \quad (6.5)$$

$$A = \frac{A_r 100}{F_d 60}. \quad (6.6)$$

де α_1 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_1 = 15$ [1, с. 92];

C – вартість обладнання: $C_1 = 71250$ грн, $C_2 = 54250$ грн. (табл. 6.1).

$$A_{r1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 59400}{100} = 10246,5 \text{ грн./рік.}$$

$$A_1 = \frac{10246,5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 4,25 \text{ коп./хв.}$$

$$A_{r2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 33700}{100} = 5813,25 \text{ грн./рік.}$$

$$A_2 = \frac{5813,25 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 2,41 \text{ коп./хв.}$$

Знайдемо витрати на обслуговування обладнання за формулами (6.7) – (6.8):

$$O_r = \frac{\alpha_2 1,15 U}{100}, \quad (6.7)$$

$$O = \frac{O_\phi 100}{F_d 60}. \quad (6.8)$$

де α_2 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_2 = 0,5$ [1, с. 92];

$$O_{r1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 71250}{100} = 341,55 \text{ грн./рік.}$$

$$O_1 = \frac{341,55 \cdot 100}{1960 \cdot 60} = 0,14 \text{ коп./хв.}$$

$$O_{r2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 33700}{100} = 193,77 \text{ грн./рік.}$$

$$O_2 = \frac{311,93 \cdot 100}{1960 \cdot 60} = 0,08 \text{ коп./хв.}$$

Визначаємо витрати на ремонт обладнання за формулами (6.9) – (6.10):

$$P_r = \frac{\alpha_3 1,15 U}{100}, \quad (6.9)$$

$$P = \frac{P_r 100}{F_d 60}. \quad (6.10)$$

де α_3 – процент відрхування від балансової вартості обладнання: $\alpha_3 = 4,5$ [1, с. 92];

$$P_{r1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 59400}{100} = 3073,95 \text{ грн./рік.}$$

$$P_1 = \frac{3073,95 \cdot 100}{1960 \cdot 60} = 1,27 \text{ коп./хв.}$$

$$P_{r2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 33700}{100} = 1743,98 \text{ грн./рік.}$$

$$P_2 = \frac{1743,98 \cdot 100}{1960 \cdot 60} = 0,72 \text{ коп./хв.}$$

Сумарні витрати на інструмент (свердло, зенкер, фреза) визначаємо за [1, с. 94, т. 2.20]: 0,71 грн/год. Перераховуємо $I_1 = I_2 = (0,71 \cdot 100)/60 = 1,18$ коп/хв.

Сумарні витрати на пристосування визначаємо за [1, с. 95, т. 2.21]: $\Pi_1 = 0,0361$ коп/хв, $\Pi_2 = 0,0168$ коп/хв.

Розраховуємо технологічну собівартість за формулою (6.11):

$$C = (Z + E + A + O + P + I + \Pi)t_{\text{шт.к.}} \quad (6.11)$$

$$C_1 = (195,12 + 7,41 + 4,25 + 0,14 + 1,27 + 1,18 + 0,0361)11,45 = 2397,63 = 23,97 \text{ грн}$$

$$C_2 = (97,56 + 3,53 + 2,41 + 0,08 + 0,72 + 1,18 + 0,0168)8,63 = 910,47 = 9,11 \text{ грн.}$$

Розраховуємо економічний ефект за формулою (6.12):

$$E\phi = (C_1\Pi + K_e\Pi_1) - (C_2\Pi + K_e\Pi_2) \quad (6.12)$$

де K_e – нормативний коефіцієнт ефективності: $K_e = 0,15$.

$$E\phi = (23,97 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 59400) - (9,11 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 33700) = 26162,48 \text{ грн.}$$

Робимо висновок, що доцільно об'єднати операції і виконати їх на одному верстаті з ЧПК, який до того ж вже є в наявності на цій ділянці, замість трьох, тому що це дасть значний економічний ефект, вивільнить двох верстатників та виробничу площу з-під двох універсальних верстатів.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця; в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

б) захаращення заготівками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготівок та деталей [24];

г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорохатістю на поверхні заготівок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць [25].

2. Ураження електричним струмом, у наслідок несправності електродобладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

3. Опіки внаслідок порушення правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спеціального одягу[26].

4. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя

5. Неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості.

6. Нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру.

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

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

9. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

10. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху[26].

11. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

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

13. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей [27].

Більш детально це питання розглянуто в додатку Б.

ВИСНОВОК

В дипломному проекті розглянуто деталь «Корпус», яких виготовлений з жароміцної сталі. Виходячи з вихідних даних тип виробництва обрано середньосерфйним.

В якості метода отримання заготовки пропонувано і розраховано метод штампування на пресі, що доведено економічними розрахунками.

Було виконано розрахунок технологічності конструкції жеталі, які показав, що деталь є технологічною.

Спроектовано маршрут обробки поверхонь, розраховано припуски, режими різання та норми часу.

За допомогою програми NX отримана керуюча програма для трьох механігих операцій. Спроектовано розрахунково-технологічні карти.

В конструкторській частині спроектовано та розраховано свердлильне механізоване пристосування. Для контролю биття спроектовано контрольне пристосування, розраховано похибка вимірювання.

В частині автоматизації розглянуто питання контролю пасивованої поверхні. Рекомендовано використання сучасних приборів та вимірювачів.

Для навантажених поверхнь деталі виковано розрахунок на міцність. Отримано залежності для забезпечення міцності в процесі експлуатації.

В частині спецзавдання розглянуто питання нанесення покриттів та їх класифікація. Рекомендовано застосування детонаційного напилення для поверхонь данної деталі.

В економічній частині пропонувано та обґрунтовано використання верстатів з ЧПК для виконання операції механічної обробки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування»(8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.090260) усіх форм навчання / уклад. В. К. Яценко, В. І. Ципак, Є. Я. Кореневський та інш. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – 245 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: 1 т. / под ред. А. М. Донского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001.
3. Справочник технолога-машиностроителя: 2 т. / под ред. А. М. Донского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001.
4. Справочник нормировщика машиностроителя. Т.2. / Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: Машиностроение, 1961. – 892 с.
5. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2004. – 461 с.
6. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений / В. С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 275с.
7. Методичні рекомендації до самостійної роботи з вивчення дисципліни «Контрольно вимірювальні прилади» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / уклад. С. І. Дядя, В. М. Томілін – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 17 с.
8. Материалы информационного сайта лаборатории материаловедения ПРОМЛАБ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://promlab.pro/service.html?itemid=27>.
9. Внедрение современного оборудования и технологий химико-термической обработки деталей в ОАО «Редуктор-ПМ» // Материалы конкурса «Авиастроитель года» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.aviationunion.ru/Files/Nom_1_Reductor.pdf.

10. Материалы информационного сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://noxgrup.ru/blog/klassicheskie–texnologii–passivacii–nerzhaveyushhej–stali/>.
11. Материалы информационного сайта компании «Вебер Комеханикс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://weber.ru/device/zacistka–svarochnih–shvov/888/>.
12. Методы нанесения покрытий / И. Л. Синани, Е. М. Федосеева, Г. А. Береснев : учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 110 с.
13. Кудрявцев Н. Т. Электролитические покрытия металлами / Н. Т. Кудрявцев. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
14. Ройх И. Л. Нанесение защитных покрытий в вакууме / И. Л. Ройх, Л. Н. Колтунова, С. Н. Федосов. – М.: Машиностроение, 1976. – 368 с.
15. Бартенев С. С. Детонационные покрытия / С. С. Бартенев, Ю. П. Федько, А. И. Григорьев. – Л.: Машиностроение, 1982, – 278 с.
16. Кудинов В. В. Нанесение покрытий напылением / В. В. Кудинов, Г. В. Бобров // Теория, технология и оборудование. – М.: Металлургия, 1992, – 327 с.
17. Борисов Ю. С. Плазменные порошковые покрытия / Ю. С. Борисов, А. Л. Борисова. – Киев : Техника, 1986, – 223 с.
18. Плазменные покрытия (методы и оборудование): учебное пособие / В. П. Кривобоков, Н. С. Сочугов, А. А. Соловьёв. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2008, – 104 с.
19. Газотермическое напыление / Л.Х. Балдаев, В. Н. Борисов, В. А. Вахалин, учеб. пособие под общей ред. Л. Х. Балдаева. – М.: Маркет ДС, 2007. – 344 с.
20. Томашов Н. Д. Пассивность и защита металлов от коррозии / Н. Д. Томашов, Г. П. Чернова. М., 1965. – 208 с.
21. Скорчеллетти В. В. Теоретические основы коррозии металлов / В. В. Скорчеллетти. Л.: Химия, 1973. – 284 с.

22. Новаковский В. М. Обоснование и начальные элементы электрохимической теории растворения окислов и пассивных металлов / В. М. Новаковский. серия Коррозия и защита от коррозии, т. 2, М.: ВИНТИ, – 1973. 212 с.

23. Виноградов С. С. Гальванические ванны [Электронный ресурс] / С. С. Виноградов. – Режим доступа : http://www.galvanicrus.ru/for_engineers/vann.php.

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

25. Люманов, Е.М. Безпека технологічних процесів та обладнання на машинобудівних підприємствах [Текст]: навчальний посібник. – Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128 с.

26. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов / С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; под общ. ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.- 432 с.

27. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Редакція від: 01.01.2018. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

Додаток А

[illegible]

[illegible]

Копировал

Формат А4

[illegible]

Копировал

Формат А4

Додаток Б

Заходи по забезпеченню безпеки

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища [Б1, Б2].

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога). [Б3].

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам ПУЕ («Правила устрою електроустановок»), НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом;

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів. [Б3].

Відповідно до вимог ПУЕ обладнання має подвійну ізоляцію: робочу та додаткову. Робоча електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом. Додаткову ізоляцію застосовують для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції [Б3].

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до I класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення,

що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА [Б3].

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на дільниці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей (СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания») [Б2, Б5].

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, яке відповідає вимогам ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні». На дільниці, що проектується, передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., №

92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається. [Б6].

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження. [Б7].

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

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи [Б8].

Вплив електричного струму на людину та методи захисту

Дія електричного струму на організм людини має декілька особливостей:

– несподіваність ураження, яка пов'язана із відсутністю у людини органів чуття (рецепторів), за допомогою яких можна виявити напругу на відстані;

- можливість дистанційної дії, що проявляється в ураженні людини через електричну дугу, або крокову напругу;
- рефлекторна дія через центральну нервову систему, яка призводить до порушення роботи серця і легенів.

Електричний струм, проходячи через організм людини спричиняє термічну, електролітичну та біологічну дію [Б9].

Термічна дія струму полягає в нагріванні тканини, випаровуванні вологи із неї, що викликає опіки, обвуглювання тканин та їх розриви паровою. Тяжкість термічної дії струму залежить від величини струму, опору його проходженню та часу проходження.

Електролітична дія струму проявляється в електролізі крові та плазми, що призводить до зміни їхніх фізико-хімічних та біохімічних властивостей.

Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збудженні тканин організму. Збудження тканин внаслідок прямої (контактної) дії струму може проявлятися у вигляді мимовільного, непередбачуваного скорочення м'язів. Непряма дія струму (рефлекторна) відбувається через центральну нервову систему, до якої надходять імпульси від збуджених під дією електричного струму рецепторів. Центральна нервова система опрацьовує інформацію і надсилає відповідні імпульси до систем організму щодо нормалізації процесів життєдіяльності у відповідних тканинах та органах. Якщо кількість імпульсів, що надходить від збуджених рецепторів занадто велика настає перевантаження інформацією центральної нервової системи внаслідок чого вона може видавати недоцільну команду, що може призвести до серйозних порушень діяльності серця та легенів, навіть якщо ці органи і не знаходяться на шляху проходження струму [Б10].

Ураження електричним струмом поділяються на місцеві – електричні травми та загальні – електричні удари.

Електричні травми – це місцеві ураження, серед яких розрізняють: електричні опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, електрофтальмія, механічні пошкодження.

Електричний опік в залежності від умов виникнення може бути контактним і дуговим. Контактні струмові опіки мають місце в електроустановках напругою до 1000 В, вони виникають в місцях контакту людини із струмоведучими неізольованими елементами електроустановок. В місцях контакту виділяється значна кількість тепла за рахунок великої густини струму та підвищеного опору, який створює шкіра людини. Тяжкість ураження за таких умов залежить від величини струму, часу його дії та опору людини. Дугові опіки мають місце в установках, напругою більше 1000 В і, як правило, більш тяжкі (III або IV ступеня). В електроустановках напругою 6...10 кВ дугові опіки є результатом випадкових коротких замикань при виконанні робіт в електроустановках. Електрична дуга виникає між елементами електроустановки, тому струм через тіло людини в даному випадку не проходить і небезпека обумовлюється тепловою дією струму.

Електричні знаки – це різко окреслені плями сірого або блідо-жовтого кольору на поверхні тіла людини в місці контакту з струмоведучими елементами. Зазвичай знаки мають круглу, овальну форму або форму струмоведучого елемента, до якого доторкнулась людина, розмірами до 10 мм з поглибленням у центрі, а іноді – форму мікроблискавки. Особливого больового відчуття електричні знаки не спричиняють і з часом безслідно зникають[Б11].

Металізація шкіри – проникнення у верхні шари шкіри дрібних часток металу, який розплавився під дією електричної дуги. На ураженій ділянці тіла при цьому відчувається біль від опіку за рахунок тепла, занесеного в шкіру металом, і напруження шкіри від присутності в ній часток металу. В більшості випадків одночасно із металізацією шкіри мають місце дугові опіки.

Електрофтальмія – запалення поверхневих слизових оболонок очей в результаті дії ультрафіолетових променів, які утворюються електричною дугою. Електрофтальмія розвивається через 2 – 6 годин після опромінення і проявляється у формі почервоніння і запалення шкіри та слизових оболонок повік, слъзоточінні, гнійних виділеннях, світлоболях і світлобоязні. Тривалість захворювання 3...5 днів.

Механічні ушкодження спричиняються непередбачуваним судомним скороченням м'язів у результаті подразнювальної дії струму. В результаті таких судомних скорочень м'язів можливі розриви сухожиль, шкіри, кровоносних судин, нервових клітин, вивихи суглобів, переломи кісток.

Загальні електричні травми або електричні удари – це порушення діяльності життєво важливих органів або всього організму людини як наслідок збудження живих клітин організму електричним струмом, яке супроводжується судомним скороченням м'язів. При цьому зовнішні місцеві ушкодження можуть бути відсутні. В залежності від наслідків ураження розрізняють 4 групи електричних ударів

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів, що забезпечують захист людей від небезпечної і шкідливої дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля, статичної електрики. Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин для випадкового дотику;
- застосування електроенергії з безпечними величинами напруги;
- усунення небезпеки ураження людей струмом у разі появи напруги на частинах конструкцій електроустаткування;
- застосування індивідуальних захисних засобів від ураження електричним струмом.

Недоступність розташування струмопровідних частин досягається розміщенням їх на висоті, під підлогою чи приховано в стінах. [Б12]. Незахищені струмопровідні частини, до яких можливий дотик людей, надійно огорожують у всіх випадках, якщо напруга перевищує:

- 65 В – в приміщеннях без підвищеної небезпеки;
- 42 В – в приміщеннях з підвищеною небезпекою;
- 12 В – в приміщеннях особливо небезпечних.

Застосування малих напруг – дуже ефективний захист від ураження електричним струмом. Для живлення кіл управління технологічним обладнанням,

встановленим в особливо небезпечних приміщеннях і приміщеннях з підвищеною небезпекою; кіл управління пересувного устаткування і для живлення ручного інструменту використовують напругу не вище 42 В. На шафах і пультах управління обладнанням розміщують штепсельні розетки з напругою не вище 12.

Захисне заземлення – свідоме електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих частин електроустаткування. Дотик до незахищеного корпусу, який виявився під напругою, рівнозначний однофазному ввімкненню людини в електричну мережу. Мета заземлення – понизити до безпечної величини напругу відносно землі на металевих частинах електроустаткування, які випадково виявилися під напругою, і цим усунути небезпеку ураження людей електричним струмом. В установках напругою до 1000 В опір захисного заземлення в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом (з потужністю джерела струму 100 кВА і менше опір заземлення допускається не більше 10 Ом). Оскільки опір заземлення значно менший за опір тіла людини (1000 Ом), то у випадку її дотику до пошкодженого електроустаткування найбільший за величиною струм пройде через заземлюючий пристрій. Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювачів – металевих провідників, які з'єднані з землею, і заземлюючих провідників, які з'єднують заземлювані частини електроустаткування з заземлювачами. Заземлювачі бувають штучні та природні. [Б13].

Занулення – свідоме електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин, які можуть виявитися під напругою. Занулення повинно відповідати вимогам ПУЕ. [Б11]. У електричних мережах розрізняють нульовий захисний (N3) і нульовий робочий (NP) провідники. Нульовий захисний провідник служить для з'єднання занулюваних частин устаткування з глухо заземленою нейтраллю джерела струму; нульовий робочий провідник – для підключення до основної мережі напругою 380 В освітлювальних приладів, машин і електроапаратів, які працюють за фазової напруги (220 В). Мета занулення – перетворити витік струму на корпус в однофазне коротке замикання між фазовим і нульовим заземленням, коли

пошкоджене устаткування автоматично вимикається від мережі, яка його живить. Для захисту від струмів короткого замикання можуть використовуватися плавкі запобіжники чи автоматичні вимикачі з часом спрацьовування відповідно 5,7 і 1,2 с. [Б14].

Захисне вимкнення – швидкодійний захист, що забезпечує автоматичне відключення електроустаткування, коли в ньому виникає небезпека ураження струмом. Така небезпека може виникнути у випадку:

- замикання фази на корпус електроустаткування,
- пониження опору ізоляції фаз відносно землі,
- появи в мережі більш високої напруги,
- торкання людини до струмопровідних частин.

У цих випадках у мережі змінюються деякі електричні параметри (напруга, струм, опір), що може бути імпульсом, який викликає спрацьовування захисту – відключення пристрою. [Б15].

Блокування застосовується в електроустановках напругою вище 220 В, в яких часто ведуться роботи на струмоведучих частинах, що огорожуються. Блокування забезпечує зняття напруги із струмоведучої частини і електроустановки під час проникнення до них без зняття напруги.

Часто використовується звукова та світлова сигналізація, надписи, плакати та інші засоби інформації, що попереджують про небезпеку.

За призначенням електрозахисні засоби поділяються на ізолюючі (діелектричні рукавиці, боти, калоші, килимки, ізольовані підставки, інструмент з ізолюючими ручками, ізолюючі штанги, кліщі тощо), огорожувальні (переносні огороження, заземлення тощо) та запобіжні (пояси, захисні окуляри, каски, спеціальні рукавиці). Засоби індивідуального електрозахисту є захисні костюми, взуття і рукавиці [Б16].

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та

робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». [Б14, Б15, Б17].

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень».

Роботи на дільниці належать до категорії Па –робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання».

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення.

Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. [Б18].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП,з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин. [Б19].

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

Заходи з пожежної безпеки

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів. [26, 42].

Заходи з пожежної безпеки для механічної дільниці, приміщення технологічного бюро та дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»,

ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II [Б20].

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Приміщення механічної дільниці та дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежанебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 [Б20].

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду [26, 44].

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у

захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3). [Б20].

Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Заходи щодо ліквідації аварій

Основними заходами щодо ліквідації наслідків великих аварій є: оповіщення про небезпеку робітників та службовців, формувань ЦЗ і населення, що проживає поблизу об'єкта; комплексна розвідка об'єкта, на якому відбулася аварія; порятунок людей з-під завалів, зі зруйнованих і пошкоджених будинків та споруд, надання медичної допомоги постраждалим і евакуація їх у лікувальні установи; гасіння пожеж; локалізація аварій на комунально-енергетичних мережах, які перешкоджають веденню рятувальних робіт; улаштування проїздів і проходів до місць аварій; обвалування нестійких конструкцій, розбирання завалів, демонтаж збереженого устаткування, якому загрожує небезпека; організація комендантської служби.

Швидке проведення рятувальних робіт і оперативна ліквідація наслідків аварії вимагають значних сил і засобів, для цих цілей залучаються спеціальні (об'єктові) і територіальні формування загального призначення і служб.

При ліквідації наслідків виробничих аварій застосовуються інженерна й інша спеціальна техніка: крани, бульдозери, екскаватори, компресорні станції, самоскиди. Важкі тягачі з тросами для розтягування і розведення великих залізобетонних конструкцій, вертольоти великої вантажопідйомності і металорізальні установки.

Рятувальні роботи в місцях аварії, як правило, проводяться в умовах загазованості, а при пожежах — задимленості і високих температур; щоб

забезпечити безперервність роботи з наростаючим темпом, сили ЦЗ поділяють на зміни і виділяють резерви.

У залежності від характеру і масштабу аварії керівництво ліквідацією наслідків здійснює або керівник даного підприємства, який є одночасно і начальником ЦЗ, або голова спеціально створеної надзвичайної комісії. На кожен ділянку призначається керівник з числа відповідальних посадових осіб об'єкта або керівників ЦЗ і фахівців служб ЦЗ. Він повинен поставити завдання формуванням, вказати терміни і способи їх виконання, визначити порядок матеріального, технічного й інших видів забезпечення, організувати роботи, своєчасну зміну, відпочинок і харчування особового складу.

Рятувальні роботи і допомога потерпілим організовуються негайно після виникнення аварії. Ухваленню рішення на проведення РІНР передують ретельна розвідка. Основні її завдання — виявити обстановку, що склалася, визначити характер руйнувань і обсяг невідкладних робіт, умови, у яких потрібно вести ці роботи. У ході розвідки визначаються місцезнаходження постраждалих людей, намічаються способи їх порятунку і шляхи евакуації. Розвідку організовує керівник — начальник ЦЗ об'єкта (або голова надзвичайної комісії) за допомогою розвідувальних формувань і при обов'язковій участі провідних спеціалістів.

До місця виробничої аварії першими повинні прибувати протипожежні команди, підрозділи міліції, машини швидкої медичної допомоги.

Ліквідація наслідків аварії може здійснюватися одночасно на всьому об'єкті чи на окремих ділянках у тих випадках, коли мається достатня кількість сил і засобів, роботи проводяться відразу на всій площі. Якщо сил недостатньо, роботи доводиться проводити послідовно. При цьому в першу чергу їх починають там, де необхідно надати допомогу людям, і на ділянках, які становлять найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога надається постраждалим, які знаходяться в стані шоку, а також звільненим з-під невеликих завалів і уламків. Витягування людей з-під великих завалів здійснюється з дотриманням заходів безпеки, їм надається невідкладна медична допомога з наступною евакуацією в

лікувальні установи.

Будь-яке підприємство має свої особливості, які можуть бути невідомі рятувальникам, але повинні бути враховані. Тому перед початком робіт з кожним формуванням відповідними фахівцями підприємств і служб ЦЗ проводиться інструктаж, на якому вказуються способи дій при виконанні поставленого завдання і правила безпеки, дотримання яких обов'язково.

Для організації робіт з ліквідації наслідків аварій і катастроф на об'єкті господарювання створюється постійно діюча надзвичайна оперативна група під керівництвом головного інженера. У надзвичайних умовах вона працює під загальною координацією районної (міської) надзвичайної комісії. [Б20].

Таким чином, необхідність вирішення питань безпеки зумовлює формування цілісної системи знань з охорони праці, необхідних для прийняття за будь-яких умов обґрунтованих рішень щодо безпеки на рівні людини, колективу, підприємства, галузі, регіону й суспільства в цілому. У сфері виробничої діяльності рівень виробничого травматизму залишається високим, що є наслідком дії ряду чинників. Дотримання вимог нормативно-правових актів, виконання організаційних та технічних заходів безпеки, дотримання технологічної та трудової дисципліни дасть можливість запобігти виробничому травматизму та виникненню професійних захворювань, дасть можливість робітникам зберегти життя та високий рівень працездатності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДО ДОДАТКУ Б

Б1 . Жиდეцький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

Б2. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [На заміну ДБН В.2.5-27-2006 ; чинний від 2017-04-01]. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (Нормативно-правовий акт охорони праці)

Б3. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

Б4. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення . [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К. : Міненбуд України, 2011. 31 с.

Б5. Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Б6. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966 .

Б7. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

Б8. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с.

Б9. ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1»

Б10. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. :

МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.
(Державні санітарні норми та правила)

Б11. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

Б12. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці)

Б13. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. 14

Б14. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

Б15. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, [Електронний ресурс] Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

Б16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

Б17. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

Б18. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

Б19. Демиденко Г. П. [и др.]. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время : учебное пособие. К. : Вища шк. Головное изд-во, 1984. 232 с.

Б20. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.