

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Олександр Охріменко
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Технології машинобудування»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі “Корпус двигуна Ванкеля”

Виконав:
студент 4 курсу, групи МТ-92

_____ Болілій Іван Сергійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник Медведєв Вадим Вячеславович, к.т.н., доцент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально – науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр Охріменко

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ на дипломний проєкт студенту

_____ Болілій Іван Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломного проєкту Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі “Корпус двигуна Ванкеля”

керівник проєкту Медведєв Вадим Вячеславович, к.т.н., доцент _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «25» 05.2023р. № 1951-с

2. Термін подання студентом дипломного проєкту «_09_» _06_ 2023р.

3. Вихідні дані до проєкту креслення деталі, яка повинна виготовлятися в умовах багатосерійного виробництва

4. Зміст пояснювальної записки ,перелік завдань, які потрібно розробити Призначення деталі, відпрацювання на технологічність, вибір заготовки, план обробки поверхонь, вибір оснащення і інструмента, технологія, розрахунки режимів різання та припусків, нормування, розрахунок пристосування.

Спеціальна частина: Методи збільшення зносостійкості поверхні

5. Перелік графічно -ілюстративного матеріалу деталь, заготовка, загальна частина, технологія виготовлення, наладка ЧПК, верстатне пристосування

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічний	Медведєв В.В.		
Охорона праці	Медведєв В.В.		

7. Дата видачі завдання 22.05.2023

[illegible]

Іван БОЛІЛИЙ

Вадим МЕДВЕДЄВ

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДПБ.МТ-9201. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	76	
3	A3	ДПБ.МТ-9201. 001	Заготовка	1	
4	A3	ДПБ.МТ-9201. 002	Кресленик деталі	1	
5	A2	ДПБ.МТ-9201. 003	Карта наладки	1	
6	A2	ДПБ.МТ-9201. 004	Схема базування	1	
7	A3		Лист ЧПК	1	Плакат
8	A3		Методи збільшення зносостійкості поверхонь	1	Плакат
9	A4	ДПБ.МТ-9201. 005	Карти ескізів	9	
10	A4	ДПБ.МТ-9201. 006	Маршрутні карти	3	
11	A4	ДПБ.МТ-9201. 007	Операційні карти	10	

				ДПБ.МТ-9201. 00.000 ПЗ	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн	Болілій І.С			Лист	Листів
Керівн.	Медведєв В.В			1	76
Консульт.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. Технологій Машинобудування Гр. МТ-92_____	
Н/контр.					
Зав.каф					

Зміст

Вступ

- 1.1. Загальні відомості зносостійкості поверхонь**
 - 1.2. Огляд методів збільшення зносостійкості поверхонь**
 - 1.2.1. Механічні методи**
 - 1.2.2. Хімічні методи**
 - 1.2.3. Термічні методи**
 - 1.2.4. Покриття поверхонь**
 - 1.2.5. Комбіновані методи**
 - 1.3. Висновки**
 - 1. Технологічний контроль якості креслення**
 - 2. Аналіз службового призначення і умов її роботи у вузлі**
 - 3. Визначення типу виробництва**
 - 4. Опрацювання конструкції деталі на технологічність**
 - 5. Вибір заготовки та її техніко-економічне обґрунтування**
 - 6. Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраної схеми базування**
 - 7. Проектування технологічних маршрутів оброблення поверхонь**
 - 8. Проектування технологічного процесу оброблення деталі „Корпус двигуна Ванкеля”**
 - 9. Визначення припусків на механічну обробку**
 - 10. Розрахунок режимів різання**
 - 11. Визначення норм часу**
 - 12. Технологічна оснастка деталі "Шток"**
 - 13. Економічний розділ**
 - 14. Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності**
- Література.**

ВСТУП

Методи збільшення зносостійкості поверхонь

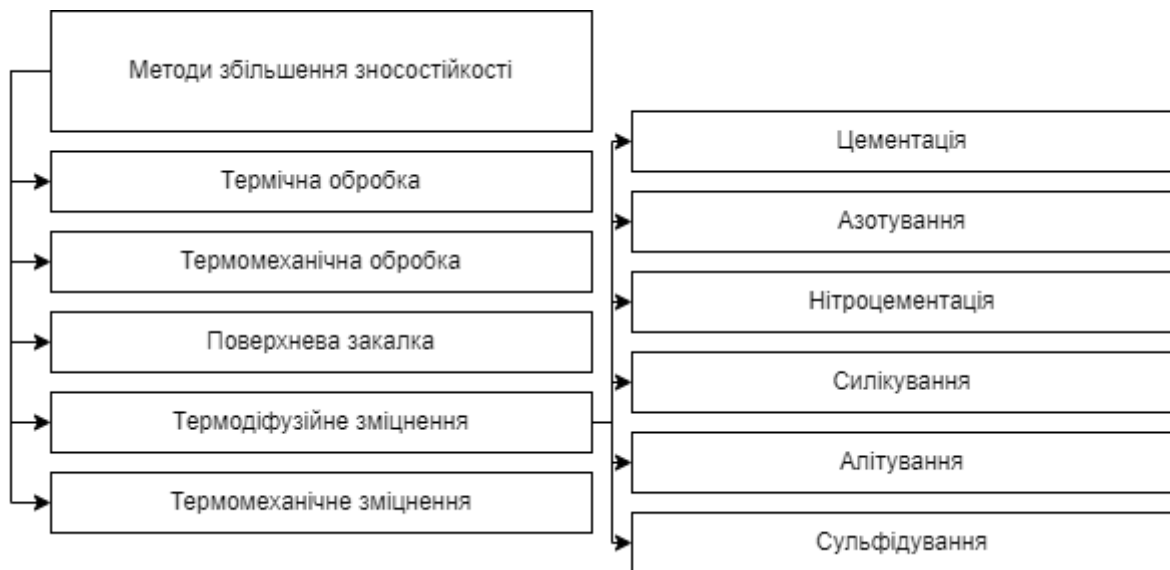


Рис 1.1 Методи збільшення зносостійкості

1. Загальні відомості зносостійкості поверхонь

Зносостійкість поверхонь є важливим аспектом в багатьох галузях, таких як промисловість, автомобільна та авіаційна індустрії, будівництво тощо. Забезпечення довговічності поверхонь та їх збільшення зносостійкості є актуальною проблемою. У даній дипломній роботі розглянемо різні методи збільшення зносостійкості поверхонь та їх плюси і мінуси.



Рис 1.2 Поверхні тертя

2. Огляд методів збільшення зносостійкості поверхонь

2.1. Механічні методи

Механічні методи збільшення зносостійкості поверхонь передбачають використання різних технологій обробки, таких як шліфування, полірування, піскоструминна обробка тощо. Під час процесу виконання механічних методів, поверхню піддають впливу абразивних матеріалів або інструментів з метою видалення дефектів та створення більш однорідної та гладкої поверхні. Необхідним обладнанням можуть бути шліфувальні машини, полірувальні машини, піскоструйні апарати тощо.

Плюси механічних методів включають видалення пошкоджень та нерівностей поверхні, поліпшення її вигляду, збільшення міцності та зносостійкості. Проте, мінусами можуть бути можливість виникнення механічних напружень, недостатня ефективність видалення дефектів глибокої недоступності, можливість появи нових дефектів під час обробки.



Рис 1.3 Шліфування поверхні

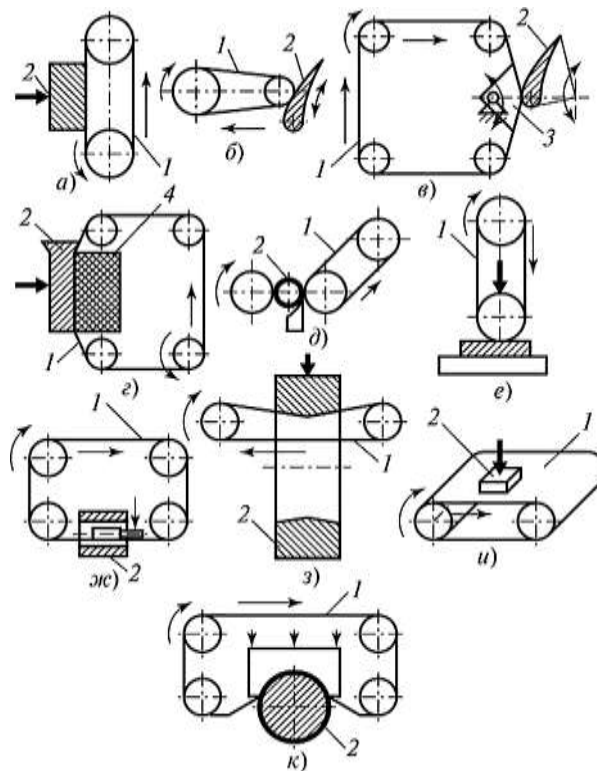


Рис 1.4 Механічні методи збільшення зносостійкості поверхонь

Механічні методи збільшення зносостійкості поверхонь мають наступний процес виконання:

1. Підготовка поверхні: видалення бруду, жирів, залишків попередніх покриттів.
2. Застосування абразивних матеріалів або інструментів: шліфування, полірування, пікоструминна обробка для видалення дефектів та нерівностей поверхні.
3. Контроль якості обробки: перевірка на наявність дефектів та рівномірність поверхні.

Необхідне обладнання для механічних методів може включати шліфувальні машини, полірувальні машини, пікоструйні апарати тощо.

Плюси механічних методів:

- Видалення пошкоджень та нерівностей поверхні.
- Поліпшення вигляду та якості поверхні.
- Збільшення міцності та зносостійкості.

Мінуси механічних методів:

- Можливість виникнення механічних напружень.
- Недостатня ефективність видалення дефектів глибокої недоступності.
- Можливість появи нових дефектів під час обробки.

2.2. Хімічні методи

Хімічні методи збільшення зносостійкості поверхонь використовують різні хімічні реакції та розчини для обробки поверхонь. Ці методи можуть включати хімічну обробку, покриття поверхонь за допомогою хімічних розчинів або нанесення захисних плівок. Обладнання для виконання хімічних методів може включати контейнери для змішування розчинів, обробні камери, спеціальні пристрої для нанесення плівок.

Переваги хімічних методів включають швидкість обробки, можливість обробки нерівних поверхонь, велику площу обробки. Однак, мінусами можуть бути вплив агресивних хімікатів на довкілля, складність контролю процесу обробки, можливість появи додаткових хімічних взаємодій. Важливо, що цей метод передбачає суворі вимоги з техніки безпеки, такі як захисні костюми, захист респіраторної системи та очей.



Рис 1.5 Хімічна обробка поверхонь

Хімічні методи збільшення зносостійкості поверхонь мають наступний процес виконання:

1. Вибір відповідного хімічного розчину або реакції в залежності від матеріалу поверхні.
2. Підготовка поверхні: очищення від бруду, жирів та інших забруднень.
3. Нанесення хімічного розчину або проведення хімічної реакції на поверхню.
4. Промивання та очищення поверхні від залишків розчину або реакції.
5. Контроль якості обробки: перевірка на наявність дефектів та рівномірність поверхні.

Необхідне обладнання для хімічних методів може включати контейнери для змішування розчинів, обробні камери, спеціальні пристрої для нанесення плівок.

Плюси хімічних методів:

- Швидкість обробки.
- Можливість обробки нерівних поверхонь.

- Велика площа обробки.

Мінуси хімічних методів:

- Вплив агресивних хімікатів на довкілля.
- Складність контролю процесу обробки.
- Можливість появи додаткових хімічних взаємодій.

2.3. Термічні методи

Термічні методи збільшення зносостійкості поверхонь базуються на впливі високої температури на матеріал. Ці методи можуть включати відпал, гартування, термохімічні обробки тощо. Під час процесу виконання термічних методів, матеріал піддається підвищеним температурам з метою зміни його структури та властивостей. Обладнання для виконання термічних методів може включати пічні камери, камери гартування, контрольні пристрої для температури.

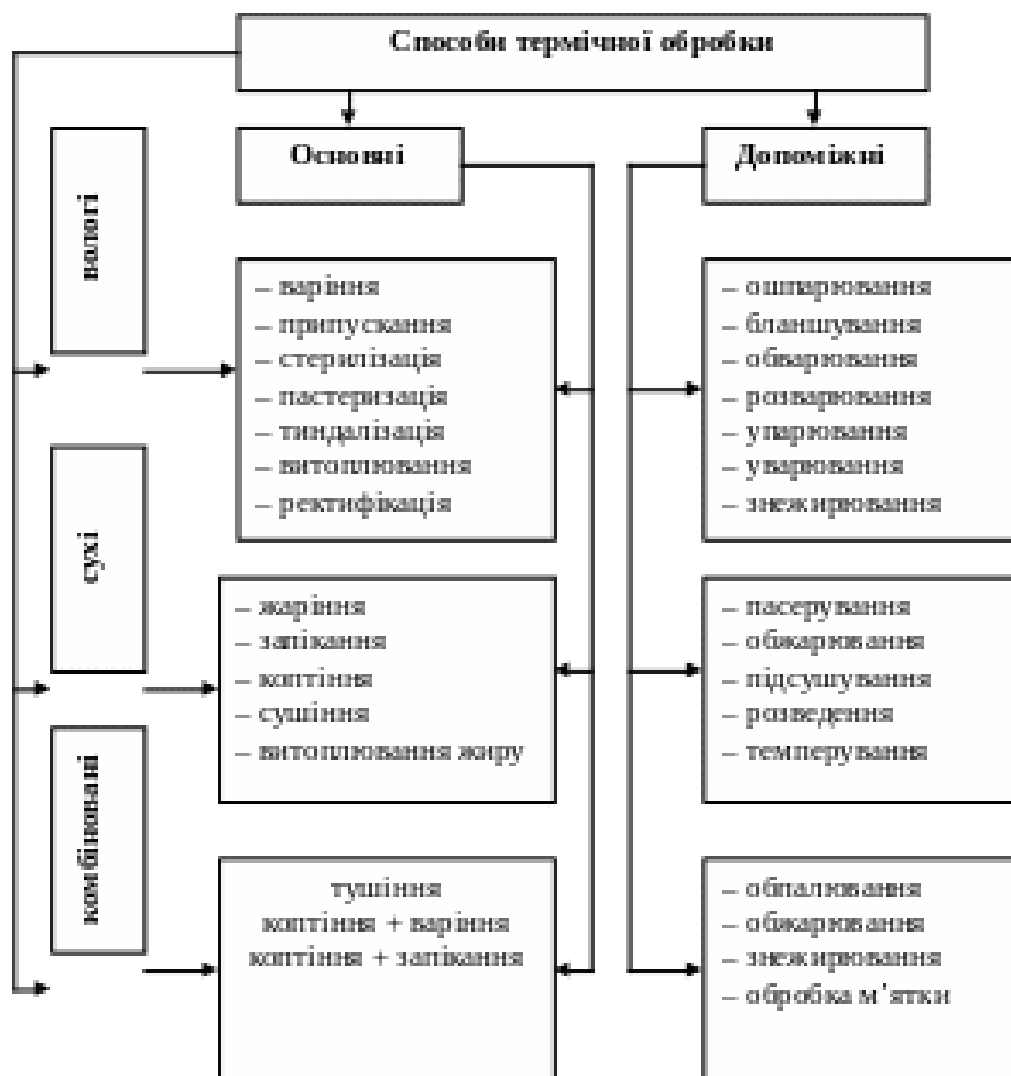


Рис 1.6 Способи термічної обробки

Переваги термічних методів включають поліпшення міцності та твердості матеріалу, збільшення його зносостійкості. Однак, мінусами можуть бути

можливість виникнення деформацій, зміна геометрії внаслідок термічного впливу, обмежена застосовність для деяких матеріалів.

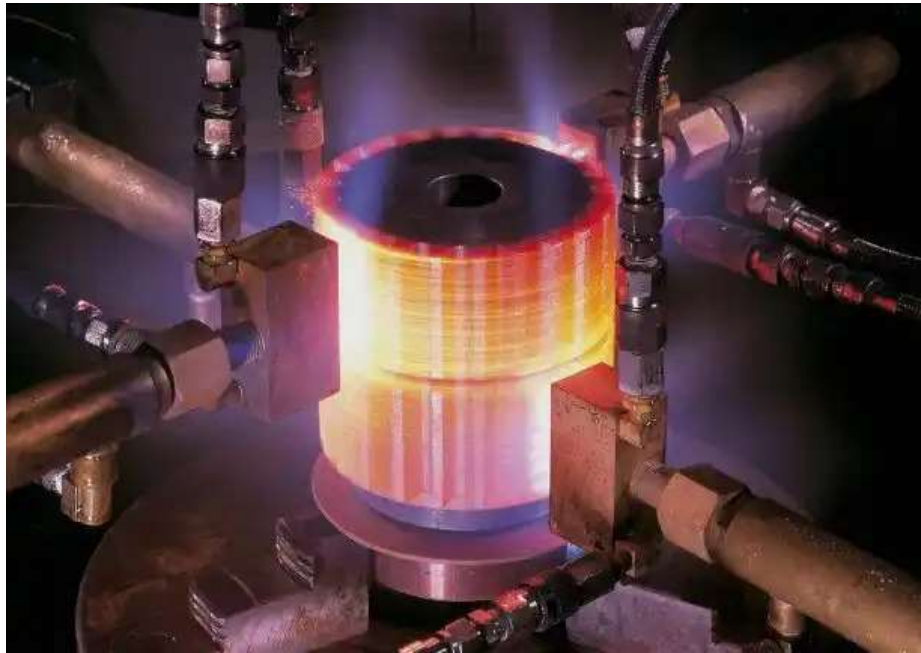


Рис 1.7 Термічна обробка поверхонь

Термічні методи збільшення зносостійкості поверхонь мають наступний процес виконання:

1. Вибір відповідного термічного режиму в залежності від матеріалу поверхні.
2. Підготовка поверхні: очищення від бруду, жирів та інших забруднень.
3. Підвищення температури до заданого режиму.
4. Вплив високої температури на поверхню для зміни структури та властивостей матеріалу.
5. Охолодження поверхні до кімнатної температури.
6. Контроль якості обробки: перевірка на наявність дефектів та рівномірність поверхні.

Плюси термічних методів:

- Поліпшення міцності та твердості матеріалу.
- Збільшення зносостійкості.

Мінуси термічних методів:

- Можливість виникнення деформацій та зміни геометрії під впливом температури.
- Обмежена застосовність для деяких матеріалів.

2.4. Покриття поверхонь

Покриття поверхонь є методом, що полягає у нанесенні шару матеріалу на поверхню з метою поліпшення її зносостійкості. Цей метод може включати нанесення плівок, напилення або осадження матеріалу на поверхню. Для виконання

процесу покриття можуть використовуватись різні методи, такі як фізичне осадження з пари, хімічне осадження, електрохімічне осадження тощо. Обладнання для покриття поверхонь може включати спеціальні камери або установки для осадження, джерела пари або розчинів.

Плюсами покриття поверхонь є покращення зносостійкості, захист від корозії, поліпшення естетичного вигляду. Проте, мінусами можуть бути складність процесу нанесення, обмежена товщина покриття, можливість розщеплення чи зносу покриття під впливом високих навантажень.



Рис 1.8 Покриття поверхонь

Метод покриття поверхонь має наступний процес виконання:

1. Вибір відповідного матеріалу для покриття в залежності від вимог та матеріалу базової поверхні.
2. Підготовка поверхні: очищення від бруду, жирів та інших забруднень.
3. Нанесення покриття на поверхню шляхом фізичного осадження, хімічного осадження або електрохімічного осадження.
4. Промивання та очищення поверхні від залишків покриття.
5. Контроль якості покриття: перевірка на наявність дефектів та рівномірність покриття.

Необхідне обладнання для покриття поверхонь може включати осаджувальні системи, обробні камери, контрольні пристрої для якості покриття.

Плюси методу покриття поверхонь:

- Захист від корозії та зносу.
- Поліпшення естетичного вигляду поверхні.
- Збільшення міцності та зносостійкості.

Мінуси методу покриття поверхонь:

- Складність процесу нанесення покриття.
- Обмежена товщина покриття.
- Можливість розщеплення чи зносу покриття під впливом високих навантажень.

2.5. Комбіновані методи



Рис 1.9 Хіміко-термічна обробка

Комбіновані методи збільшення зносостійкості поверхонь використовують поєднання двох або більше згаданих вище методів. Наприклад, може бути використане поєднання механічної обробки з хімічним покриттям або термічною обробкою. Комбіновані методи можуть виявляти більш ефективні результати, оскільки комбінують переваги різних методів та компенсують їхні недоліки. Наприклад, такі як цементация, азотування та нітроцементация.

Існує два види цементації: газова цементация і цементация твердим карбюризатором. При цементации твердим карбюризатором застосовують деревне вугілля в суміші з вуглекислими солями – карбонатами (BaCO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , CaCO_3 ті інші)

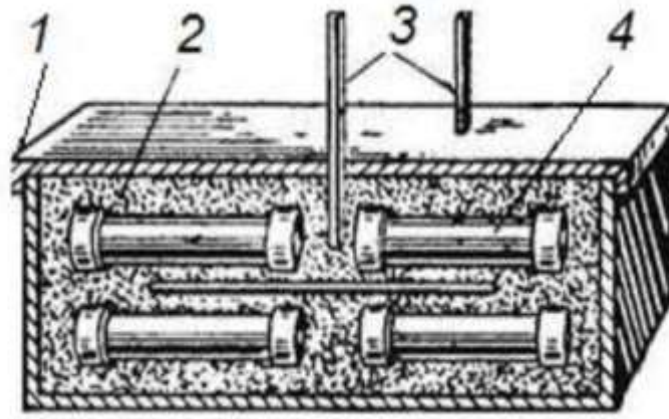


Рис 1.10 Цементация
1- Ящик 2- карбюризатор 3- “свідки” 4-деталі



Рис 1.11 Цементация поверхонь

3. Висновки

Збільшення зносостійкості поверхонь є важливим аспектом в багатьох галузях, включаючи машинобудування, автомобільну промисловість та енергетику. У даній роботі були розглянуті різні методи збільшення зносостійкості поверхонь, включаючи механічні, хімічні, термічні методи та метод покриття поверхонь.

Кожен з методів має свої плюси та мінуси. Механічні методи дозволяють видалити пошкодження та покращити вигляд поверхні, але можуть виникнути механічні напруження. Хімічні методи швидкі та можуть бути застосовані на нерівних поверхнях, але можуть мати негативний вплив на довкілля. Термічні методи покращують міцність та твердість матеріалу, але можуть спричинити деформації. Метод покриття поверхонь забезпечує захист від корозії та зносу, але має обмежену товщину та можливість розщеплення під впливом навантажень.

Вибір оптимального методу залежить від вимог до поверхні, властивостей матеріалу та експлуатаційних умов. При виконанні процесу обробки необхідно враховувати необхідне обладнання та контролювати якість обробки.

Таким чином, дослідження та використання методів збільшення зносостійкості поверхонь відкриває перспективи для поліпшення якості та тривалості експлуатації різних конструкцій та деталей. Для подальшого розвитку цієї галузі рекомендується проведення додаткових експериментів та досліджень з метою вдосконалення та оптимізації методів збільшення зносостійкості поверхонь.

1. Технологічний контроль якості креслення

У результаті технологічного контролю креслення „Корпус двигуна Ванкеля”, яке було видане як завдання на дипломну роботу, виявлено наступне:

- на кресленні вказані не всі розміри, необхідні для виготовлення деталі, тому креслення було доопрацьоване, з врахуванням конструкторських особливостей деталі;
- шорсткість усіх поверхонь корпусу вказана відповідно до ГОСТ 2789-73;
- допуски і відхилення розмірів наведені відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82;
- допуски форми та розташування поверхонь вказані відповідно до ГОСТ 24643-81;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь корпусу відповідають вимогам, які пред’явлені до шорсткості цих поверхонь.

2. Аналіз службового призначення і умов її роботи у вузлі

Складальне креслення виробу відсутнє, тому це ускладнює визначення службового призначення, та умов роботи деталі.

При виготовленні корпусу двигуна Ванкеля (Рис.1.1) необхідно приділити увагу виготовленню таких точних поверхонь, як:

- 1) Внутрішня поверхня R92H7 ($-0,035$), та має високу вимогу до шорсткості поверхні $Ra=1,6$ мкм.

По внутрішній поверхні рухається ротор двигуна, тому потрібно виготовляти дану поверхню з високими вимогами шорсткості, витримуючи розміри R92H7, з відстанню між центрами $56 \pm 0,03$ мм та $182 \pm 0,046$ мм

Заготовка корпусу виготовляють зі Чавуну КЧ 30-6, ДСТУ 3132-95.

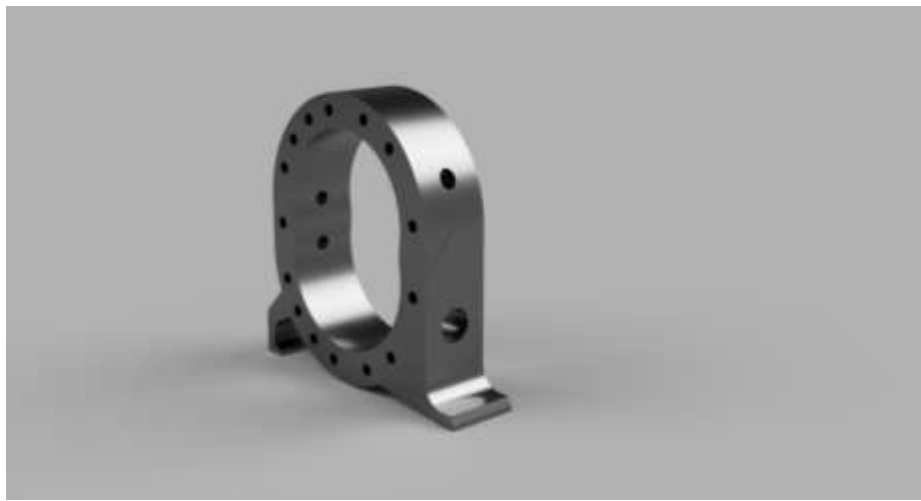


Рис.1.1 Деталь „ Корпус двигуна Ванкеля”

Хімічний склад та фізико-механічні властивості чавуну марки Чавун КЧ 30-6 наведені в табл.1.1.

Таблиця 2.1 Хімічний склад та фізико-механічні властивості Чавун КЧ 30-6

Si,%	Mn,%	S,%	P,%	Cr ,%
1,1...1,6	0,40...0,6	<0,02	<0,18	<0,08
- границя міцності при стисканні (σ_T) – 294 МПа; - відносна видолга (δ_T) – 6% МПа; - твердість за Брінеллем (HB) – 163 HB				

Чавун КЧ 30-6: Ковкий чавун КЧ 30-6, підходить для деталей підвищеної міцності. Відносять до чавунів, якість якої поліпшується після термообробки – нормалізації та закалювання.

Висновок: Приймаючи до уваги те, що деталь в процесі експлуатації працює в умовах високих температур, та зазнає впливу агресивних середовищ та сприймає великі знакозмінні навантаження вказаний матеріал забезпечить виконання усіх вимог пред’явлених до деталі, а також матиме досить низьку собівартість її виготовлення.

3. Визначення типу виробництва

Тип виробництва - це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску продукції. У відповідності до стандартів ГОСТ 3.1108-74 єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 ЄСТПВ однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій ($K_{3.0}$), який визначається як відношення кількості всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватись протягом місяця до кількості робочих місць та розраховується по формулі:

$$K_{3.0} = \frac{\sum_{i=1}^n TO}{\sum_{j=1}^m PM}, (3.1)$$

де: $\sum_{i=1}^n TO$ - число технологічних операцій,

$\sum_{j=1}^m PM$ - число робочих місць з різними операціями.

Оскільки на даному етапі розробки ще невідомі ні кількість всіх операцій, ні кількість робочих місць, то неможливо визначити коефіцієнт закріплення операцій. У той же час, тип виробництва може бути визначений на основі маси та річного обсягу випуску виробу або заданий завданням на курсовий проект. Визначимо тип виробництва згідно наступної таблиці (3.1)

Таблиця 3.1 Допоміжна таблиця для орієнтовного визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт.		
	Легкі, масою до 20 кг	Середні, масою 20...30 кг	Важкі, масою більше 30кг
одиничне	До 100	До 10	1...5
малосерійне	101...500	11...200	6...10
середньосерійне	501...5000	201...1000	101...300
великосерійне	5001...50000	1001...5000	201...1000
масове	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Отже, для деталі масою $m=20,567$ кг та за річного обсягу випуску 50000

штук можна прийняти великосерійний тип виробництва.

Тип виробництва визначає структуру технологічних процесів, форму їх організації, вибір металорізальних верстатів, інструментів, засоби проектування операцій, організацію роботи на виробництві.

Для великосерійного типу характерна не потокова форма організації виробництва. Виробничу ділянку організовують за принципом обробки конструктивно подібних деталей, наприклад дільниці корпусних деталей. На дільниці використовують спеціалізоване устаткування, у тому числі верстати з ЧПУ, розставлене в порядку виконання операцій.

Розмір партії деталей можна визначити по формулі:

$$n = \frac{N \cdot t}{F}, \text{ шт} \quad (3.2)$$

де: N - річна програма випуску деталей, $N=50000$ шт.;

t - кількість днів, на який необхідно мати запас деталей, $t=5$ днів;

F - кількість робочих днів у році, $F=254$ днів.

Підставивши у формулу (1.2) значення, одержимо:

$$n = \frac{N * t}{F} = \frac{50000 * 5}{254} = 984,25$$

Висновок: Тип виробництва - великосерійне. Всі подальші технологічні рішення будемо виконувати для великосерійне типу виробництва.

4. Опрацювання конструкції деталі на технологічність

Технологічність це властивості виробу, які забезпечують найбільшу простоту реалізації технологічного процесу.

Відпрацювання на технологічність представляє собою комплекс заходів по забезпеченню необхідного рівня технологічності конструкції за встановленими показниками, що спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження затрат і скорочення часу на виготовлення виробу при забезпеченні її якості. Оцінка технологічності може бути двох видів:

- якісна;
- кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції взагалі на основі досвіду і допускається на всіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовим показником і доцільна у тому випадку, коли ці показники сильно впливають на технологічність виробу.

В курсовому проекті частково використаємо обидва види оцінки.

4.1. Якісна оцінка технологічності конструкції

Матеріал виробу – Чавун КЧ 30-6 має гарні властивості до обробки різанням.

Поверхні, що обробляються є простими. При обробленні деталі не потрібно використовувати спеціальний різальний інструмент, всі поверхні є легкодоступні. Забезпечується точне та надійне базування в процесі оброблення.

Аналіз технологічності конструкції корпусу дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція є достатньо жорсткою, допускає низькі режими різання, використовується широкий набір інструментів;
- конструкція корпусу забезпечує вільний доступ різального та контрольного інструменту до поверхонь, що обробляються;
- усі поверхні та отвори можуть бути оброблені стандартним інструментом.

4.2. Кількісна оцінка технологічності деталі

1. Рівень технологічності конструкції по точності оброблення:

де: $K_{б.тч}$, $K_{тч}$ - відповідно базовий і отриманий коефіцієнти точності оброблення.

Коефіцієнт точності оброблення $K_{тч}$ визначається по формулі

$$K_{у.тч} = \frac{K_{б.тч}}{K_{тч}} \quad (4.1)$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_c} = 1 - \frac{\sum ni}{\sum Tni} = 1 - \frac{1}{13,7} = 0,93 \quad (4.2)$$

T_c - середній квалітет точності оброблення виробу;

n_i - кількість розмірів одного квалітету точності;

T - квалітет точності оброблення.

Таблиця 4.1 Кількісна характеристика

Поверхня	Квалітет	
	7	14
Фасонна	1	1
Лінійна	-	2
Отвори	-	19

$$T_c = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}; \quad (4.3)$$

$$T_c = \frac{7 * 1 + 14 * 1 + 14 * 2 + 14 * 19}{1 + 1 + 2 + 19} = 13,7$$

$K_{Tч} = 0,93 > 0,8$ – умова виконується.

2. Рівень технологічності конструкції по шорсткості поверхонь:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш n_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} \quad (4.4)$$

де: $K_{б.ш}$, $K_{ш}$ – відповідно базовий та отриманий коефіцієнт шорсткості.

Таблиця 4.2 Якісна характеристика

Поверхня	Шорсткість	
	1,6	6,3
Фасонна	1	1
Лінійна	-	2
Отвори	-	19

$$Ш_{cp} = \frac{1,6 * 1 + 6,3 * 1 + 6,3 * 2 + 6,3 * 19}{1 + 1 + 2 + 19} = 6,1$$

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{6,1} = 0,1 \quad (4.5)$$

$$K_{ш} = 0,16 < 0,32$$

3. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{M_d}{M_3} = \frac{20,567}{27,5} = 0,75 \quad (4.6)$$

де M_d , M_3 – відповідно маса деталі і маса заготовки;

Оскільки точну масу заготовки ми поки що не знаємо, то вважаємо, що її маса на 30% більша від маси деталі.

4. Рівень технологічності конструкції використання матеріалу:

$$K_{у.и.} = \frac{K_{б.в.м.}}{K_{в.м.}} \quad (4.7)$$

де: $K_{б.в.м.}$, $K_{в.м.}$ – відповідно базовий та отриманий коефіцієнти використання матеріалу.

Відпрацювання деталі на технологічність за кількісними показниками показало, що деталь технологічна за показниками точності розмірів поверхонь, використання матеріалу заготовки, за показником шорсткості поверхонь.

Висновок: З урахуванням виконаного аналізу можна зробити висновок, що деталь є технологічною.

5. Вибір заготовки та її техніко-економічне обґрунтування

У машинобудуванні для одержання заготовок найбільш широко застосовують лиття, оброблення металів тиском і зварювання, а також комбінації цих методів. Однак кожен з методів має велику кількість способів одержання заготовок. Найчастіше при виборі методу необхідно в першу чергу враховувати матеріал деталі та її призначення.

Заготовку будемо одержувати методом лиття виходячи з залежності від типу виробництва приймаємо тип виготовлення – лиття в кокіль, бо воно фінансово оптимальне. Литтям можна виготовляти вироби різних конфігурацій.

Враховуючи матеріал деталі (КЧ 30-6) та обсяг випуску деталей (50000 шт.) приймаємо спосіб виготовлення: лиття в кокіль.

Мета обґрунтування методу отримання заготовки – знаходження найбільш економічно доцільного методу при визначеному типі виробництва, відомому матеріалі заготовки та вимог до якості виготовлення деталі.

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструкторськими формами, що забезпечують можливість використання найоптимальніших методів оброблення, тобто оброблення з найбільшою продуктивністю та найменшими відходами виробництва. На вибір метода отримання заготовки впливають: матеріал деталі, її призначення та технологічні вимоги на виготовлення, обсяг та серійність випуску, форма поверхонь та розміри деталі. З огляду на розміри й матеріал корпусу, заготовку будемо литтям в кокіль, оскільки цей метод є рекомендований для великосерійного та багатосерійного типів виробництва. Основні параметри визначаються згідно ГОСТ 7062-90:

*Таблиця 5.1 - Загальні припуски на обробку поверхонь деталі «Корпус»
[ГОСТ 26645-85 т.5, с.5]*

Розмір деталі, мм	Точність розмірів, квалітет	Шорсткість R_a , мкм	Припуск на розміри заготовки, мм	Розмір заготовки, мм
318±0,7	js14	12,5	2,5	320,5±1,8
320±0,7	js14	12,5	2,5	322,5±1,8
92 ^{+0,035}	H7	1,6	2,5x2	87 ^{+0,87}
130 ^{+0,5}	H14	6,3	2,5x2	135 ⁺¹
80±0,435	js14	12,5	2,5x2	85±0,7

Маса заготовки за КАД = 27,5 кг

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується за формулою 7

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{20,567}{27,5} = 0,75$$

Коефіцієнт використання матеріалу в межах норми.

Визначаємо вартість виливка по формулі:

$$S_z = \left(\frac{C_i}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}; \quad (5.1)$$

де: C_i - базова вартість однієї тонни заготовок, $C_i = 140\,000$ грн.

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_{\Pi} = 1$ - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й обсягу виробництва заготовок.

Q - маса заготовки, кг; $Q = 27,5$ кг;

q - маса готової деталі, $q = 20,567$ кг;

$S_{\text{від.}}$ - ціна 1т відходів, $S_{\text{від.}} = 14\,000$ грн.

Підставивши дані у формулу (5.1), одержимо:

$$S_3 = \left(\frac{140\,000}{1000} * 27,5 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 \right) - (27,5 - 20,567) \frac{14\,000}{1000} = 3\,752 \text{ грн}$$

Вартість заготовки вважатимемо раціональною, а отже прийняти спосіб виготовлення заготовки — ЛИТТЯ В КОКІЛЬ.

-

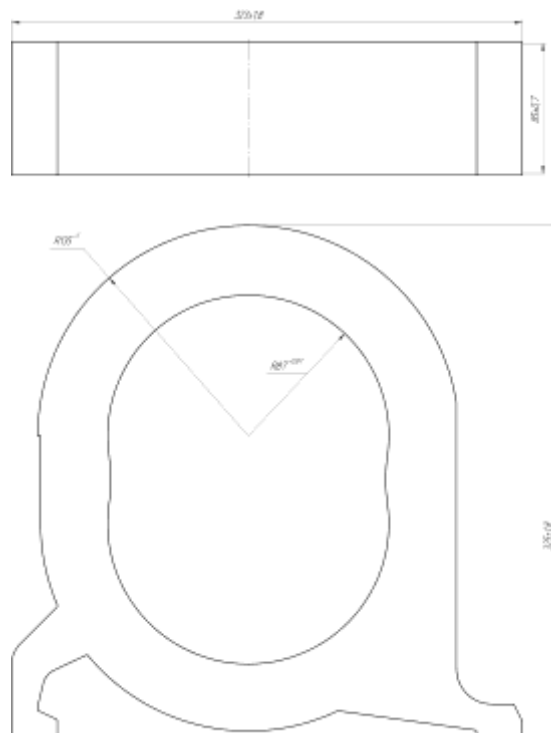


Рисунок 5.1 Кресленик заготовки

6. Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраної схеми базування

Якість виготовлення деталей в значній мірі залежить від правильного вибору технологічних баз, оскільки неправильний вибір викривляє положення заготовки відносно інструмента, приводить до похибки обробленої поверхні,

створює нерівномірність припусків на оброблення й може служити причиною браку.

При виборі технологічних баз керуються двома основними принципами: єдності і постійності баз. Принцип єдності баз полягає в тому, що за технологічну базу вибирають поверхню (її вісь або площина симетрії), що є одночасно конструкторською і вимірювальною базами. Якщо це виконати не можливо, то технологічну базу сполучають хоча б з однією з них. Принцип єдності баз використовується, насамперед, з метою зменшення похибок обробки, а також для одержання найбільш раціонального варіанту технологічного процесу

Загальний алгоритм вибору технологічних баз передбачає на першому етапі вибір загальних технологічних баз (ЗТБ). На першій операції (при неможливості - за декілька операцій) потрібно отримати загальну технологічну базу - сукупність поверхонь заготовки, що забезпечує оброблення на більшості операцій технологічного процесу з незмінною установкою заготовки. ЗТБ знаходиться в результаті аналізу конструктивних особливостей заготовки. Для цього виконується класифікація поверхонь заготовки за службовим призначенням. Всі поверхні деталей у відповідності до їх використання прийнято ділити на чотири класи:

- основні конструкторські бази (ОКБ) - використовуються для орієнтації деталі в процесі роботи;
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП) - використовуються для визначення положення приєднувальних деталей та елементів;
- вільні поверхні (ВП) - всі інші поверхні деталі.

Класифікацію проводимо на основі аналізу вузла, в який входить наша деталь (див. рис. 6.1).

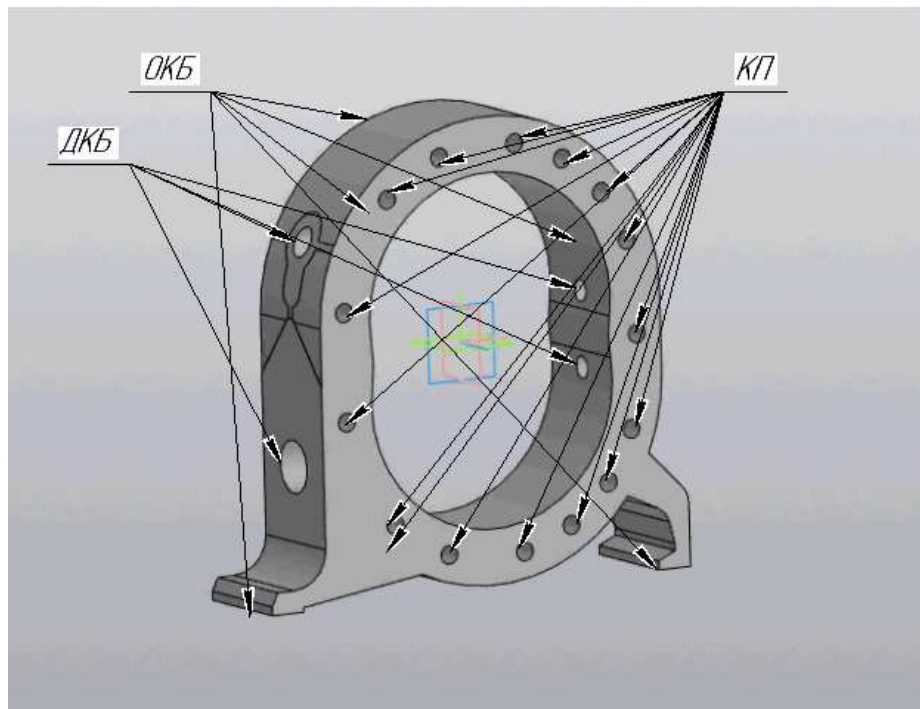


Рисунок 6.1 Класифікація баз за призначенням

Для даного корпусу основними конструкторськими базами (ОКБ) будуть зовнішня поверхня, торці та внутрішня поверхня. Допоміжними конструкторськими базами (ДКБ) є отвори $\varnothing 15,5H14$, $\varnothing 20H14$ і $\varnothing 36H14$. До кріпильних поверхонь (КП) відносимо отвори під кріплення: $\varnothing 13H14$.

Поверхні, які входять в комплект загальних технологічних баз, повинні мати найбільш сприятливі характеристики якості. Комплект загальних технологічних баз повинен забезпечувати просту установку заготовки, надійність закріплення, найбільш просту конструкцію пристосування.

7. Проектування технологічних маршрутів оброблення поверхонь

Конструкцію деталі можна розділити на сукупність типових геометричних фігур, до поверхонь яких, згідно робочого креслення, висунуто певні вимоги щодо параметрів точності та якості. Практикою машинобудівного виробництва накопичено виробничий досвід технологічних маршрутів (послідовностей) економічного оброблення типових поверхонь для забезпечення заданої точності розмірів та параметрів шорсткості робочих поверхонь. Практично всі технологічні довідники приводять такі послідовності. Типові технологічні маршрути (послідовності) оброблення поверхонь є рекомендаціями, які необхідно додатково

аналізувати та уточнювати при технологічному проектуванні. Маршрути оброблення поверхонь, економічна точність та шорсткість робочих поверхонь, що при цьому буде забезпечена наведено в табл.7.1.

Таблиця 7.1 Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі „Шток”

№	Параметр поверхні	Маршрут обробки поверхні
1	Фасонна поверхня R92H7 Ra1,6	1. Фрезерування чорнове H11 Ra 6,3 2. Фрезерування чистове H9 Ra 3,2 3. Термічна обробка 4. Шліфування чорнове H7 Ra 2,5 5. Шліфування чистове H7 Ra 1,6
2	Фасонна поверхня по контуру R130 Ra6,3	1. Фрезерування чорнове H11 Ra 6,3 2. Термічна обробка 3. Шліфування чорнове H11 Ra 6,3
3	Отвори Ø13H12	1. Центрування H14 Ra 6,3 2. Свердління H11 Ra 6,3
4	Отвори Ø15,5 H7 Ra 1,6	1. Центрування H14 Ra 6,3 2. Свердління на прохід H14 Ra 6,3 3. Зенкування H9 Ra 3,2 4. Розгортання чистове H7 Ra 1,6
5	Отвір Ø20H7 Ra 1,6	1. Центрування H14 Ra 6,3 2. Свердління на прохід H14 Ra 6,3 3. Зенкування H9 Ra 3,2 4. Розгортання чистове H7 Ra 1,6
6	Отвір Ø36H7 Ra 1,6	1. Центрування H14 Ra 6,3 2. Свердління на прохід H14 Ra 6,3 3. Зенкування H9 Ra 3,2 4. Розгортання чистове H7 Ra 1,6
7	Площина верхня та нижня з переустановкою $82,5 \pm 0,27$; $80 \pm 0,23$	1. Фрезерування чорнове js14 Ra 6.3

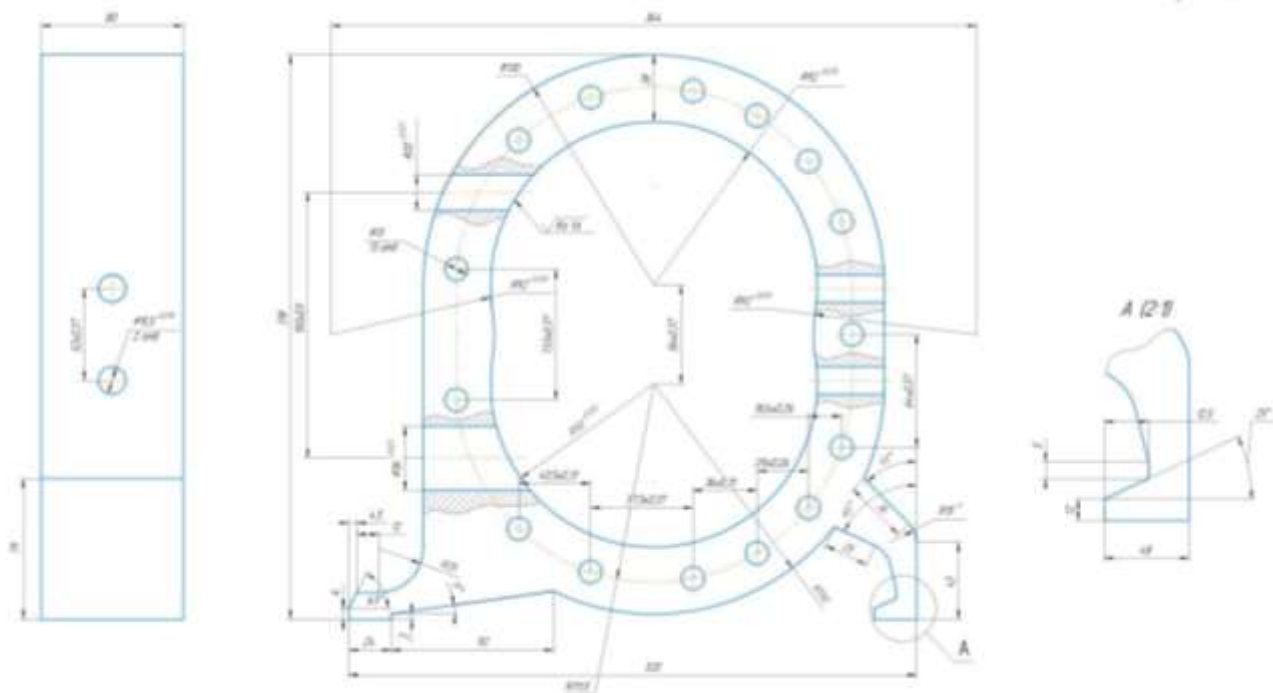


Рисунок. 7.1 Ескіз деталі.

8. Проектування технологічного процесу оброблення деталі „Корпус двигуна Ванкеля”

Для деталі можливо реалізувати принцип суміщення баз. При використанні цього принципу точність не залежить від розмірів, отриманих при виконанні попередніх операцій. Обробка заготовок здійснюється за розмірами, що визначають координатне положення поверхонь і проставлені в робочому кресленні з використанням всього поля допуску на розмір, нормованого конструктором. В якості загальних технологічних баз використовуємо: зовнішні та внутрішні поверхні $R92^{+0,021}$, $R130$, центрові отвори - подвійна напрямна база, та опорну поверхню – торець деталі.

Нижня площина – опорна поверхня та торці деталі, нижня площина та внутрішня площина – подвійна напрямна база, Нижня площина – опорна поверхня та торці деталі, нижня площина та торці деталі – опорна поверхня,

8.1. Розроблення та представлення маршрутного технологічного процесу

На даному етапі проектування необхідно розробити маршрутний технологічний процес оброблення деталі „Корпус”.

На чорнових операціях необхідно обробляти поверхні, які мають найбільший припуск, а також найбільш відповідальні поверхні.

Кожний наступний перехід або операція повинні підвищувати характеристики якості оброблюваних поверхонь.

Завершальне, фінішне оброблення найбільш відповідальних поверхонь необхідно виконувати останніми технологічними переходами, так як це дає змогу компенсувати попередні похибки та виключає їх випадкове пошкодження.

У технологічному процесі необхідно передбачати операції контролю, які доцільно розміщувати між окремими операціями та перед виконанням відповідальних високо вартісних операцій, а також у кінці.

МАРШРУТНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ „Корпус”

005. Фрезерна з ЧПК (Haas GM-2).

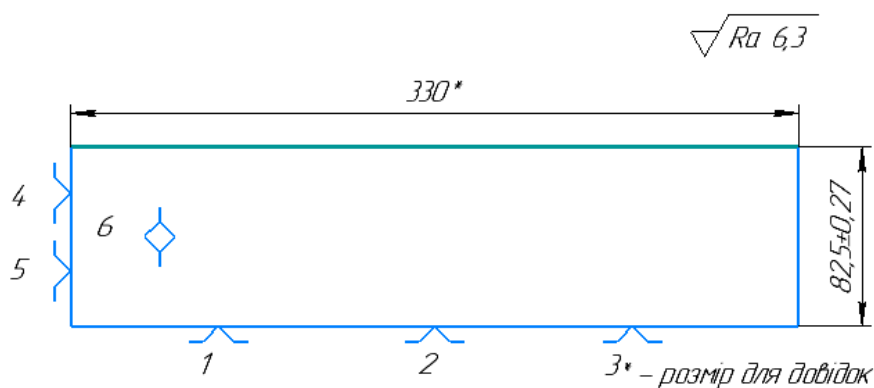


Рисунок 8.1 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Фрезерувати верхню площину витримуючи розмір $82,5 \pm 0,27$ мм. Одночасно 5 деталей.

010. Фрезерна з ЧПК (Haas GM-2).

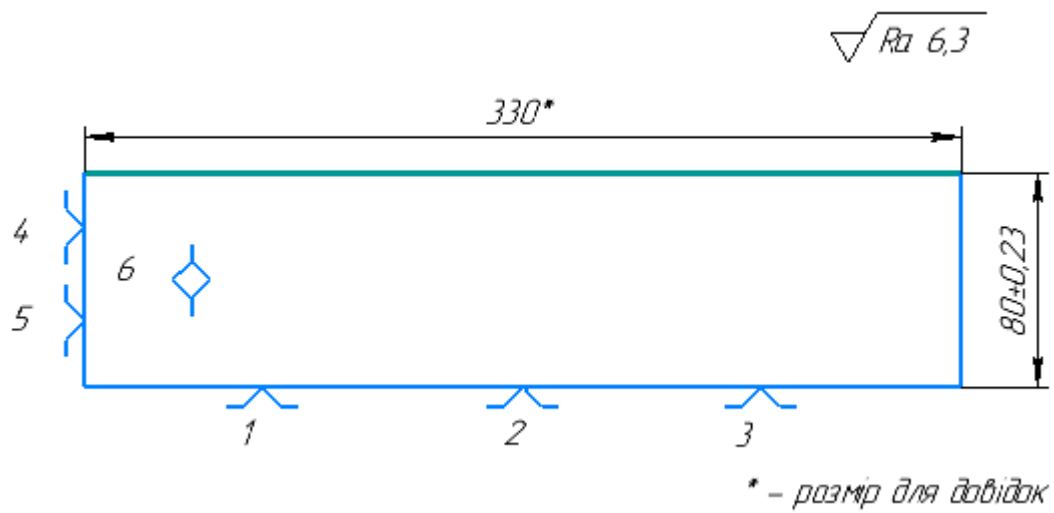


Рисунок 8.2 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Фрезерувати верхню площину витримуючи розмір $80\pm 0,27$ мм. Одночасно 5 деталей.

015. Фрезерна з ЧПК (Haas VF-3).

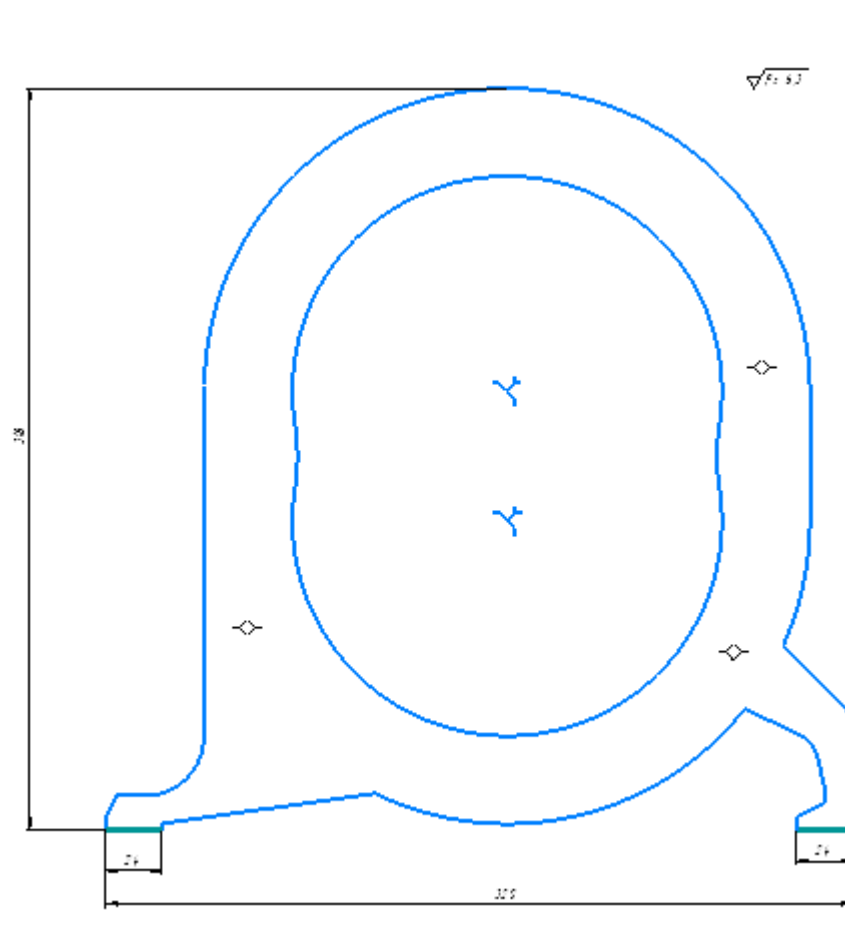


Рисунок 8.3 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти

2. Фрезерувати начорно $24 \pm 0,105$ мм, $24 \pm 0,105$ мм, $43 \pm 0,125$ мм, витримуючи розміри $320 \pm 0,7$ мм, $318 \pm 0,7$ мм, $6 \pm 0,15$ мм

020. Фрезерна з ЧПК (Haas VF-3).

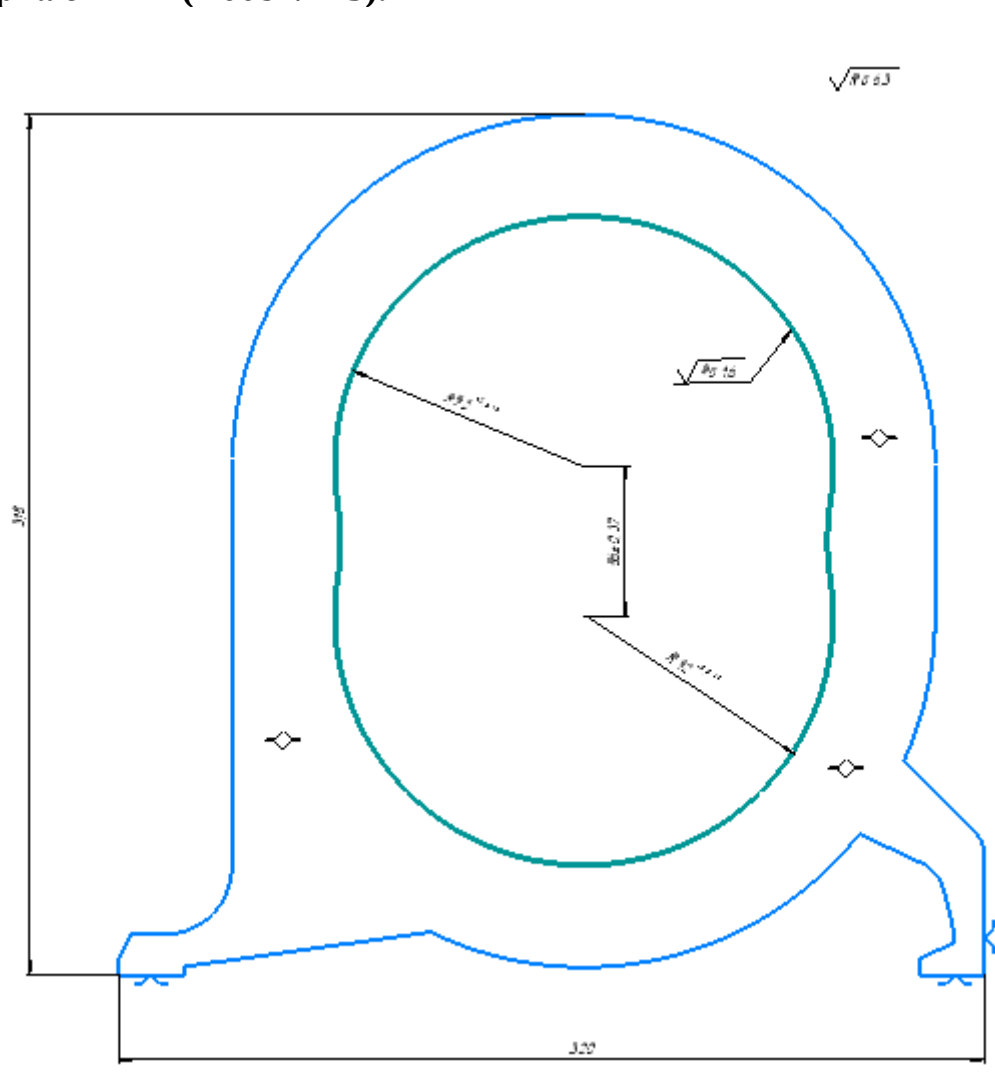


Рисунок 8.4 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Розфрезерувати начорно внутрішню поверхню, на розмір $R90,5^{+0,035}$, витримуючи розмір $56^{+0,37}$ мм

025. Свердлильна з ЧПК (Haas DT-1).

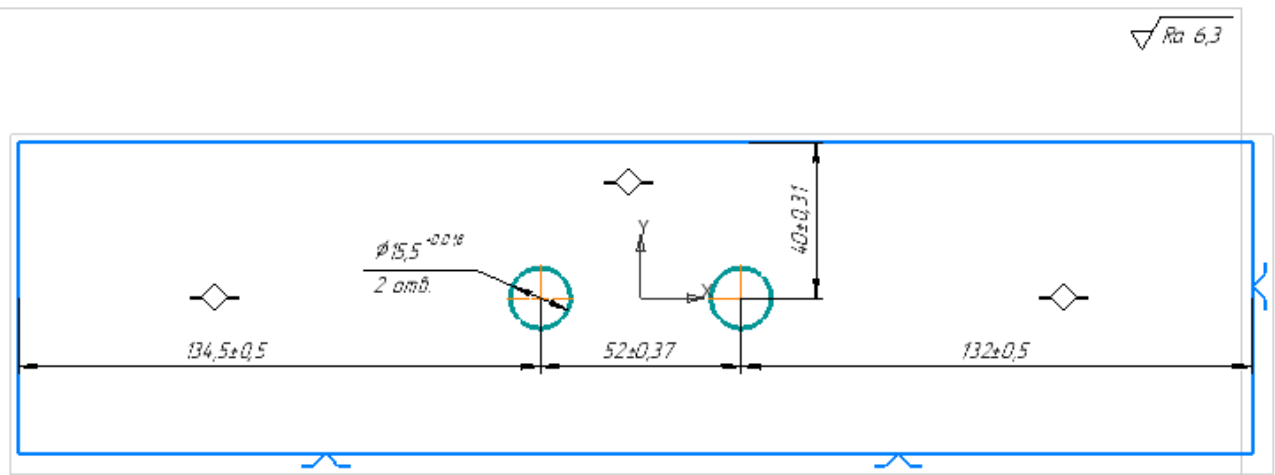


Рисунок 8.5 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Центрувати під отвори $\varnothing 15,5$ мм, витримуючи розміри $132,5\pm0,5$ мм, $52\pm0,37$ мм, $134,5\pm0,5$ мм, $40\pm0,31$ мм
3. Свердлити отвори на розмір $\varnothing 12^{+0,43}$ мм, витримуючи розміри $132,5\pm0,5$, $52\pm0,37$ мм, $134,5\pm0,5$ мм, $40\pm0,31$ мм
4. Зенкувати отвори на розмір $\varnothing 15,3^{+0,043}$ мм , витримуючи розміри $132,5\pm0,5$ мм, $52\pm0,37$ мм, $134,5\pm0,5$ мм, $40\pm0,31$ мм
5. Розгортати начисто $\varnothing 15,5^{+0,018}$ мм, витримуючи розміри $132,5\pm0,5$ мм, $52\pm0,37$ мм, $134,5\pm0,5$ мм, $40\pm0,31$ мм

030. Свердлильна з ЧПК (Haas DT-1).

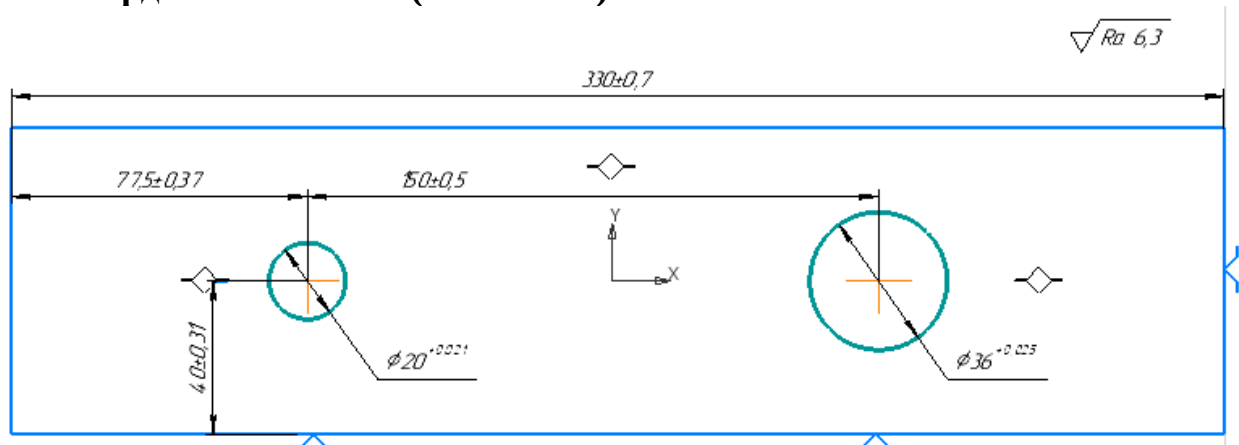


Рисунок 8.6 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Центрувати під отвори $\varnothing 20^{+0,021}$ мм і $\varnothing 36^{+0,025}$ мм, витримуючи розміри $330\pm0,7$ мм, $77,5\pm0,37$ мм, $150\pm0,5$ мм, $40\pm0,31$ мм
3. Свердлити отвір $\varnothing 18^{+0,43}$ мм витримуючи розміри $77,5\pm0,37$ мм, $40\pm0,31$ мм
4. Свердлити отвір $\varnothing 33^{+0,62}$ мм витримуючи розміри $150\pm0,5$ мм, $40\pm0,31$ мм

5. Зенкувати отвір $\varnothing 19,8^{+0,052}$ мм витримуючи розміри $77,5 \pm 0,37$ мм, $40 \pm 0,31$ мм
6. Зенкувати отвір $\varnothing 35,8^{+0,062}$ мм витримуючи розміри $150 \pm 0,5$ мм, $40 \pm 0,31$ мм
7. Розгортати начисто $\varnothing 20^{+0,021}$ мм витримуючи розміри $77,5 \pm 0,37$ мм, $40 \pm 0,31$ мм
8. Розгортати начисто $\varnothing 36^{+0,025}$ мм витримуючи розміри $150 \pm 0,5$ мм, $40 \pm 0,31$ мм

035. Свердлильна з ЧПК (Haas VF-3)

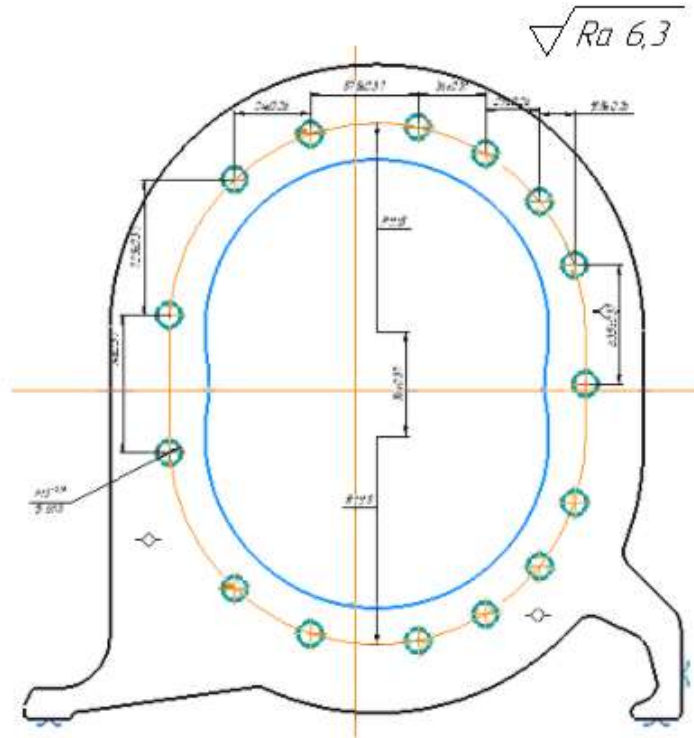


Рисунок 8.7 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Центрувати під отвори $\varnothing 13^{+0,18}$ мм, витримуючи розміри $74 \pm 0,37$ мм, $72,5 \pm 0,37$ мм, $24 \pm 0,26$ мм, $57,5 \pm 0,37$ мм, $36 \pm 0,31$ мм, $29 \pm 0,26$ мм, $18,5 \pm 0,26$ мм, $63,5 \pm 0,37$ мм згідно креслення.
3. Свердлити 15 отворів $\varnothing 13^{+0,18}$ мм, витримуючи розміри $74 \pm 0,37$ мм, $72,5 \pm 0,37$ мм, $24 \pm 0,26$ мм, $57,5 \pm 0,37$ мм, $36 \pm 0,31$ мм, $29 \pm 0,26$ мм, $18,5 \pm 0,26$ мм, $63,5 \pm 0,37$ мм згідно креслення.

040. Термічна.

45 Фрезерна з ЧПК (Haas VF-3)

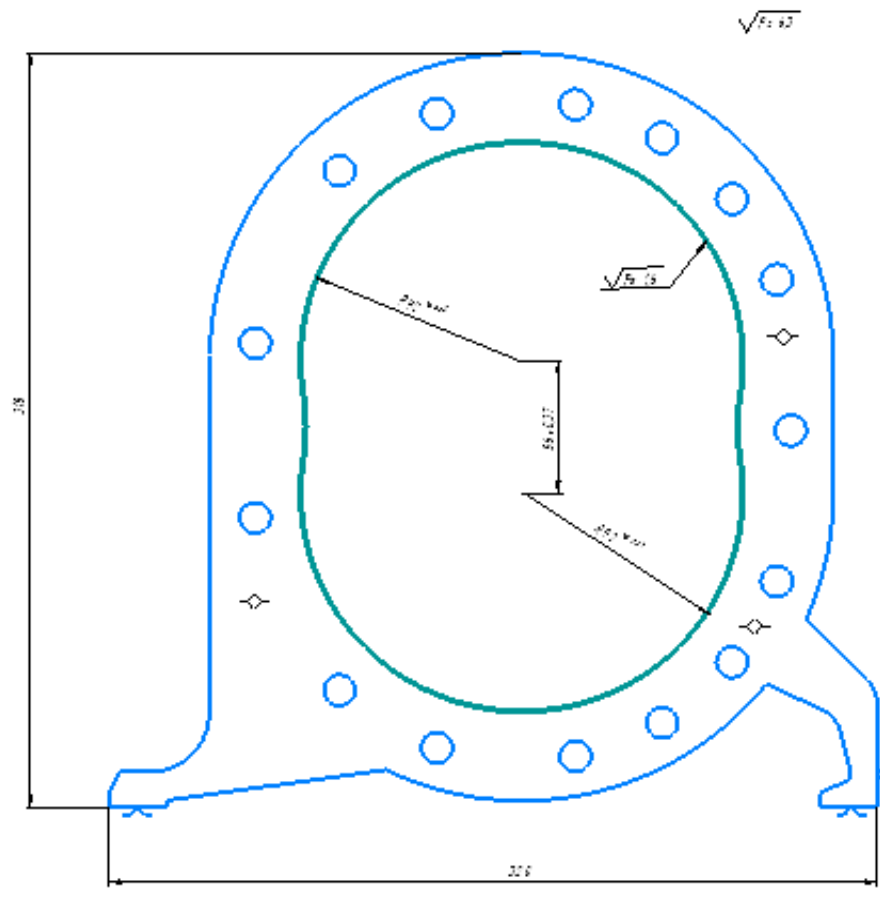


Рисунок 8.8 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Фрезерувати внутрішню поверхню, на розмір $R91,5^{+0,035}$, витримуючи розмір $56^{+0,37}$ мм

050. Шліфувальна з ЧПК. (HAAS VF-3)

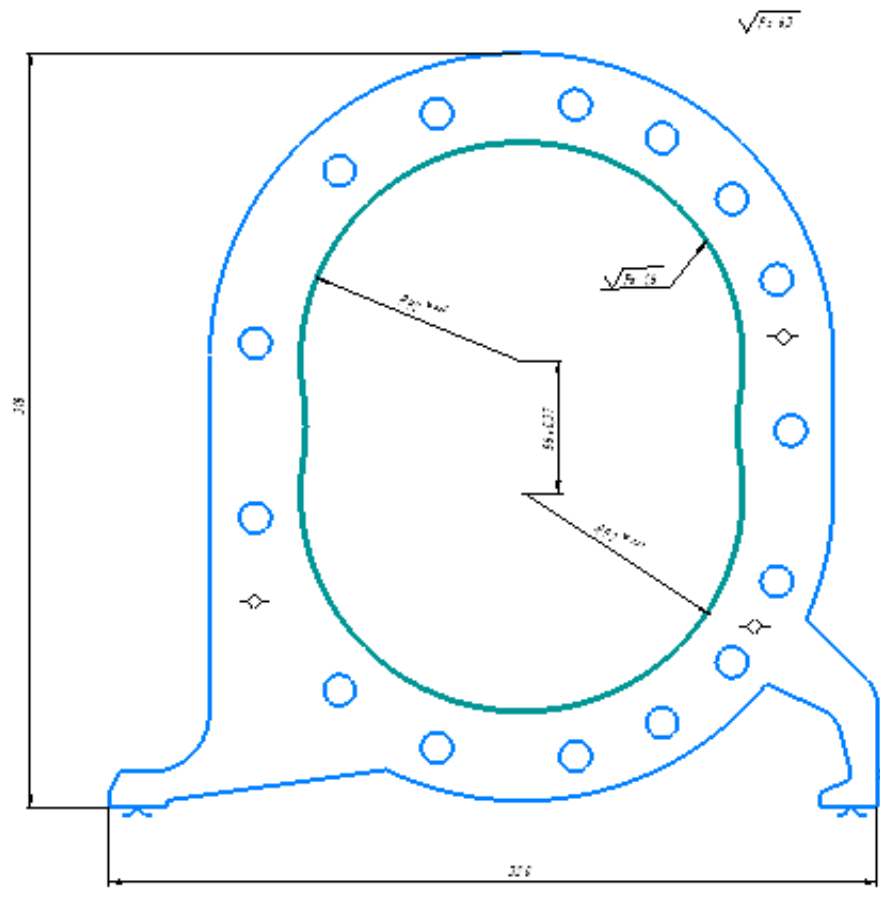


Рисунок 8.9 Операційний ескіз.

1. Установити, закріпити, зняти
2. Шліфувати начисто внутрішню поверхню $R92^{+0,035}$, витримуючи розмір $56 \pm 0,37$ мм згідно креслення

055. Мийочна.

060. Контрольна.

8.2. Вибір обладнання, верстатних пристроїв, різальних і вимірювальних інструментів

Таблиця 8.1 Обладнання та технологічне оснащення

№ операції	Верстат	Пристосування	Різальний та вимірювальний інструмент
005	 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas GM-2	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Фреза торцева CoroMill 490-100Q40-08М Штангенциркуль індикаторний ШЦ І-125-0,01 ГОСТ 166-89
010	 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas GM-2	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Фреза торцева CoroMill 490-040Q16-08Н Штангенциркуль індикаторний ШЦ І-125-0,01 ГОСТ 166-89
015	 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas VF-3	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Фреза кінцева CoroMill 2P370-2000-PB 1740 Штангенциркуль індикаторний ШЦ-І-125-0,01 ГОСТ 166-89 Штангенциркуль індикаторний ШЦ-ІІІ-500-0,1 ГОСТ 166-89
020	 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas VF-3	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Фреза кінцева RA390-038M32-17Н Пластины R390-17 04 08М-КМ 3330 Шаблон спеціальний

025	 Багатоцільвий верстат з ЧПК Haas DT-1	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Свердло центрувальне тип А Ø 5,0, ГОСТ 15952-75; Свердло CoroDrill 870-1200- 10LX063-3 Зенкер машинний Ø15,3 мм; Розгортка CoroReamer 835 Калібр – пробка Штангенциркуль індикаторний ШЦ-II-250-0,01 ГОСТ 166-89
030	 Багатоцільвий верстат з ЧПК Haas DT-1	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Свердло центрувальне тип А Ø 5,0, ГОСТ 15952-75; Свердло CoroDrill 870-1800- 18LX075-3 Зенкер машинний Ø19,8 мм; Розгортка машинна Ø 20 мм; Свердло CoroDrill 870-3300- 33LX125-3 Зенкер машинний Ø35,8 мм; Розгортка машинна Ø 36 мм; Калібр – пробка (2 шт.) Штангенциркуль індикаторний ШЦ-II-250-0,01 ГОСТ 166-89
035	 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas VF-3	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Свердло центрувальне тип А Ø 5,0, ГОСТ 15952-75; Свердло, CoroDrill 870-1250- 11LX063-8 Штангенциркуль індикаторний ШЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89
045	 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas VF-3	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Фреза кінцева CoroMill 2P090- 1600-PB 1610 Шаблон спеціальний

050	 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas VF-3	УЗП 12 ДСТУ 2675-80	Головка шліфувальна AW 32x32 24A25CM2K 35 м/с ГОСТ 2447-82 Шаблон спеціальний
-----	---	------------------------	---

Таблиця 8.2 Тактико-технічні характеристики верстатів

Найменування верстата	Тактико-технічні характеристики верстата		
 Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas GM-2	ХОДИ	SAE	МЕТРИКА
	Ось X	145,0 дюймів	3683 мм
	Ось Y	87,5 дюймів	2223 мм
	Ось Z	22,0 дюйма	559 мм
	Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ макс.)		26,0 дюймів 660 мм
	Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ хв.)	4,0 дюйма	102 мм
	ШПИНДЕЛЬ	SAE	МЕТРИКА
	максимальна потужність	30,0 к.с	22,4 кВт
	максимальна швидкість	8100 об / хв	8100 об / хв
	Максимальний крутний момент	90,0 фут-фунт-сила при 2000 об/хв	122,0 Нм при 2000 об/хв
	Система приводу	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive
	Конус	KT або BT 40	KT або BT 40
	Змащування підшипників	Впорскування повітря/масла	Впорскування повітря/масла
	Охолодження	Рідинне охолодження	Рідинне охолодження
	СТІЛ	SAE	МЕТРИКА
	Довжина	144,0 дюйма	3658 мм
	Довжина (робоча область)	72,00 дюйма	1829 мм
	Товщина	1,0 дюйма 25 мм	
	Максимальна вага на столі (рівномірно розподілена)	6000 фунтів	2722 кг
	Між стійками	75,0 дюймів	1905 мм
	ШВИДКІСТЬ ПОДАЧІ	SAE	МЕТРИКА
	Різання на максимальну глибину	472 зображення на хвилину	12,0 м/хв
	Прискорені переміщення осі X	472 зображення на хвилину	12,0 м/хв
	Прискорені переміщення по осі Y	1889 зображень за хвилину	48,0 м/хв
	Швидкі переміщення осі Z	1181 зображення на хвилину	30,0 м/хв
	ОСЬОВІ ДВИГУНИ	SAE	МЕТРИКА
	Максимальне осьове зусилля вздовж осі X	4500 фунт-сила	20017 н
	Максимальне осьове зусилля по осі Y	1650 фунт-сила	7340 нн
	Максимальне осьове зусилля вздовж осі Z	2000 фунт-сила	8896 н
	ЗМІНА ІНСТРУМЕНТУ	SAE	МЕТРИКА
	Typ	SMTCS	SMTCS
	Місткість	30+1	30+1
	Максимальний діаметр інструменту (повний)	2,5 дюйма	64 мм
	Максимальний діаметр інструменту (з порожніми сусідніми осередками)		3,5 дюйма 89 мм
	Максимальна довжина інструменту (від мірної лінії)	11 дюймів	279 мм
	Максимальна вага інструменту	12 фунтів	5,4 кг
	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	SAE	МЕТРИКА
	Об'єм СОЖ	95 гал	360 л
	ВИМОГИ ДО ПОВІТРЯ	SAE	МЕТРИКА
	Необхідна кількість стисненого повітря	4 scfm при 100 psi	113 л/хв при 6,9 бар
	РОЗМІРИ - ДОСТАВКА	SAE	МЕТРИКА
	Супутник для внутрішніх перевезень	226 x 143 x 109 дюймів	574 см x 363 см x 277 см
	Експортна тара	226 x 153 x 127 дюймів	574 см x 389 см x 323 см
	Маса	20200 фунтів	9190,0 кг
	Експортний ящик для листового металу	89 x 57 x 50 дюймів	226 см x 145 см x 126 см
	Вага з тарою із штампованої панелі	1400 фунтів	1400 фунтів
	ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	SAE	МЕТРИКА
	Швидкість обертання шпинделя	8100 об / хв	8100 об / хв
	Система приводу	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive
	Потужність, що передається шпинделем	30,0 к.с	22,4 кВт
	Напруга змінного струму на вході (трифазний): низька	220 В змінного струму	220 В змінного струму
	Повне навантаження, ампер (трифазний): мінімальне	70 А	70 А
	Вхідна напруга змінного струму (3 фази) - висока*	440 В змінного струму	440 В змінного струму
	Ампер повного навантаження (3 фази) - високий*	35 А	35 А



Координатно-фрезерний
верстат з ЧПК
Haas VF-3

ХОДИ	SAE	МЕТРИКА		
Ось X	40,0 дюймів	1016 мм		
Ось Y	20,0 дюймів	508 мм		
Ось Z	25,0 дюймів	635 мм		
Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ макс.)			29,2 дюйма	742 мм
Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ хв.)			4,2 дюйма	107 мм
ШПИНДЕЛЬ	SAE	МЕТРИКА		
максимальна потужність	30,0 к.с	22,4 кВт		
максимальна швидкість	8100 об / хв	8100 об / хв		
Максимальний крутний момент	90,0 фут-фунт-сила при 2000 об/хв		122,0 Нм при 2000 об/хв	
Максимальний момент, що крутить, з опціональним редуктором			250 фут-фунт-сила при 450 об/хв	339 Нм при 450 об/хв
Система приводу	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive		
Конус	CT40 BT40 HSK-A63	CT40 BT40 HSK-A63		
Змащування підшипників		Впорскування повітря/масла	Впорскування повітря/масла	
Охолодження	Рідинне охолодження	Рідинне охолодження		
СТІЛ	SAE	МЕТРИКА		
Довжина	48,0 дюймів	1219 мм		
Ширина	18,0 дюймів	457 мм		
Ширина T-подібних пазів	0,626 дюйма до 0,630 дюйма		15,90 мм до 16,00 мм	
Відстань по центру T-подібних пазів		3,15 дюйма 80 мм		
Кількість стандартних T-подібних пазів	5	5		
Максимальна вага на столі (рівномірно розподілена)		3500 фунтів	1588 кг	
ШВИДКІСТЬ ПОДАЧІ	SAE	МЕТРИКА		
Різання на максимальну глибину	650 зобр./хв	16,5 м/хв		
Прискорені переміщення осі X	1000 зобр./хв	25,4 м/хв		
Прискорені переміщення по осі Y	1000 зобр./хв	25,4 м/хв		
Швидкі переміщення осі Z	1000 зобр./хв	25,4 м/хв		
ОСЬОВІ ДВИГУНИ	SAE	МЕТРИКА		
Максимальне осьове зусилля вздовж осі X		2550 фунт-сила	11343 н	
Максимальне осьове зусилля по осі Y		2550 фунт-сила	11343 н	
Максимальне осьове зусилля вздовж осі Z		4200 фунт-сила	18683 н	
ЗМІНА ІНСТРУМЕНТУ	SAE	МЕТРИКА		
Тип	Карусель	Карусель		
Місткість	20	20		
Максимальний діаметр інструменту (повний)	3,5 дюйма	89 мм		
Максимальна вага інструменту	12 фунтів	5,4 кг		
Від інструмента до інструменту (середнє)	4,2 с	4,2 с		
Час від стружки до стружки (середня)	4,5 с	4,5 с		
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	SAE	МЕТРИКА		
Об'єм СОЖ	55 гал	208 л		
ВИМОГИ ДО ПОВІТРЯ	SAE	МЕТРИКА		
Необхідна кількість стисненого повітря	4 scfm при 100 psi		113 л/хв при 6,9 бар	
Вбудований повітряний шланг	3/8 дюйма	3/8 дюйма		
Муфта (пневматична)	3/8 дюйма	3/8 дюйма		
Мінімальний тиск повітря	80 psi	5,5 бар		
РОЗМІРИ - ДОСТАВКА	SAE	МЕТРИКА		
Супутник для внутрішніх перевезень	152 x 99 x 106 дюймів		387 см x 251 см x 269 см	
Експортний супутник	131 x 92 x 101 дюйм	333 см x 233 см x 257 см		
Маса	11720 фунтів	5316,0 кг		
Супутник для внутрішніх перевезень із конвеєром	152 x 99 x 106 дюймів		387 см x 251 см x 269 см	
Експортний супутник із конвеєром	153 x 92 x 101 дюйм		389 см x 233 см x 257 см	
Вага з конвеєром	13800 фунтів	6260 кг		
Супутник для внутрішніх перевезень з 50+1 SMTC	152 x 99 x 122 дюйма		387 см x 251 см x 310 см	
Експортний супутник з 50+1 SMTC	153 x 92 x 101 дюйм		389 см x 233 см x 257 см	
Вага з 50+1 SMTC	13800 фунтів	6260 кг		
Супутник для внутрішніх перевезень з конвеєром та 50+1 SMTC	152 x 99 x 122 дюйма		387 см x 251 см x 310 см	
Експортний супутник з конвеєром та 50+1 SMTC	153 x 92 x 101 дюйм		389 см x 233 см x 257 см	
Вага з конвеєром та 50+1 SMTC	13800 фунтів	6260 кг		
Внутрішній піддон з 70+1 SMTC	152,0 x 99,0 x 134,5 дюймів		386 см x 251 см x 342 см	
ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	SAE	МЕТРИКА		
Швидкість обертання шпинделя	8100 об / хв	8100 об / хв		
Система приводу	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive		
Потужність, що передається шпинделем	30,0 к.с	22,4 кВт		
Напруга змінного струму на вході (трифазний): низька	220 В змінного струму	220 В змінного струму		
Повне навантаження, ампер (трифазний): мінімальне	70 А	70 А		
Вхідна напруга змінного струму (3 фази) - висока*	440 В змінного струму	440 В змінного струму		
Ампер повного навантаження (3 фази) - високий*	35 А	35 А		



Багатоцільвий
верстат з ЧПК
Haas DT-1

ХОДИ	SAE	МЕТРИКА		
Ось X	20,0 дюймів	508 мм		
Ось Y	16,0 дюймів	406 мм		
Ось Z	15,5 дюймів	394 мм		
Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ макс.)			21,5 дюймів	546 мм
Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ хв.)			6,0 дюймів	152 мм
ШПИНДЕЛЬ	SAE	МЕТРИКА		
максимальна потужність	15,0 к.с	11,2 кВт		
максимальна швидкість	10000 об / хв	10000 об / хв		
Максимальний крутний момент	46,0 фут-фунт-сила при 1700 об/хв		62,0 Нм при 1700 об/хв	
Система приводу	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive		
Конус	BT30	BT30		
Змащування підшипників		Впорскування повітря/масла	Впорскування повітря/масла	
Охолодження	Повітряне охолодження	Повітряне охолодження		
СТІЛ	SAE	МЕТРИКА		
Довжина	26,0 дюймів	660 мм		
Ширина	15,0 дюймів	381 мм		
Ширина T-подібних пазів	0,626 дюйма до 0,630 дюйма		15,90 мм до 16,00 мм	
Відстань по центру T-подібних пазів		4,92 дюйма 125 мм		
Кількість стандартних T-подібних пазів	3	3		
Максимальна вага на столі (рівномірно розподілена)		250 фунтів	113 кг	
ШВИДКІСТЬ ПОДАЧІ	SAE	МЕТРИКА		
Різання на максимальну глибину	1200 зобр./хв	30,5 м/хв		

Прискорені переміщення осі X	2400 зображень/хв	61,0 м/хв	
Прискорені переміщення по осі Y	2400 зображень/хв	61,0 м/хв	
Швидкі переміщення осі Z	2400 зображень/хв	61,0 м/хв	
ОСЬОВІ ДВИГУНИ	SAE	МЕТРИКА	
Максимальне осьове зусилля вздовж осі X	2550 фунт-сила	11343 н	
Максимальне осьове зусилля по осі Y	2550 фунт-сила	11343 н	
Максимальне осьове зусилля вздовж осі Z	4200 фунт-сила	18683 н	
ЗМІНА ІНСТРУМЕНТУ	SAE	МЕТРИКА	
Tun	SMTc	SMTc	
Місткість	20+1	20+1	
Максимальний діаметр інструменту (повний)	2,0 дюйма	51 мм	
Максимальна довжина інструменту (від мірної лінії)	7 дюймів	178 мм	
Час від стружки до стружки (середня)	1,6 с	1,6 с	
ПОСТУКУВАННЯ	SAE	МЕТРИКА	
Максимальна швидкість нарізування різьблення		5000 об/хв	5000 об/хв
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	SAE	МЕТРИКА	
Об'єм СОЖ	55 гал	208 л	
ВИМОГИ ДО ПОВІТРЯ	SAE	МЕТРИКА	
Необхідна кількість стисненого повітря	4 scfm при 100 psi	113 л/хв при 6,9 бар	
Вбудований повітряний шланг	3/8 дюйма	3/8 дюйма	
Муфта (пневматична)	3/8 дюйма	3/8 дюйма	
Мінімальний тиск повітря	80 psi	5,5 бар	
РОЗМІРИ - ДОСТАВКА	SAE	МЕТРИКА	
Супутник для внутрішніх перевезень	100 x 80 x 98 дюймів	254 см x 203 см x 249 см	
Експортний супутник	100 x 80 x 98 дюймів	254 см x 203 см x 249 см	
Маса	5150 фунтів	2336,0 кг	
ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	SAE	МЕТРИКА	
Швидкість обертання шпинделя	10000 об / хв	10000 об / хв	
Система приводу	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive	
Потужність, що передається шпинделем	15,0 к.с	11,2 кВт	
Напруга змінного струму на вході (трифазний): низька	220 В змінного струму	220 В змінного струму	
Повне навантаження, ампер (трифазний): мінімальне	40 А	40 А	
Вхідна напруга змінного струму (3 фази) - висока*	440 В змінного струму	440 В змінного струму	
Ампер повного навантаження (3 фази) - високий*	20 А	20 А	

9. Визначення припусків на механічну обробку

Припуск - шар матеріалу, що необхідно видалити з поверхні заготовки, з метою отримання заданих властивостей поверхні деталі, що оброблюється. Припуск на оброблення поверхні може бути призначений за відповідними таблицями або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припуску.

Таблиці дозволяють призначити припуски незалежно від технологічного процесу оброблення деталі та умов його здійснення і тому в загальному випадку є дещо завищеними. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на оброблення, розроблений проф. В.М. Кованом базується на аналізі факторів, що впливають на припуски попереднього переходу та того, що виконується. Значення припуску визначається методом диференційованого розрахунку за елементами, що складають припуск. Цей метод передбачає розрахунок припусків за усіма технологічними переходами, що виконуються послідовно, їх сумування для визначення загального припуску та розрахунок проміжних розмірів, що визначають положення поверхонь заготовки та її розміри.

9.1. Аналітичний розрахунок припусків

Розрахунок міжопераційних припусків для оброблення фасонної поверхні R92.

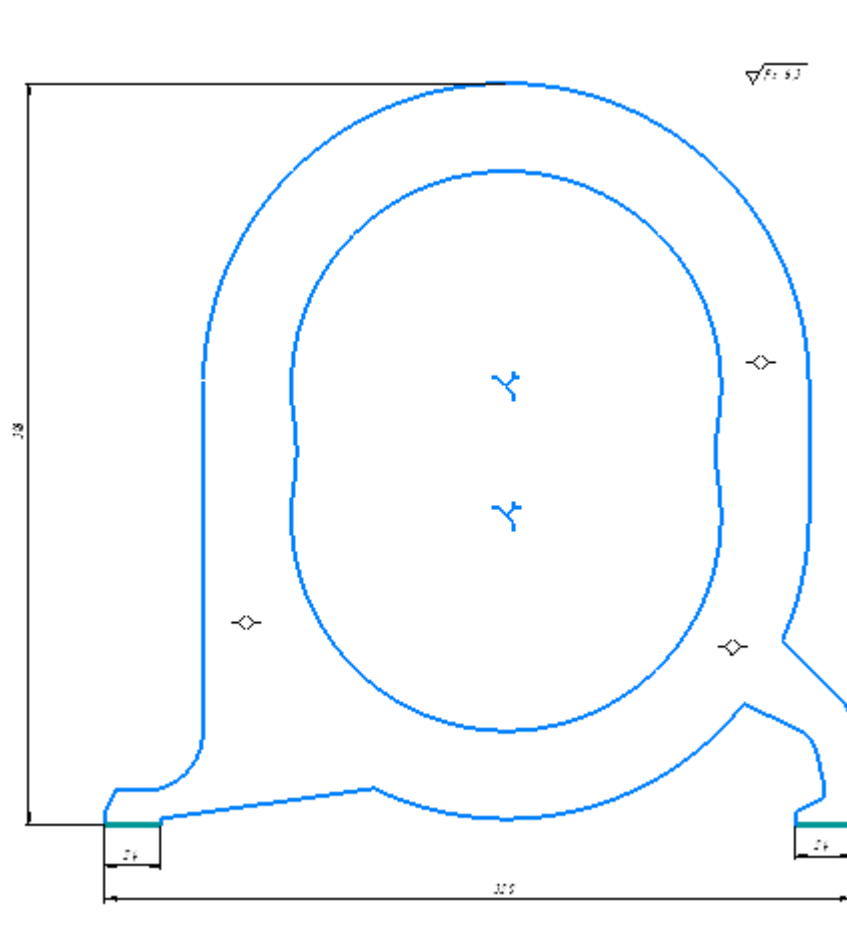


Рисунок 9.1 Ескіз поверхні, що обробляється (Внутрішня поверхня)

Технологічний процес обробки містить у собі 3-и переходи:

- чорнове фрезерування H12, $R_z = 25$
- чистове фрезерування H9, $R_z = 10$
- шліфування H7, $R_z = 6,3$

Розрахунок припусків ведемо у вигляді таблиці (9.1), в яку послідовно записується технологічний маршрут обробки й всі значення елементів припусків.

Для поковок, одержаних литтям в кокіль, точність й якість поверхонь:

$$R_z + h = 320 + 350 = 670 \text{ мкм ([7], том 1, стор.186)} \quad (9.1)$$

- якість поверхонь після механічної обробки
- для чорнового фрезерування: $R_z = 125 \text{ мкм}$, $h = 120 \text{ мкм}$ ([7], том 1, стор.188)
- для чистового фрезерування : $R_z = 40 \text{ мкм}$, $h = 40 \text{ мкм}$ ([7], том 1, стор.188)
- для шліфування : $R_z = 5 \text{ мкм}$, $h = 5 \text{ мкм}$ ([7], том 1, стор.188)

Мінімальний припуск на обробку визначаємо по формулі:

$$2Z_i^{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (9.2)$$

Сумарне просторове відхилення розташування поверхонь із закріпленням заготовки в узп визначаємо по формулі:

$$\rho = \rho_{кор} \quad (9.3)$$

де $\rho_{кор}$ - відхилення осі деталі від прямолінійності ([7], том 1, стор.186),

$$\rho_{кор} = \rho_k \cdot L = 2 \cdot 330 = 660 \text{ мкм},$$

$$\rho_k = 2 \text{ мкм/мм ([7], том 1, стор.186),}$$

$$\rho = 660 \text{ мкм.}$$

Сумарні й просторові відхилення після обробки визначаємо по формулі:

$$\Delta_{Ey} = 0,06 \cdot 660 = 39,6 \text{ мкм.}$$

Визначаємо похибку установки по формулі:

$$E_i = \sqrt{E_{\delta}^2 + E_z^2 + E_n^2}, \quad (9.4)$$

де E_{δ} - похибка базування, що виникає, $E_{\delta}=0$;

E_z - похибка закріплення при установці заготовки в узп, E_z 100мкм;

E_n - похибка положення, при обробці за один установ, $E_n=0$.

$$E_i = \sqrt{100^2} = 100 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{Ey} = 0,06 \cdot 100 = 6 \text{ мкм.}$$

Тоді припуск:

- на чорнове фрезерування:

$$2Z_1^{min} = 2 \cdot (125 + 120 + \sqrt{660^2 + 100^2}) = 1825 \text{ мкм};$$

- для чистового фрезерування:

$$2Z_2^{min} = 2 \cdot (40 + 40 + \sqrt{660^2 + 100^2}) = 1495 \text{ мкм}$$

- для шліфування

$$2Z_2^{min} = 2 \cdot (5 + 5 + \sqrt{660^2 + 100^2}) = 1355 \text{ мкм}$$

Результати розрахунку наведені в табл. 9.1.

На мал. 1.9 наведена схема розташування проміжних припусків і допусків на обробку внутрішньої фасонної поверхні R92

Таблиця 9.1 Розрахунок припусків на внутрішню фасонну поверхню R92

Технологічні операції й переходи обробки елементних поверхонь	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімум розмір, мм	Допуск, TD, мкм	Прийняті розміри по переходах, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz	h	Δ	Σ				Rmin	Rmax	Zmax	Zmin
Розміри заготовки	320		660	—	-	-	870	87	87,87	-	-
Чорнове фрезерування (H12)	12,5	12,0	39,6	100	1825	89,15	350	89,15	89,5	2,15	1,63
Чистове фрезерування (H9)	40	40	-	6	1495	90,645	87	90,645	90,732	1,495	1,232
Шліфування (H7)	5	5	-	-	1355	92	35	92	92,035	1,355	1,303

Перевірка правильності розрахунків:

$$T_3 - T_{\text{тд}} = \Sigma_2 Z_{\text{max}} - \Sigma_2 Z_{\text{min}} = 870 - 35 = 835 \text{ мкм}$$

$$= 5 - 4,165 = 0,835 \text{ мм}$$

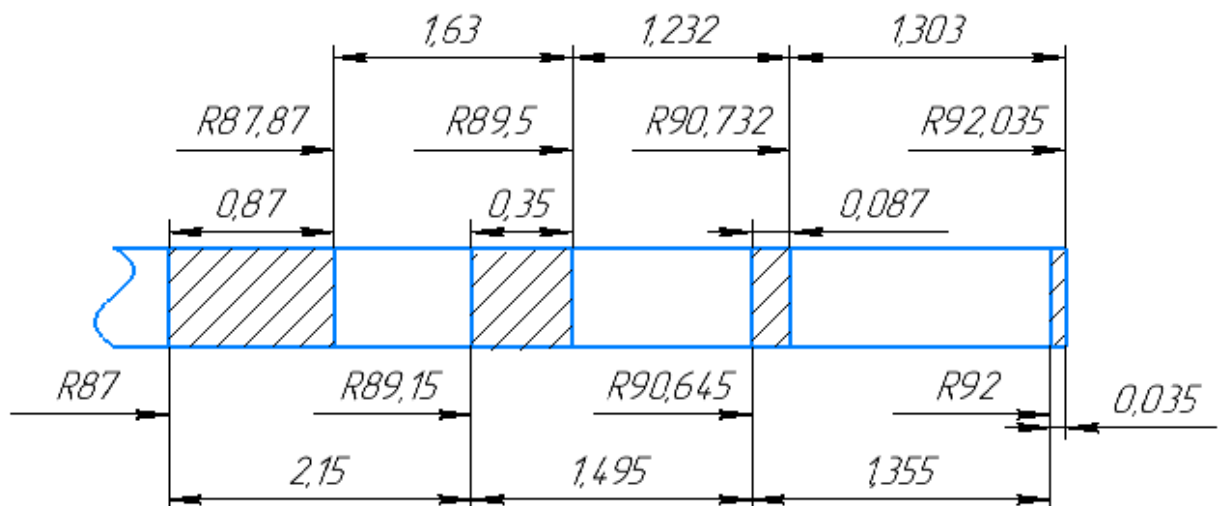


Рисунок 9.1 Схема полів допусків і припусків на обробку Ø87H9.

а. Табличний метод призначення припусків

Таблиця 9.2 Припуски за табличним методом

Поверхня деталі	Допуск деталі	Допуск Заготовки	Співвідношення допусків	Вид Кінцевої обробки	Припуск	Розмір
Ø13H14 ^{+0,43}	0,43	-	-	Чорн.	13	-
Ø15,5 H7 ^{+0,018}	0,018	-	-	Чист.	0,2	Ø15,3 ^{+0,043}
Ø20H7 ^{+0,021}	0,021	-	-	Чист.	0,3	Ø19,7 ^{+0,052}
Ø36H7 ^{+0,025}	0,025	-	-	Чист.	0,3	Ø35,7 ^{+0,062}
320±0,285	0,57	1,4	0,407	Чорн.	5	330±0,7

10. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання аналітичним методом на обробку поверхні
Ø13H14

Режими різання для інших поверхонь знайдемо за калькулятором Sandvik
Coromant

Таблиця 10.1. Параметри режимів різання

№ опер.	Перехід	Обробка	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	To, хв
005	2	Фрезерування	Між. діаметр різання h_ф Між. глибина різання a_ф Швидкість різ. V_ф Норм. збілювач на лезо інст. Т_ф Швидкість різання V_ф Підхід до зуб. h_п 403 мм 0,5 мм 2000 м/хв 0,010 мм 237 м/хв 0,24 мм	237	2,5	0,24м м/зуб	1890	6,33
010	2	Фрезерування	Між. діаметр різання h_ф Між. глибина різання a_ф Швидкість різ. V_ф Норм. збілювач на лезо інст. Т_ф Швидкість різання V_ф Підхід до зуб. h_п 403 мм 0,5 мм 2000 м/хв 0,010 мм 237 м/хв 0,24 мм	237	2,5	0,24м м/зуб	1890	6,33

015	2	Фрезерування	Діаметр резцевої mm 28 mm Мас-голубок резцевої mm 80 mm Глибина, дм mm 0,040 mm Время обработки на элемент min 00:02:59,8 min Скорость резания m/min 216 m/min Подача на зуб mm 0,07 mm	216	2,5	0,187 мм/зуб	2570	0,35
020	2	Фрезерування	Диаметр резцевої mm 36 mm Мас-голубок резцевої mm 110 mm Глибина, дм mm 0,040 mm Время обработки на элемент min 00:02:59,8 min Скорость резания m/min 216 m/min Подача на зуб mm 0,07 mm	249	1,7 5	0,15 мм/зуб	2080	9,06
025	2	Центрування	Глибина, дм mm 0,040 mm Время обработки на элемент min 00:02:59,8 min Скорость резания m/min 216 m/min Подача на зуб mm 0,07 mm	113	1,5	0,1	12000	0,2
	3	Свердління	Глибина, дм mm 0,040 mm Время обработки на элемент min 00:02:59,8 min Скорость резания m/min 216 m/min Подача на зуб mm 0,07 mm	130	6	0,288	3450	0,52
	4	Зенкерування	Глибина, дм mm 0,040 mm Время обработки на элемент min 00:02:59,8 min Скорость резания m/min 216 m/min Подача на зуб mm 0,07 mm	130	1,6 5	0,331	2690	0,6
	5	Розгортування	Глибина, дм mm 0,040 mm Время обработки на элемент min 00:02:59,8 min Скорость резания m/min 216 m/min Подача на зуб mm 0,07 mm	130	0,1	0,331	2670	0,6

030	2	Центрування	Скористь, д/м 113 Висота обробленої заготовки 1200 Скористь різання 113 Підвищення шпindel 1200 Підвищення шпindel 1200	113	1,5	0,1	12000	0,2
	3	Свердління	Скористь, д/м 130 Висота обробленої заготовки 2300 Скористь різання 130 Підвищення шпindel 2300 Підвищення шпindel 2300	130	9	0,385	2300	0,3
	4	Свердління	Скористь, д/м 130 Висота обробленої заготовки 1250 Скористь різання 130 Підвищення шпindel 1250 Підвищення шпindel 1250	130	16,5	0,435	1250	0,6
	5	Зенкерування	Скористь, д/м 182 Висота обробленої заготовки 2920 Скористь різання 182 Підвищення шпindel 2920 Підвищення шпindel 2920	182	0,9	0,08	2920	0,15
	6	Зенкерування	Скористь, д/м 220 Висота обробленої заготовки 1960 Скористь різання 220 Підвищення шпindel 1960 Підвищення шпindel 1960	220	1,4	0,6	1960	0,2
	7	Розгортання	Скористь, д/м 182 Висота обробленої заготовки 2920 Скористь різання 182 Підвищення шпindel 2920 Підвищення шпindel 2920	182	0,1	0,08	2920	0,15

- Розраховуємо швидкість деталі V_i м/хв за формулою:

$$V_i = \frac{C_v \cdot P^p}{T^m \cdot t^x} \quad (10.2)$$

де, T - стійкість круга, хв; $T = 3$ хв

P - периметр деталі до шліфування, мм; $P = 690$ мм

C_v, p, m, x – коефіцієнт та показники степені для швидкості деталі;

$C_v = 0,054$; $p = 0,5$; $m = 0,6$; $x = 0,9$;

$$V_i = \frac{0,054 \cdot 690^{0,5}}{3^{0,6} \cdot 0,0015^{0,9}} = 255,30$$

Розраховуємо частоту обертання деталі $n_{\text{дет}}$, об/хв, за формулою:

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot V_i}{\pi \cdot P} \quad (10.3)$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot 255,3}{\pi \cdot 690} = 117,77$$

Розраховуємо дійсну частоту обертання деталі, V_d , м/хв

$$V_d = \frac{\pi \cdot P \cdot n_{\text{дет}}}{1000} \quad (10.4)$$

$$V_d = \frac{\pi \cdot 690 \cdot 117,77}{1000} = 255,29$$

Розраховуємо потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт за формулою:

$$N_{\text{різ}} = C_N \cdot V_d^x \cdot S_o^y \cdot P^q \cdot t^z \quad (10.5)$$

C_N, q, z, x – коефіцієнт та показники степені для потужності різання деталі;

$C_N = 0,81$; $q = 0,3$; $z = 1$; $x = 0,55$; $y = 0,7$

$$N_{\text{різ}} = 0,81 \cdot 255,29^{0,55} \cdot 0,25^{0,7} \cdot 690^{0,3} \cdot 0,0015^1 = 0,7$$

Виконуємо перевірку на достатню потужність ел.двигуна верстата за умовою:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{двиг}} \cdot \eta$$

де η – ККД ел.двигуна; $\eta = 0,93$

$N_{\text{двиг}}$ – потужність ел.двигуна; $N_{\text{двиг}} = 22,4$ кВт

$$0,7 \leq 22,4 \cdot 0,93$$

Умова виконується

Розраховуємо технологічний час T_o , мм за формулою:

$$T_o = \frac{h}{n_d \cdot t} \cdot K \cdot i \quad (10.6)$$

де h - припуск на сторону, мм; $h = 0,25$;

K - коефіцієнт точності; $K = 1,1$;

i - кількість переходів; $i=2$;

$$T_o = \frac{0,25}{117,77 \cdot 0,0015} \cdot 1,1 \cdot 2 = 3,11$$

11. Визначення норм часу

Норми часу на виконання робіт на верстатах з ЧПК ($T_{шт.к.}$) складається з норми підготовчо-основного часу ($T_{п.з.}$) та норми поштучного часу ($T_{шт.}$)

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + T_{п.з.}/n, \quad (11.1)$$

де n - розмір партії деталей, розмір партії деталей n визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{F}, \text{ шт} \quad (11.2)$$

де: N - річна програма випуску деталей, $N=50000$ шт.;

t - кількість днів, на який необхідно мати запас деталей, $t=5$ днів;

F - кількість робочих днів у році, $F=254$ днів.

Підставивши у формулу (1.2) значення, одержимо:

$$n = \frac{N \cdot t}{F} = \frac{50000 \cdot 5}{254} = 984,25$$

Норма штучного часу визначається за формулою

$$T_{шт.} = (T_{ц.а.} + T_B \times K_{tb}) \left(1 + \frac{a_{орг} + a_{мех} + a_{отл}}{100}\right) \quad (11.3)$$

де $T_{ц.а.}$ - час циклу автоматичної роботи верстата за програмою

$$T_{ц.а.} = T_o + T_{мв} \quad (11.4)$$

де T_o - основний час на оброблення однієї деталі, хв:

$$T_o = \sum \frac{L_i}{S_{mi}} \quad (11.5)$$

де L_i - довжина оброблення, мм;

S_{mi} - хвилинна подача на даному технологічному переході мм/хв.

$T_{м.д.}$ - машинний допоміжний час (на підвід деталі або інструменту з вихідних точок з зону обробки та відвід; установку інструменту на розмір; на заміну інструменту; зміну величини та напрямку подачі; час технологічних пауз), хв (20% від T_o);

T_B - допоміжний час:

$$T_B = T_{B\text{У}} + T_{B.\text{ОП.}} + T_{B.\text{ВИМ.}}, \quad (11.6)$$

$T_{B\text{У}}$ - час на установку та зняття деталі вручну або підйомником;

$T_{B.\text{ОП.}}$ - допоміжний час, пов'язаний з операцією (що не входить в управляючу програму), хв;

$T_{B.\text{ВИМ.}}$ - допоміжний час на вимірювання партії деталей;

$K_{\text{тб}}$ - поправочний коефіцієнт на виконання ручної допоміжної роботи в залежності від партії деталей, що обробляються;

$a_{\text{орг.}}$, $a_{\text{тех.}}$, $a_{\text{тол.}}$ - час на організаційне, технічне обслуговування робочого місця, на відпочинок та особисті потреби при одноверстатному обслуговуванні (в процентах від оперативного часу).

Норма підготовчо-заключного часу визначається за формулою:

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} + T_{\text{пз.обр.}}, \quad (11.7)$$

де $T_{\text{пз1}}$ - норма часу на організаційну підготовку, хв;

$T_{\text{пз2}}$ - норма часу на налагодження верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв, хв;

$T_{\text{пз.обр.}}$ - норма часу на пробну обробку, хв.

Нормування операції: 005 Фрезерна з ЧПК

Операція розрахована на одночасне оброблення 5 деталей

1. Допоміжний час на установку деталі в пристрою: $t = 1,25$ хв ([5], карта2, стор.30).

2. Допоміжний час, пов'язаний з обробкою, невиключений в програму: ([5], карта2, стор.30).

- включити й виключити верстат: $t = 0,04$ хв.

- відкрити загороджувальний щиток від стружки, закрити: $t = 0,03$ хв.

- встановити координати X й Y: $t = 0,15$ хв.

- ввести корекцію на інструмент: $t = 0,1 \times 1 = 0,1$ хв.

$$T_b = 1,25 + 0,04 + (0,03 \cdot 2) + (0,15 \cdot 2) + 0,1 = 1,75 \text{ хв}$$

3. Час на контрольні вимірювання перекриваються часом на обробку.

4. Визначаємо автоматичний час основної роботи по програмі за наступною формулою:

$$T_a = T_{e.a.} + T_{b.a.} \quad (11.8)$$

де: $T_{e.a.}$ - сума машинного часу по всіх інструментальних переходах,

$$T_{e.a.} = 6,33 \text{ хв.}$$

$T_{b.a.}$ - допоміжний час на прискорені, установчі рухи й заміну інструмента.

$$T_{b.a.} = \frac{1 \cdot 400}{4800} = 0,083 \text{ хв,} \quad T_a = 6,33 + 0,083 = 6,413 \text{ хв.}$$

5. Час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця ([5], карта 10, стор.55):

$$T_{обс.} = 3,5\% T_{оп,} \text{ хв;}$$

6. Час на відпочинок й особисті потреби: $T_{від.} = 4\% T_{оп,} \text{ хв.}$

7. Визначаємо норму штучного часу по формулі:

$$T_{шт} = (T_a + T_b \cdot K_b) \cdot \left(1 + \frac{T_{обсл.} + T_{від.}}{100}\right) = (6,413 + 1,75 \cdot 0,7) \cdot \left(1 + \frac{4 + 3,5}{100}\right) = 8,21 \text{ хв}$$

8. Підготовчо-заклучний час([5], карта 11, стор.56):

- одержати інструмент, пристосування: $t = 4$ хв;

- ознайомитися з роботою: $t = 4$ хв;

- установити й зняти блок з інструментом: $t = 6 \times 1 = 6$ хв;

- ручна корекція програми: $t = 5,0$ хв.

- установити й зняти програмоносій: $t = 1,0$ хв

$$T_{п.з.} = 4 + 4 + 6 + 5 + 1 = 20 \text{ хв.}$$

9. Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу за формулою:

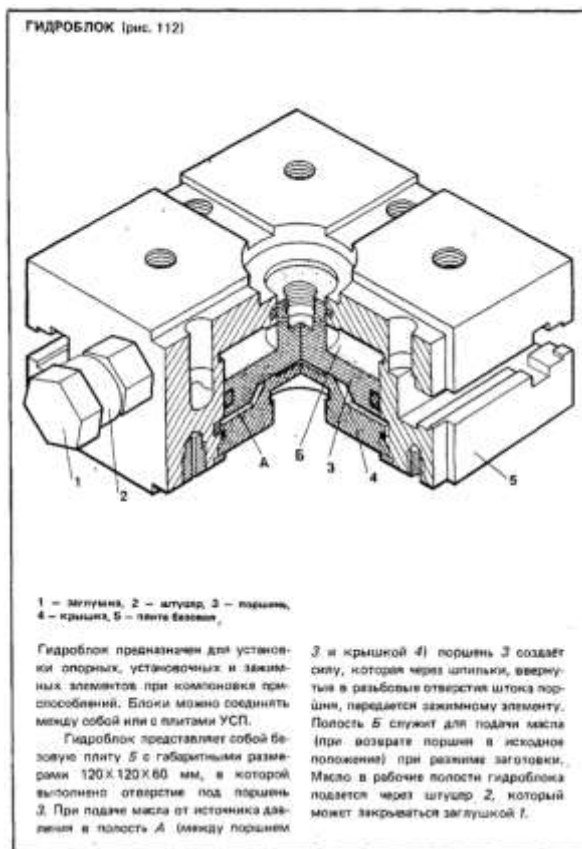
$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 8,21 + \frac{20}{984} = 8,23 \text{ хв.}$$

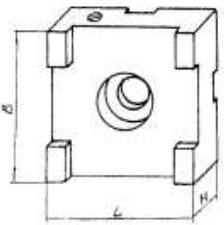
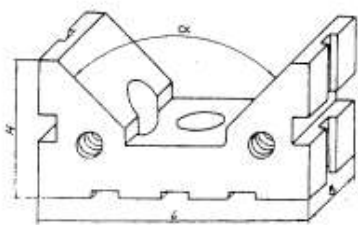
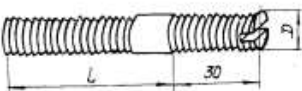
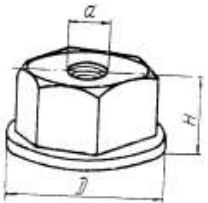
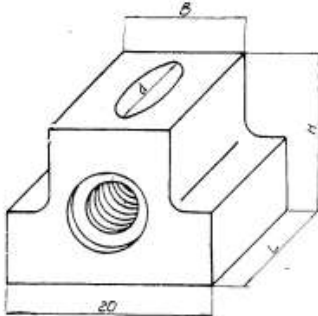
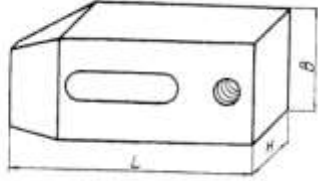
Таблиця 11.1. Нормування часу

№ операції	$\sum T_o, \text{ хв}$	$T_b, \text{ хв}$	$T_a, \text{ хв}$	$T_{шт}, \text{ хв}$	$T_{п.з}, \text{ хв}$	$T_{шк}, \text{ хв}$
005	6,3	1,75	6,413	8,21	20	8,23
010	6,3	1,75	6,413	8,21	20	8,23
015	0,35	0,75	1,1	0,12	20	0,14
020	9,06	0,75	9,143	11,02	20	11,04

025	1,92	1,5	2,003	3,48	38	3,5
030	1,8	2,1	2,3	4,3	56	4,36
035	5,4	1	5,7	7,3	32	7,33
045	9,06	0,75	9,143	11,02	20	11,04
050	3,11	1,36	1,45	2,74	26	2,77

12. Технологічна оснастка деталі "Шток"

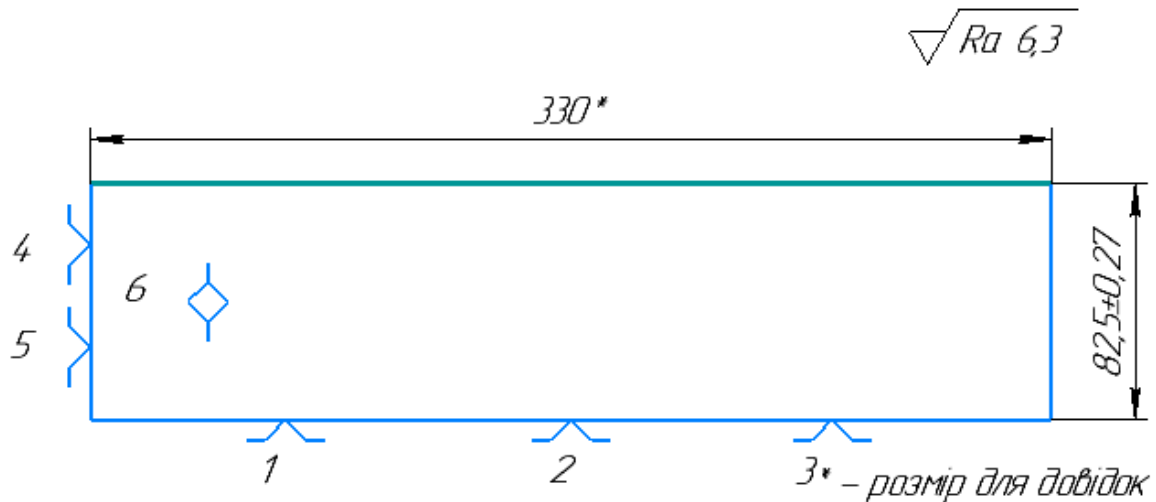


Опора квадратная 60× ×60 мм направляющая		15252—70	7035-2001	$L \times B \times H$ 60×60×20	0,5
Призмы опорные		15276—70	7033-2946 7033-2947	$L \times B \times H; \alpha$ 120×60×60; 90° 120×60×60; 120°	1,578 1,53
Шпильки		15389—70	7009-2010 7009-2011 7009-2012 7009-2013 7009-2014 7009-2015 7009-2016 7009-2017 7009-2018 7009-2019 7009-2020	$D \times L$ M12×1,5×50 M12×1,5×60 M12×1,5×70 M12×1,5×85 M12×1,5×100 M12×1,5×120 M12×1,5×140 M12×1,5×160 M12×1,5×180 M12×1,5×200 M12×1,5×250	0,059 0,068 0,078 0,093 0,103 0,121 0,138 0,158 0,174 0,192 0,237
Гайка шестигранная с буртиком		15391—70	7003-2013	$d \times H; D$ M12×1,5×18; 24	0,033
Вкладыши для пальцев		15433—70	7031-2161 7031-2162	$L \times B \times H; d$ 22×12×15; 8 26×16×15; 12	0,017 0,034
Прихваты передвижные		15367—70	7011-2004 7011-2005 7011-2006	$L \times B \times H$ 65×30×16 80×32×18 100×36×20	0,20 0,31 0,43

Планки направляющие		15338—70	$L \times B \times H$		
			7030-1831	120×35×20	0,512
			7030-1832	180×35×20	0,765
			7030-1833	240×35×20	1,014
			7030-1834	360×35×20	1,520
			7030-1835	480×35×20	2,031
			7030-1836	120×50×20	0,763
			7030-1837	180×50×20	1,151
			7030-1838	240×50×20	1,533
			7030-1839	360×50×20	2,300
			7030-1840	480×50×20	3,067

Приблизний розмір заготовки буде приблизно дорівнювати 330 * 330 мм

Далі виконаємо схему базування:



За моделлю знайдемо усі необхідні параметри для розрахунку режимів різання. Визначати режими різання будемо за допомогою калькулятора на сайті [Sandvik](http://www.sandvik.com) [Coromant](http://www.coromant.com)

Матеріал: КЧ 30-6

Таблиця 12.1. Хімічний склад та фізико-механічні властивості Чавун КЧ 30-6

Si,%	Mn,%	S,%	P,%	Cr ,%
1,1...1,6	0,40...0,6	<0,02	<0,18	<0,08
- границя міцності при стисканні (σ_T) – 294 МПа; - відносна видолга (δ_T) – 6% МПа; - твердість за Брінеллем (HB) – 163 МПа.				

Верстат: Координатно-фрезерний верстат з ЧПК Haas GM-2

VC [m/min] СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ	FZ [mm] ПОДАЧА НА ЗУБ	N [1/min] ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ
1 237	0.24	1890
VFM [mm/min] ПОДАЧА НА ОБРАБАТЫВАЕМОМ ДИАМЕТРЕ	AE [mm] ШИРИНА ФРЕЗЕРОВАНИЯ	AP [mm] ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ
1 2720	33	5
NORAE ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AE	NORAP ЧИСЛО ПРОХОДОВ В НАПРАВЛЕНИИ AP	PPC [kW] МОЩНОСТЬ РЕЗАНИЯ
1 10	1	19.2
MMC [Nm] КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ	HEX [mm] МАХ ТОЛЩИНА СТРУЖКИ	QQ [cm ³ /min] СКОРОСТЬ СЪЕМА МАТЕРИАЛА
1 97.2	0.24	448

Сила різання P_z при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{mp},$$

де $10C_p = 491$; $t=5$; $x=1,0$; $s_z=0,24$; $y=1,3$; $B=33$; $n=1,1$; $z=6$; $D=40$; $q=0,75$; $n=1890$; $w=0,2$;

Коефіцієнт K_p :

$$K_p = (163/150)^{0,6} = 1,05.$$

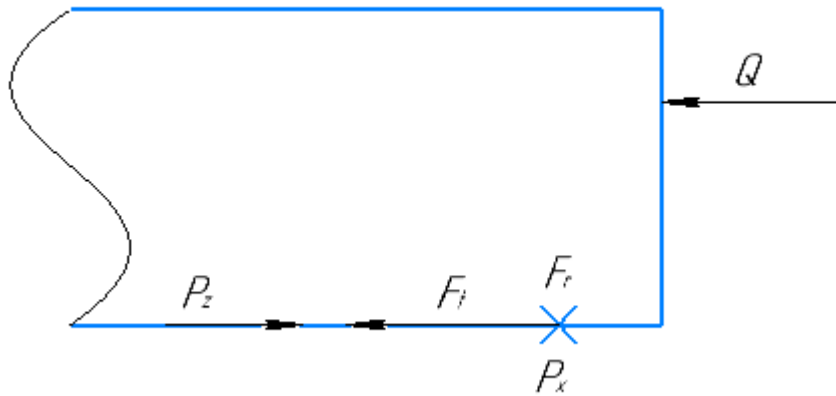
Отримали $P_z=1560,1$ Н.

$$P_x=0,4 \cdot P_z= 624,04 \text{ Н};$$

Сили закріплення

Оскільки механізми затиску однакові, сили закріплення будуть рівні.

Схеми сил затиску



Коефіцієнт закріплення:

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6.$$

K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, 1,5;

K_1 – коефіцієнт враховуючий зміну сили різання, 1,5;

K_2 – коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання при затупленні інструменту, 1,7 .

K_3 – коефіцієнт збільшення сил різання при уривчастому різанні, 1,2.

K_4 – коефіцієнт привода пристосування, 1,0.

K_5 – коефіцієнт зручності розташування рукояток у ручних затисках, 1,0.

K_6 – коефіцієнт наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку на опорах, 1,0.

$$K = 1,5 * 1,5 * 1,7 * 1,2 * 1,0 * 1,0 * 1,0$$

$$K = 4,59.$$

Приймаємо $K = 4,6$.

Коефіцієнт тертя $f = 0.16$, базові поверхні оброблені.

Розрахунок сил закріплення:

$$P_z * 165 - 2 F_{t1} * 82,5 - 2 F_{t1} * 82,5 = 0,$$

$$P_z * 165 - 2 Q_1 * f * 82,5 - 2 Q_1 * f * 82,5 = 0,$$

$$P_z * 165 = 2 Q_1 * f * 82,5 + 2 Q_1 * f * 82,5,$$

$$1560,1 * 165 - 2 F_{t1} * 82,5 - 2 F_{t1} * 82,5 = 0,$$

$$1560,1 * 165 - 2 Q_1 * 0,16 * 82,5 - 2 Q_1 * 0,16 * 82,5 = 0,$$

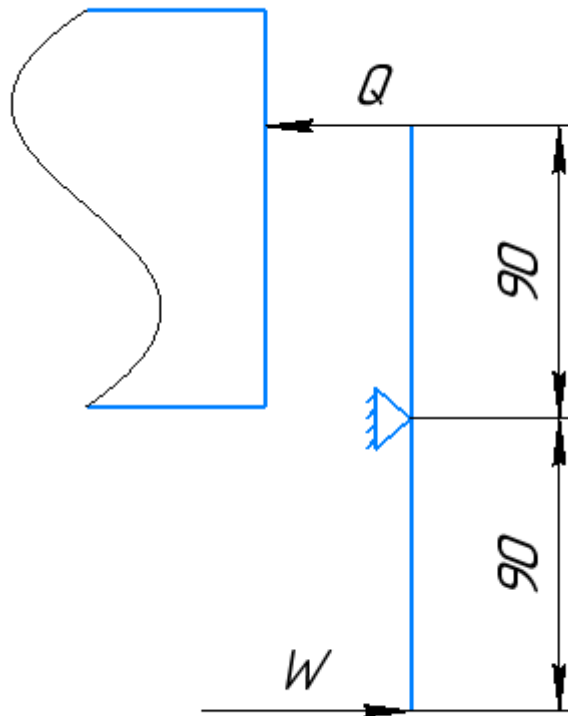
$$1560,1 * 165 = 2 Q_1 * 0,16 * 82,5 + 2 Q_1 * 0,16 * 82,5 ,$$

$$F_{t1} = 780,05 \text{ Н};$$

$$Q_1 = 4795,8191 \text{ Н};$$

$$Q = 4795,8191 \text{ Н};$$

Кін.схема передавальних механізмів



$$W * 90 = Q * 90, \text{ передаточне відношення дорівнює 1.}$$

Необхідна сила приводу:

$$W_{\text{потр}} * 90 = Q * 90,$$

$$W_{\text{потр}} = 4795,8191 \text{ Н};$$

Сила, яку розвиває гідравлічний привод що «давить»:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} p \eta,$$

де η – коефіцієнт корисної дії, 0,95; p – робочий тиск мастила в гідроприводі, 10 МПа; D - діаметр циліндра, з нормального ряду 30 мм;

$$W = 6\,715 \text{ Н}.$$

Сила W достатня, отже деталь у пристосуванні буде закріплена.

Точність пристосування для куту нахилу пазів

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta i + \Delta z + \Delta p + \Delta z_n + \Delta y_{\text{п.}}$$

1) $\Delta i = 0$, буде оброблятися на верстаті з ЧПК.

2) $\Delta z = 0$, немає зазорів, заготовки встановлюються до упора.

3) $\Delta p = 0$, перекосу/зміщення інструменту немає;

4) Величина зношування $U: U = U_o \cdot K_t \cdot K_l \cdot K_y$.

U_o – величина зношування, 16 мкм (опора установочна, кількість контактів до 5000);

K_t – враховує час контакту заготовки з опорами ($K_t = 0.79 \cdot t_{\text{маш}}$, $t_{\text{маш}}$ – час обробки, хв), $K_t = 1,07$;

K_l – враховує довжину шляху ковзання при установці заготовки, 1,25, бо верстат з ЧПК;

K_y – враховує умови обробки, 1, операція фрезерування сталі без охолодженням;

$$U = 16 \cdot 1,07 \cdot 1,25 \cdot 1 = 21,4$$

$$U = 22 \text{ мкм}$$

$$e = U \cdot l_o b / l_p = 22 \cdot 10 / 240 = 0,961 \text{ мкм}$$

$$\Delta z_n = e = 1 \text{ мкм}$$

$$5) \Delta y_{\text{п.}} = S_{\text{max}} \cdot 2 \cdot 10 / 360 = 34 \cdot 2 \cdot 10 / 360 = 24 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0 + 0 + 0 + 1 + 24 = 25 \text{ мкм}$$

Точність пристосування для заданого розміру отримав 0,025 мм;

Отже, пристосування точність забезпечує.

13 Економічний розділ

13.1 Розрахунок собівартості річного випуску

Заробітна плата основних робітників, $Z_{\text{осн}}$, грн., розраховується за формулою

$$Z_{\text{осн}} = \frac{\sum t_{\text{шк}} \cdot C_{\text{год}} \cdot N_{\text{вип}}}{60} \quad (13.1)$$

де $C_{\text{год}}$ – годинна тарифна ставка, грн./год.;

$T_{\text{шк}}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

$N_{\text{вип}}$ – річний випуск, шт.

$$Z_{\text{осн}} = \frac{56,64 \cdot 150 \cdot 50000}{60} = 7\,080\,000 \text{ грн}$$

Розрахунок заробітної плати надається в таблиці 15

Таблиця 13.1 - Розрахунок заробітної плати

№ операції	Штучно калькуляцій- ний час Тшк, хв	Розряд робітника	Го- динна тари- фна ставка Сгод, грн./год.	Заробі- тна плата Зосн. грн..
005	8,23	3	120	16,46
010	8,23	3	120	16,46
015	0,14	3	120	0,28
020	11,04	4	150	27,6
025	3,5	4	150	8,75
030	4,36	4	150	10,9
035	7,33	4	150	18,325
045	11,04	4	150	27,6
050	2,77	5	200	9,233333

Продовження таблиці 13.1

№ операції	Штучно калькуляцій- ний час Тшк, хв	Розряд робітника	Годинна тарифна ста- вка Сгод, грн./год.	Заробі- тна плата Зосн. грн..
Разом	56,64	-	145,5556	135,6083
На річний обсяг виробництва				6 780 415

Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, Здод , грн., розраховується за формулою:

$$З_{дод} = З_{осн} \cdot K_{дод}, \quad (13.2)$$

де $K_{дод}$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати (0,5).

$$З_{дод} = 6\,780\,415 \cdot 0,5 = 3\,390\,207,5$$

Витрати на єдиний соціальний внесок, ЄСВ, грн., визначається за формулою

$$ЄСВ = (З_{осн} + З_{дод}) \cdot K_{ЄСВ}, \quad (13.3)$$

де $K_{ЄСВ}$ – коефіцієнт єдиного соціального внеску.

$$ЄСВ = (6\,780\,415 + 3\,390\,207,5) \cdot 0,22 = 2\,237\,536,95$$

Вартість сировини і матеріалів, V_m , грн., розраховується за формулою

$$V_m = (m_{заг} \cdot C_{мат}) \cdot (1 + K_{тр}) \cdot N_{вип} \quad (13.4)$$

де $m_{заг}$ – маса заготовки, кг, л, м;

$C_{мат}$ – ціна одного кг. матеріалу заготовки, грн.;

$K_{тр}$ – коефіцієнт який враховує витрати на транспортування матеріалу від постачальника до виробника, складає 0,02.

$$V_m = (27,5 \cdot 140) \cdot (1 + 0,02) \cdot 50000 = 196\,350\,000$$

Витрати на електроенергію на технологічні цілі, $V_{ел}$, грн., розраховується за формулою

$$V_{ел} = W_e \cdot F_{еф} \cdot C_{ел} \cdot K_{зм} \cdot K_z \quad (13.5)$$

де W_e – загальна потужність верстатів, кВт-год.;

$F_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи обладнання. год.;

Цен – ціна 1 кВт/год. електроенергії , грн. (1,68);

Кзм - кількість змін;

Кз – коефіцієнт завантаження обладнання.

$$V_{\text{ел}} = 179,2 \cdot 8760 \cdot 1,68 \cdot 3 \cdot 0,95 = 7\,516\,164,0$$

Амортизація основних фондів, А, грн., розраховується за формулою

$$A = \frac{H_a \cdot V_{\text{ел}}}{100} \quad (13.6)$$

де H_a – річна норма амортизації, приймається 15%.

$$A = \frac{15 \cdot 7\,516\,164}{100} = 1\,127\,424,6$$

Розрахунок собівартості річного випуску надається у таблиці 13.2.

Таблиця 13.2 – Собівартість річного випуску

Найменування статей	Сума, грн.
Сировина і матеріали	196 350 000
Паливо та енергія на технологічні цілі	7 516 164
Основна заробітна плата основних робітників	6 780 415
Додаткова заробітна плата виробників	3 390 207,5
Єдиний соціальний внесок	2 237 536,95
Амортизація	1 127 424,6
Разом	217 401 748
Собівартість однієї деталі	4248,035

14 Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності

14.1 Охорона праці та технічна безпека при виготовленні заданої деталі

Основні правові акти, які регулюють охорону праці в Україні, включають:

- Закон "Про охорону праці", прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року, має велике соціально-економічне значення, оскільки стосується життєвих інтересів близько 30 мільйонів громадян України.

- Одна з основних завдань держави - забезпечення охорони здоров'я працюючих, створення безпечних умов праці та боротьба з професійними захворюваннями та виробничим травматизмом.

- Україна приділяє велику увагу поліпшенню умов праці та забезпеченню оздоровлення працівників, оскільки це вважається одним з найважливіших завдань для підвищення добробуту населення.

- Для вирішення всіх питань, пов'язаних з охороною праці, в Україні існує законодавча та нормативна база, до якої входять Конституція України, Закон "Про охорону праці", "Про охорону здоров'я", "Про пожежну безпеку", "Про використання ядерної енергії та радіаційний захист", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення" і Кодекс законів про працю України.

- Також діють міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці, такі як норми, правила, положення, інструкції та інші. Україна також використовує міждержавні стандарти системи стандартів безпеки праці та власні державні стандарти з питань безпеки праці.

Для забезпечення безпеки праці на дільниці, де виготовляється деталь "Колінчастий вал", всі робітники повинні дотримуватись загальних

вимог безпеки на виробництві. Перед початком роботи необхідно виконати наступні заходи:

- Переконались, що робочий спецодяг знаходиться в гарному стані.
- Перевірити:
 - а) Наявність заземлення та наявність масла у верстаті.
 - б) Місцеве освітлення.
 - в) Наявність і справність огорожень.
 - г) Справність інструментів та пристроїв.
 - д) Роботу верстату на холостому ході.

Під час роботи діють наступні обмеження:

- Заборонено приймати та передавати будь-що через верстат.
- Заборонено працювати на верстаті в рукавицях.
- Заборонено перевіряти деталь під час роботи верстата.
- Деталь слід обробляти лише на встановлених режимах різання.
- Очищення інструменту від стружки дозволяється тільки за допомогою спеціального крючка або щітки.

Після закінчення роботи необхідно виконати наступні дії:

- Вимкнути верстат і електродвигун.
- Привести робоче місце в належний стан.
- Здати верстат майстру або зміннику і повідомити про всі виявлені недоліки в роботі верстата.

Кожне робоче місце має свої окремі вимоги з техніки безпеки.

7.2 Безпека праці під час обслуговування верстатів з ЧПК

У процесі механічної обробки деталі "Корпус" використовуються верстати з ЧПК, такі як HAAS GM-2, HAAS VF-3, HAAS DT-1. Дотримуйтесь наступних вимог безпеки під час роботи на верстатах з ЧПК:

- Перед початком роботи на верстатах з ЧПК оператору слід перевірити:
 - Наявність і справність огорожень рухомих елементів верстата та елементів керування.
 - Огороження, що захищають від стружки і охолоджувальної рідини.

- Цілісність ізоляції відкритих частин електропроводки та провідника захисного заземлення верстата.
- Справність пускових, зупиняючих і реверсивних пристроїв.
- Справність різального та допоміжного інструменту і надійність його фіксації в інструментальному магазині.
- Заборонено працювати без захисних огорожень і запобіжних пристроїв.
- Обов'язково дотримуйте послідовність дій керування.
- Слідкуйте за роботою конвеєра для відведення стружки.
- Підтримуйте робоче місце в чистоті та порядку, регулярно очищуйте його від масла, емульсії, стружки та інших відходів. Для прибирання стружки використовуйте щітку, гачок або скребок.
- Заборонено очищати верстат стислим повітрям. Чищення верстата слід виконувати тільки після повної зупинки.
- Оператору заборонено:
 - Здійснювати заміну та налагодження різального інструменту та виправляти несправності.
 - Відкривати кришки та блоки у стояку системи програмного керування.
 - Відкривати пульт керування.
- Працювати на верстатах в рукавицях, печатках або з пов'язаними пальцями.
- Виконувати заміну сигнальних ламп та ламп місцевого освітлення.
- У разі затуплення або пошкодження інструменту його слід замінити. Набір фрез слід встановлювати на оправку таким чином, щоб зубці розташовувалися в шахматному порядку.
- Слідкуйте за рівнем масла в ємності гідросистеми.
- Перевіряйте правильність переміщення інструменту при обробці програми за контрольними показниками лімбу або дисплею.
- При вибиванні фрези з шпинделя користуйтеся еластичною прокладкою для підтримки і уникайте використання незахищеної руки.

- В кулачковому патроні без підтримки центром задньої бабки можна закріплювати лише короткі, урівноважені деталі довжиною не більше двох діаметрів. В інших випадках слід використовувати задній центр для підтримки.
- При обробці довгих деталей слід стежити за центруванням задньої бабки, періодично змащувати її та перевіряти осьовий затиск. Не використовуйте центр зі зношеним конусом.
- Не використовуйте патрони зі зношеними робочими поверхнями кулачків.
- Не обробляйте заготовки з великим припуском, без підготовлених баз та з дефектами в місцях затиску.
- Не працюйте на верстаті з вимкненим захистом.

Основні правила безпеки при роботі на верстатах з ЧПК, згідно інструкції з охорони праці (ІОП №1), включають наступне:

Перед початком роботи оператор повинен переконатися в:

- Наявності та належному стані захисних огорожень рухомих частин верстата та елементів керування.
- Використанні огорожень, що захищають від стружки та охолоджувальної рідини.
- Цілісності ізоляції відкритих ділянок електропроводки та провідника заземлення верстата.
- Роботоздатності пускових, зупиняючих та реверсивних пристроїв.
- Справності різального та допоміжного інструменту та його надійної фіксації в інструментальному магазині.

Робота без належних захисних огорожень і запобіжних пристроїв заборонена.

Під час роботи на верстаті з ЧПК слід дотримуватися таких правил:

- Строго дотримуватися послідовності керування.
- Забезпечувати нормальну роботу конвеєра для відведення стружки.

- Підтримувати робоче місце в чистоті та порядку, регулярно очищувати його від масла, емульсії, стружки та інших відходів за допомогою щітки, гачка або скребка.
- Заборонено чищення верстата стислим повітрям. Чистку верстата слід виконувати лише після повної зупинки.

Оператору заборонено:

- Виконувати заміну та налагодження різального інструменту, а також виправлення несправностей під час роботи верстата.
- Відкривати кришки та блоки системи програмного керування.
- Відкривати пульт керування.
- Замінювати сигнальні лампи та лампи місцевого освітлення.

Після завершення роботи на верстаті з ЧПК необхідно:

- Вимкнути верстат та електродвигун.
- Прибрати верстат та прибрати своє робоче місце.
- Звернутися до наладчика або майстра, повідомити про виявлені недоліки у роботі верстата.

1. Вимоги безпеки перед початком роботи повинні бути наступними:

1.1. Одягайте спецодяг правильно: він має підходити за розміром, бути добре застібнутим. Якщо ви працюєте з нагрітим металом, використовуйте брезентові або шкіряні рукавиці та захисні окуляри з темними скельцями.

1.2. Розкладіть на верстаті необхідні інструменти для роботи. На верстаті не повинно бути нічого зайвого.

1.3. Перевірте і підготуйте електрообладнання для нагрівання виробів і переконайтеся в його справності.

1.4. Перевірте надійність заземлення електропечі (заземлення металевого корпусу та станіни, на якій встановлена піч). Перед включенням нагрівального обладнання перевірте наявність заземлення, стан контактів та ізоляції проводів.

1.5. Переконайтеся, що поруч з робочим місцем немає легкозаймистих матеріалів та горючих рідин.

2. Вимоги безпеки під час виконання робіт мають такий характер:

2.1. Будьте обережні з електрообладнанням для нагрівання виробів.

2.2. Використовуйте закрите взуття під час термообробки металів.

2.3. Використовуйте справний та налагоджений інструмент.

2.4. Використовуйте інструмент згідно з його призначенням, щоб уникнути його пошкодження та травм.

2.5. Не відволікайтеся під час роботи і не заважайте іншим працювати.

2.6. Дотримуйтесь таких вимог, щоб запобігти травмам та небезпечним ситуаціям при термічній обробці металу:

- Піч для нагрівання деталей повинна бути у безпечному відношенні до пожежі місці.

- Використовуйте спеціальні кліщі з довгими ручками для укладання деталей.

- Використовуйте теплоізоляційні рукавиці.

- Кладіть охолоджені деталі на підставку з термостійкого матеріалу.

2.7. Уникайте контакту гарячих місць печі руками під час укладання деталей у неї.

2.8. Забезпечте чистоту на робочому місці.

2.9. Не відволікайтеся під час роботи і не заважайте іншим працювати.

3. Вимоги безпеки після закінчення роботи мають такий характер:

3.1. Вимкніть електрообладнання для нагрівання виробів.

3.2. Приберіть робоче місце і поверніть інструменти та пристрої на їхнє місце.

3.3. Вимкніть вентилятор та витяжку.

3.4. Приберіть свій одяг, помийте руки та обличчя з милом.

Витяг з інструкції щодо охорони праці (ІОП № 3) під час виконання слюсарних робіт:

- Впевніться, що ручки напилка міцно закріплені.

- Заборонено використовувати напилки без ручок або з пошкодженими ручками.
- При насадженні ручки на напилки тримайте його хвостовик униз.
- Ніс напилка не повинен мати гострих ребер.
- Під час обпилювання деталей з гострими краями уникайте підтискування пальців лівої руки під напилки.
- Молоток повинен бути належно насаджений на ручку і надійно закріплений.

Витяг з інструкції щодо охорони праці (ІОП № 4) під час виконання контрольних робіт:

1.4. Протягом усієї робочої зміни контролера якості готових виробів його робочим місцем є промисловий стіл.

1.5. Основною метою цієї операції є візуальний контроль якості готових виробів з урахуванням технічних умов та стандартів, які встановлені для цих виробів.

1.6. Технологічний процес включає завершальну стадію, перед тим як виріб буде переданий на склад готової продукції.

1.7. На робочому місці контролера якості готових виробів використовується таке обладнання: промисловий стіл, допоміжні пристосування та інструменти.

1.9. Контролер якості готових виробів має дотримуватись наступних обов'язків:

- Піклуватися про свою особисту безпеку та здоров'я, а також безпеку та здоров'я оточуючих людей під час виконання будь-яких робіт або перебування на території підприємства.
- Знати та дотримуватись вимог інструкцій з охорони праці на своєму робочому місці.
- Виконувати роботу згідно з вимогами інструкційно-технологічної карти.
- Вміти користуватись засобами індивідуального та колективного захисту.

- Знати та дотримуватись правил поведження з обладнанням, інвентарем, використовувати технічний паспорт на обладнання.
- Знати та виконувати обов'язки з охорони праці, передбачені колективним договором (трудовим договором), правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства, включаючи:
 - Строго дотримуватись графіку початку та закінчення роботи, дотримуватись розкладу технологічних та обідніх перерв.
 - Не виконувати роботи, які не передбачені змінним завданням.
 - Не перебувати на роботі поза робочим часом без відповідного доручення керівника.
 - Дотримуватись правил корпоративної поведінки.
 - Вміти надати першу допомогу потерпілому в разі нещасного випадку.
 - Співпрацювати з роботодавцем у створенні безпечних та нешкідливих умов праці, особисто приймати заходи для усунення будь-якої ситуації, що загрожує його життю, здоров'ю або життю тих, хто його оточує, а також навколишньому природному середовищу.
 - При виявленні недоліків або небезпеки повідомляти безпосереднього керівника або іншу посадову особу.

Відповідно до законодавства України, особи, які порушують вимоги нормативно-правових актів та інструкцій з охорони праці, підлягають дисциплінарній, матеріальній, адміністративній або кримінальній відповідальності, залежно від характеру порушень.

1.10. Обов'язки контролера якості готових виробів включають:

- Знання технічних умов, які стосуються якості обробки виробів на всіх етапах технологічного процесу.
- Розуміння видів виробничого браку, методів його запобігання та усунення.
- Знання правил складання виробничих партій.
- Застосування методів технічного контролю для оцінки якості обробки.

1.11. Під час роботи контролера якості готових виробів можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, такі як:

- Недостатня освітленість робочої зони.
- Забруднення робочої зони.
- Ймовірність поранення від гострих або колючих предметів.

7.3 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Технічні вирішення системи протипожежного захисту встановлюються з урахуванням реальних умов виробництва і вимог нормативних документів. Ці вирішення спрямовані на виявлення пожежі, обмеження її поширення, створення умов для її гасіння, захист працівників від небезпечних факторів, пов'язаних з пожежею, а також захист матеріальних цінностей від знищення. Такі вирішення включають встановлення вогнестійких меж для будівельних конструкцій приміщень і будівель в цілому, визначення відстані між будівлями та іншими об'єктами, технічні рішення щодо обладнання, вентиляції, опалення та кондиціонування повітря, енергопостачання, вибору оздоблювальних матеріалів, а також впровадження систем автоматичної пожежної сигналізації, пожежегасіння, протидимного захисту, евакуації працівників під час пожежі тощо.

Пожежна сигналізація - це комплекс технічних засобів для виявлення загоряння і сповіщення про місце його виникнення. Вона включає пожежні сповіщувачі (датчики), приймальні пристрої, зв'язкові лінії та джерела живлення. Сигналізація загазованості - це комплекс технічних засобів для виявлення вибухонебезпечних концентрацій газу метану (CH_4) та оксиду вуглецю (CO_2).

Для забезпечення протипожежної безпеки на робочих місцях використовуються організаційні та технічні заходи. Організаційні заходи

включають розроблення правил, інструкцій і інструктажів з протипожежної безпеки, навчання працівників, контроль дотримання протипожежного режиму, організацію пожежної дружини та пожежної комісії, щоденну перевірку приміщень на наявність протипожежних заходів, розроблення плану евакуації та процедур оповіщення, нагляд за протипожежним станом об'єкта, перевірку пожежної техніки та інвентарю. Технічні заходи для протипожежного захисту включають наступні аспекти:

- Дотримання вимог, норм та правил щодо пожежної безпеки.
- Підтримка у справному стані систем опалення, вентиляції та обладнання.
- Встановлення автоматичної пожежної сигналізації, систем автоматичного гасіння пожеж та пожежного водопостачання.
- Заборона використання обладнання, пристроїв та інструментів, що не відповідають вимогам пожежної безпеки.
- Організація правильної роботи на робочих місцях з використанням пожежонебезпечних інструментів, приладів та технологічних установок.

Кожен об'єкт має відповідальну особу за протипожежний стан, згідно з наказом начальника цеху.

Протипожежний захист включає комплекс інженерно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення пожежної безпеки об'єктів і споруд. Для запобігання поширенню вогню, будівлі промислових підприємств виконують такі заходи:

- Розділення будівлі на пожежні відсіки за допомогою протипожежних перекриттів.
- Розділення будівлі на секції за допомогою протипожежних перегородок.
- Встановлення протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по конструкціях та горючих матеріалах.
- Установка протипожежних дверей і воріт.

- Влаштування протипожежних розривів між будівлями.

Протипожежні перешкоди, такі як стіни, перегородки, перекриття або об'ємні елементи будівлі, призначені для запобігання поширенню пожежі у сусідніх приміщеннях протягом певного періоду часу.

Вони повинні відповідати певним вимогам, зокрема:

- Протипожежні стіни мають бути підтримуватися фундаментами, перетинати всі поверхи і конструкції будинку.

- Вони повинні бути вищими за дах не менше 60 см, якщо хоча б один елемент горища виконаний з горючих матеріалів, і на 30 см, якщо елементи горища виконані з важкогорючих матеріалів (за винятком даху).

- Якщо всі елементи горища, крім даху, виконані з негорючих матеріалів, то протипожежні стіни не обов'язково повинні виступати за межі даху.

- У протипожежних стінах допускається прокладання вентиляційних і димових каналів з умовою, що межа вогнестійкості стіни з обох боків каналу складає не менше 2,5 години.

Для розподілу будівлі на пожежні відсіки замість протипожежних стін можна використовувати протипожежні зони, які представляють собою вставки, що пролягають по всій ширині та висоті будівлі. Вставка - це частина об'єму будівлі, яка обмежується протипожежними стінами і має мінімальну межу вогнестійкості 0,75 години. Ширина зони повинна бути не менше 12 метрів. У межах зони заборонено зберігати горючі матеріали. На межі зони з пожежними відсіками передбачаються вертикальні перегородки і дренчерні водяні завіси згідно з вимогами СНиП 2.04.09-84. У межах зони розташовують пожежні сходи, що ведуть на дах, а в зовнішніх стінах зони повинні бути двері або ворота. Отвори у протипожежних стінах, перегородках та перекриттях мають бути оснащені захисними пристроями, такими як протипожежні двері, вогнезахисні двері, вогнезахисні клапани, водяні завіси, які перешкоджають поширенню вогню та горючих продуктів. Заборонено встановлювати будь-які пристрої, які перешкоджають нормальному

закриванню протипожежних та протидимових дверей, а також видаляти пристрої для їх автоматичного закривання. У випадку перетинання протипожежних перешкод (стін, перегородок, перекриттів, загороджувальних конструкцій) комунікаціями повинні бути наглухо зашпаровані негорючим матеріалом, що забезпечує вогнестійкість та запобігає проникненню диму та газів, як вимагають будівельні норми для таких перешкод.

Для захисту металевих, дерев'яних та полімерних конструкцій застосовуються відповідні матеріали, такі як штукатурка, спеціальні фарби, лаки, покриття. Горючість полімерних матеріалів знижується за допомогою введення наповнювачів, антипіренів та застосування вогнезахисних покриттів. В якості наповнювачів використовують крейду, каолін, графіт, вермикуліт, перліт, керамзит. Антипірени захищають деревину та полімери. При нагріванні вони видаляють негорючі речовини, що запобігають розкладу деревини та виділенню горючих газів.

При змішуванні з полімерами, вони утворюють рівномірну суміш. Після обробки дерев'яних конструкцій, тканин та інших горючих матеріалів антипіренами, підрядна організація повинна скласти акт про виконану роботу. Якщо термін дії обробки закінчився або вогнезахисні властивості погіршилися або втрачені, треба повторити процедуру обробки. Перевірку стану вогнезахисної обробки рекомендується проводити принаймні раз на рік і складати акт перевірки.

Необхідно мати щонайменше два евакуаційних виходи. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися у напрямку виходу з будівель або приміщень. Якщо в приміщенні одночасно перебуває не більше 15 людей, можна мати двері, які відкриваються усередину приміщення. Якщо в приміщенні є люди, двері евакуаційних виходів можуть бути замкнуті лише внутрішніми запорами, які легко відчиняються. Мінімальна ширина евакуаційних шляхів повинна бути не менше 1 метра, а дверей - не менше 0,8 метра. Відстань від найвіддаленішої точки цеху або приміщення до евакуаційного виходу визначається відповідно до

вимог СНиП 2.09.02-85, залежно від ступеня вогнестійкості приміщення та кількості евакуйованих осіб. Не рекомендується розміщувати евакуаційні виходи через приміщення категорії А, Б, IV та V ступенів вогнестійкості.

Приміщення категорії А характеризується наступними ознаками: вони містять горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 градусів Цельсія, у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, що при займанні розвивають розрахунковий надмірний тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа. Речовини та матеріали, здатні до вибуху і горіння при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, також допускаються в таких приміщеннях у великій кількості, що розвиває надмірний тиск вибуху в приміщенні, перевищуючи 5 кПа.

Приміщення категорії Б характеризується такими ознаками: наявність горючого пилу або волокон, легкозаймистих рідин з температурою спалаху вище 28 градусів Цельсія, або горючих рідин у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, розвиток надмірного тиску вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Відповідно до пожежної безпеки, всі виробничі, адміністративні, складські та інші будівлі і споруди повинні бути оснащені автоматичними системами пожежної сигналізації, первинними засобами пожежогасіння, вогнегасниками, пожежогасільними установками, автоматикою для виявлення і запобігання пожежам.

До основних засобів пожежогасіння належать:

- Вогнегасники, такі як ВХП-10, ВПП-10, ВВ-5, ОП-9. Вогнегасник ВХП-10 призначений для тушіння горючих матеріалів і легкозаймистих рідин на невеликій площі. Він також може використовуватись для загасання електропроводів, електричного обладнання та приладів під напругою, а також для пожеж з металевим натрієм і калієм, магнієм, спиртами, сірковуглецем, ацетоном, карбідом кальцію. Перед

використанням вогнегасника, особливо після тривалого зберігання, слід прочистити сопло шпилькою.

- Пожежний інвентар, такий як негорючі покривала, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати.

- Пожежний інструмент, такий як гаки, ломы, сокири та інше.

У приміщеннях, де знаходяться комп'ютери, копіювальна техніка та інші електронні прилади, слід мати вуглекислотні вогнегасники (УО-2 та ВВК-1,4), щоб запобігти пошкодженню обладнання під час гасіння пожежі.

Максимальна відстань від місця можливої пожежі до розташування вогнегасника повинна відповідати наступним критеріям:

- 20 метрів - для громадських будівель та споруд;
- 30 метрів - для приміщень категорії А, Б, В;
- 40 метрів - для приміщень категорії В і Г;
- 70 метрів - для приміщень категорії Д.

При виникненні пожежі на підприємстві, негайно оголошується пожежна тривога та повідомляється пожежна охорона за допомогою телефонів (номер 101). При повідомленні про пожежу необхідно чітко назвати адресу підприємства та прізвище особи, яка робить повідомлення.

Одночасно з повідомленням про пожежу працівники повинні розпочати ліквідацію пожежі та евакуацію людей з приміщення, а також зміцнити охорону об'єкта.

ЛІТЕРАТУРА

- 1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування по ТМС. – Мінськ: Вища школа. 1983 р. – 256 с.**
- 2. ГОСТ 2.316-68. Правила нанесення на кресленнях написів, технічних вимог і таблиць.**
- 4. Загальномашинобудівні нормативи часу і режимів різання для нормування робіт, виконуваних на універсальних і багатоцільових**

верстатах з ЧПУ. Частина 1. Нормативи часу. – М.: Економіка. 1990 р. – 206 с.

5. Загальномашинобудівні нормативи часу і режимів різання для нормування робіт, виконуваних на універсальних і багатоцільових верстатах з ЧПУ. Частина 2. Нормативи режимів різання. – М.: Економіка. 1990 р. – 474 с.

7. Посібник технолога-машинобудівника у 2-х томах. Том 1. За ред. А.Г. Косилової та Р.К. Мещерякова. – 4-те вид., переробл. і доповн. – М.: Машинобудування. 1986 р. – 656 с.

8. Посібник технолога-машинобудівника у 2-х томах. Том 2. За ред. А.Г. Косилової та Р.К. Мещерякова. – 4-те вид., переробл. і доповн. – М.: Машинобудування. 1986 р. – 496 с.