

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
бакалавра

на тему: Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі
«Обойма»

Пояснювальна записка

Виконав: студент 4 курсу, групи 4ІМ

Спеціальності 131-

Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Шевчук П. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Сімінченко І.П.

(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2025

Херсонський національний технічний університет

- Інститут, факультет, відділення інженерії та транспорту
- Кафедра, циклова комісія Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
- Освітньо-кваліфікаційний рівень
- Напрямок підготовки
- Спеціальність 131- Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

Д.О. Дмитрієв

« » 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Шевчук Павло

1. Тема проекту Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі «Обойма»

Керівник проекту (роботи) Сімінченко Ігор Павлович

(прізвище, ім'я, по батькові наукова ступінь, вчене звання)

Затвердженні наказом вищого навчального закладу від 15 січня 2024 року № 17-с.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.06.2025 р.
3. .Вихідні дані по проекту (роботи) робоче креслення деталі обойма, технічні вимоги до конструкції деталі обойма, річна програма випуску 500 шт., типовий технологічний процес, спосіб отримання заготовки, вимоги до матеріалу деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз технологічності конструкції деталі, проектування конструкції заготовки, проектування технологічного процесу виготовлення деталі, визначення припусків для технологічних переходів, призначення режимів різання, нормування технологічних операцій
5. **Консультанти розділів роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Конструкційний аналіз деталі "Обойма"	Сімінченко І.П.	05.02.24	
Технологічний процес обробки	Сімінченко І.П.	15.02.24	
Контроль якості обробки	Сімінченко І.П.	01.04.24	
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кузнєцов С.І	05.05.24	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної Роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання теми, підбір літератури, написання вступу	05.02.2025 – 17.03.2025	
2	Розділ 2. Конструкційний аналіз деталі "Обойма"	18.03.2025 – 25.03.2025	
3	Розділ 3. Вибір заготівлі, креслення заготівки, розрахунок припусків	26.03.2025 – 30.03.2025	
4	Розділ 4.1–4.3. Розробка технологічного маршруту та послідовності обробки	1.04.2025 – 15.04.2025	
5	Розділ 4.4–4.6. Вибір оснащення, інструменту, режимів різання	16.04.2025 – 25.04.2025	
6	Розділ 5. Налагодження виробництва: схема установки, базування, наладка	26.04.2025 – 01.05.2025	
7	Розділ 6. Контроль якості обробки	02.05.2025 – 07.05.2025	
8	Розділ 7. Охорона праці та безпека в НС	08.05.2025 – 11.05.2025	
9	Розділ 8. Економічне обґрунтування проекту	12.05.2025 – 18.05.2025	
10	Розділ 9. Висновки, оформлення списку використаних джерел	19.05.2025 – 25.05.2025	
11	Графічна частина: креслення, технологічні карти, специфікації	26.05.2025 – 05.06.2025	
12	Перевірка, редагування, підготовка до захисту	06.06.2025 – 12.06.2025	

Студент Шевчук П.

Керівник роботи

Сімінченко І.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Реферат

У дипломній роботі розглянуто повний цикл технологічної підготовки до виготовлення корпусної деталі типу «Обойма», що використовується для фіксації та центрування елементів у складі механізмів. Проведено конструкційний аналіз деталі, в якому визначено її призначення, критичні поверхні та вимоги до точності, шорсткості й геометрії.

Заготовка обрана у вигляді виливка з сірого чавуну СЧ15, виготовлена методом лиття в глиняно-піщані форми. Такий підхід забезпечує економічність, технологічність та можливість отримання складної форми з мінімальними припусками. Обґрунтовано вибір припусків, матеріалу та базування для механічної обробки.

Розроблено технологічний маршрут виготовлення, включаючи операції фрезерування, свердління, розточування та контрольні вимірювання. Для кожного етапу підбрано оптимальне обладнання (в тому числі DMG MORI NHX 5000 3rd Generation.), інструмент і режими різання. Особливу увагу приділено точності обробки отворів Ø10, Ø16 та Ø21 мм, а також забезпеченню взаємного розташування поверхонь.

У роботі також подано аналіз системи базування, наладки верстата, контроль якості обробки, заходи з охорони праці та економічне обґрунтування обраної технології. Результатом є технічно та економічно доцільна технологія виготовлення, що відповідає вимогам сучасного машинобудування.

Реферат

The thesis describes the full cycle of technological preparation for the manufacture of a housing part of the “Shell” type, which is used to fix and center elements in mechanisms. A structural analysis of the part has been carried out, which defines its purpose, critical surfaces and requirements for accuracy, roughness and geometry.

The workpiece was selected in the form of a gray cast iron casting СЧ15, made by casting in clay-sand molds. This approach ensures efficiency, manufacturability, and the possibility of obtaining a complex shape with minimal tolerances. The choice of allowances, material, and base for machining is substantiated.

A technological manufacturing route was developed, including milling, drilling, boring, and control measurements. For each stage, the optimal equipment (including DMG MORI NHX 5000 3rd Generation), tools and cutting modes were selected. Particular attention is paid to the accuracy of machining holes Ø10, Ø16 and Ø21 mm, as well as ensuring the relative position of the surfaces.

The paper also analyzes the base system, machine setup, machining quality control, labor protection measures, and economic justification of the selected technology. The result is a technically and economically feasible manufacturing technology that meets the requirements of modern engineering.

ЗМІСТ

1. Вступ
2. Конструкційний аналіз деталі "Обойма"
 - 2.1. Призначення деталі в складі виробу
 - 2.2. Аналіз форми, розмірів і технічних вимог
 - 2.3. Визначення баз для обробки
3. Вибір заготівлі
 - 3.1. Види заготовок і обґрунтування вибору
 - 3.2. Вибір матеріалу
 - 3.3. Креслення заготовки
 - 3.4. Розрахунок припусків
4. Технологічний процес обробки
 - 4.1. Вибір методу виготовлення
 - 4.2. Визначення маршруту обробки
 - 4.3. Послідовність операцій
 - 4.4. Вибір технологічного оснащення
 - 4.5. Розрахунок режимів різання
 - 4.6. Вибір інструменту
5. Налагодження виробництва
 - 5.1. Схема установки деталі
 - 5.2. Вибір і обґрунтування методів базування
 - 5.3. Організація наладки на фрезерному оброблювальному центрі
6. Контроль якості обробки
 - 6.1. Вимоги до точності
 - 6.2. Застосування вимірювального інструменту
 - 6.3. Контроль критичних параметрів ($\varnothing 10$, $\varnothing 16$, $\varnothing 21$, площини)
7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
 - 7.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів
 - 7.2. Заходи з охорони праці
 - 7.3. Безпечна експлуатація обладнання
 - 7.4. Пожежна безпека та евакуація

8. Економічне обґрунтування проекту
 - 8.1. Розрахунок собівартості виготовлення деталі
 - 8.2. Порівняння варіантів технологій
 - 8.3. Витрати на енергію, інструмент і наладку
9. Висновки
- 10.Список використаних джерел

Вступ

У сучасному машинобудуванні важливе місце займає технологічно-конструкторська підготовка виробництва, яка є основою для забезпечення ефективного виготовлення деталей з високими показниками якості, точності, надійності та економічності. Зростання вимог до експлуатаційних характеристик машин та механізмів обумовлює необхідність вдосконалення методів проєктування технологічних процесів, вибору раціонального оснащення, обробного обладнання та режимів обробки.

Об'єктом даної дипломної роботи є деталь типу «Обойма», яка належить до корпусних деталей. Такі деталі зазвичай характеризуються складною формою, наявністю внутрішніх і зовнішніх поверхонь, великою кількістю отворів різного діаметру, посадкових місць, а також високими вимогами до точності та шорсткості поверхонь. Саме ці особливості обумовлюють необхідність ретельного підходу до розробки технологічного маршруту її обробки, вибору обладнання та технологічної оснастки.

Деталь «Обойма» виконує функцію фіксації та центрування інших елементів вузла або механізму, а також передавання навантаження. Тому вона повинна мати точні посадкові отвори, зокрема Ø30H8, Ø39H9, а також бути жорстко зафіксована в складі конструкції. На кресленні виробу зазначені високі вимоги до геометричних параметрів: допуски форми, взаємного розташування, а також до шорсткості поверхонь (від Ra1,25 до Ra40). Це вимагає використання точного металорізального обладнання, спеціального ріжучого інструменту та відповідного методу закріплення.

Заготівка деталі виготовляється методом лиття в глиняно-піщані форми, що є одним з найбільш поширених способів отримання корпусних заготовок середнього розміру. Цей метод дозволяє досягти необхідної форми з певним припуском на обробку, забезпечити раціональне використання матеріалу та зменшити витрати на виготовлення. Проте, необхідно враховувати, що лиття в піщані форми має свої особливості: обмежену точність геометричних розмірів, можливі дефекти поверхні та неоднорідність структури. Тому подальша механічна обробка є обов'язковим етапом для досягнення необхідної точності та якості поверхонь.

При розробці технологічного процесу виготовлення обойми враховуються такі фактори:

- масогабаритні характеристики деталі;
- кількість та точність отворів;
- розміщення базових поверхонь;
- доступність поверхонь для обробки;
- необхідність використання спеціальних пристосувань для надійного закріплення;
- вимоги до точності, допусків і шорсткості.

У процесі виконання дипломного проєкту буде розглянуто конструкцію деталі, проаналізовано її технологічність, визначено тип виробництва, обрано заготівку, обґрунтовано вибір технологічних баз, розроблено маршрут обробки, підібрано необхідне обладнання та інструмент. Крім того, буде здійснено розрахунок припусків та технологічних режимів різання, а також представлено наладку верстата та конструкцію пристосування для обробки.

Значна увага буде приділена питанням підвищення ефективності обробки та забезпечення стабільної якості виготовлення деталі. Враховуючи сучасні вимоги до технологічних процесів, особливий акцент буде зроблено на уніфікацію, стандартизацію та раціональне використання матеріалів і ресурсів.

Таким чином, тема дипломного проєкту є актуальною, оскільки дозволяє глибше опанувати принципи технологічної підготовки виробництва, розвинути навички аналітичного мислення, а також сформувати професійні компетентності, необхідні для подальшої інженерної діяльності.

2.1. Призначення деталі в складі виробу

Деталь «Обойма» виконує функцію корпусного елемента, що забезпечує з'єднання та взаємне розташування інших елементів вузла або механізму. З конструктивної точки зору, вона має форму, близьку до призматичної, з рядом наскрізних і глухих отворів, а також площинами, які виступають як базові або посадкові поверхні. Основне її призначення — фіксація деталей, що обертаються, переміщуються або працюють під навантаженням, із забезпеченням високої точності відносного розміщення.

У загальному складі виробу «Обойма» найчастіше розташовується між двома іншими корпусними частинами (наприклад, кронштейнами, станинами тощо), до яких вона кріпиться за допомогою болтів, шпильок або штифтів. Зазвичай через обойму проходять вали, осі або інші рухомі елементи, а отже, на ній можуть бути присутні отвори з підшипниками або втулками. Саме тому особливо важливо забезпечити точність взаємного розташування таких отворів та відповідних площин.

Зокрема, у нашому випадку конструкція деталі включає три основні отвори діаметрами Ø10 мм, Ø16 мм та Ø21 мм, які виконують посадочну або спрямовуючу функцію.

- Отвір Ø21 мм є найбільшим і, ймовірно, призначений для установки підшипника або втулки ковзання.
- Отвір Ø16 мм може слугувати прямою або отвором для кріплення.

- Отвір Ø10 мм часто використовується як додатковий або допоміжний (наприклад, для штифта або болта).

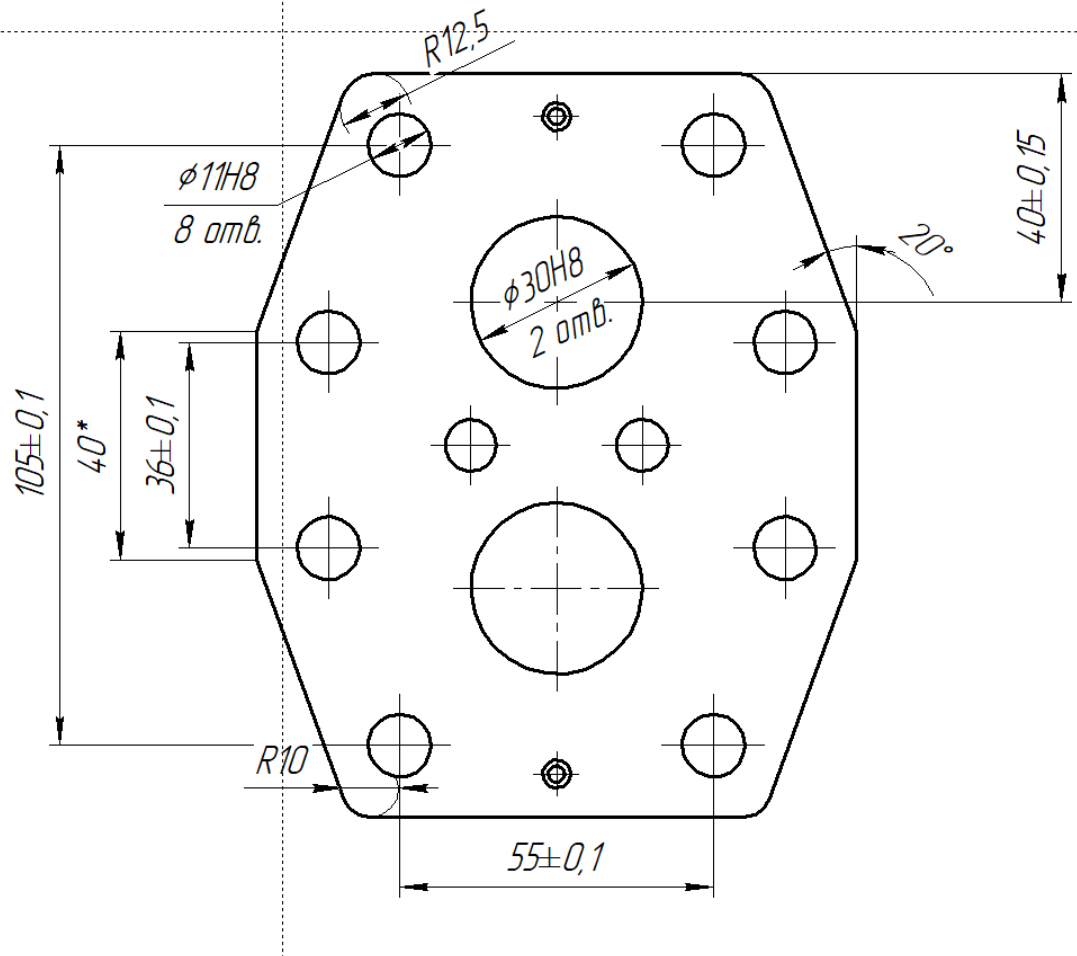


Рисунок 1 – Перший вид деталі.

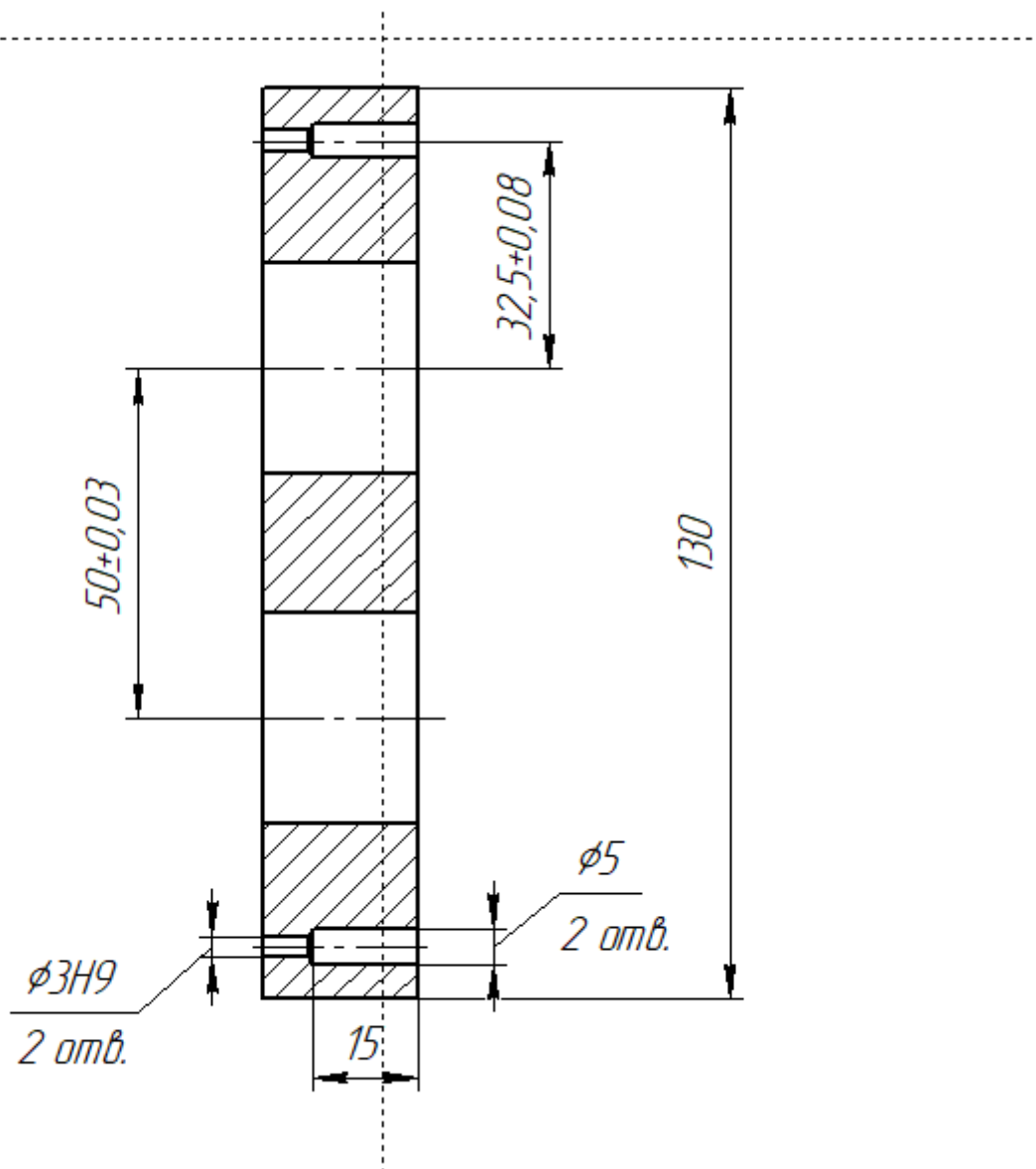


Рисунок 2 – Розріз для виду отворів деталі.

Крім отворів, важливим функціональним елементом обойми є базова площина (розміром 130 мм, добре видима з боку), яка виконує роль опорної поверхні при складанні або монтажі вузла на станину чи інший елемент машини. Саме ця площина часто стає технологічною базою при обробці — як початковою (для забезпечення паралельності інших поверхонь), так і контрольованою на фінішному етапі.

На цю площину спираються при установці деталі в конструкції, а також вона забезпечує початкову орієнтацію отворів у просторі. Її плоскість і шорсткість мають відповідати класу $Ra \leq 3,2$ мкм, а відхилення по площинності не повинно

перевищувати 0,05 мм. Це пояснюється тим, що навіть невелике відхилення може призвести до перекосів при складанні або до зниження точності механізму в цілому.

Крім того, у верхній частині деталі знаходяться оброблені посадкові площини, до яких можуть примикати інші елементи. Їх розташування має суворо контролюватися відносно основної бази та отворів.

У таблиці нижче наведено функціональне призначення основних поверхонь деталі:

Таблиця 1 – Призначення основних елементів деталі «Обойма»

№	Елемент	Функція
1	Основна опорна площина	Забезпечує опору деталі при складанні та базування
2	Отвір Ø21 мм	Посадковий отвір під підшипник або втулку
3	Отвір Ø16 мм	Монтажний або напрямний отвір
4	Отвір Ø10 мм	Отвір під штифт або болт
5	Верхня площина	Посадкова поверхня для з'єднання з іншими деталями конструкції
6	Бокові поверхні	Служать допоміжними технологічними базами або орієнтувальними гранями

Деталь

розрахована на сприйняття механічних навантажень у складі машини — зокрема, осьових і радіальних зусиль, які можуть передаватися через встановлені підшипники чи втулки. Конструктивна жорсткість забезпечується завдяки геометрії обойми — достатній товщині стінок, відсутності слабких перетинів, плавним переходам між площинами (для уникнення концентрації напружень).

Таким чином, «Обойма» є критично важливою деталлю, яка виконує одночасно функції опори, спрямування, фіксації та передачі навантажень. Її конструкція вимагає високої точності виготовлення, а також

раціонального підходу до технологічної підготовки виробництва для досягнення стабільних і надійних експлуатаційних характеристик.

2.2. Аналіз форми, розмірів і технічних вимог

Деталь «Обойма» має складну призматичну форму з рядом отворів, фасок і вимог до шорсткості та допусків. Основні геометричні характеристики, поверхні та допуски свідчать про необхідність точного оброблення й дотримання послідовності операцій.

Геометричні особливості:

- Основна форма — призматична деталь з округленнями по кутах та симетричними гранями.
- Загальні габарити: 130 мм × 105 мм × 20 мм.
- Центрально розміщено два співвісні отвори Ø30H8 (із зенкованими фасками Ø40 та Ø45).
- По боках розміщено 8 наскрізних отворів Ø11 для кріплення (згруповані симетрично по 4 з кожного боку).
- Є також отвори Ø9 (2 шт.) і отвори з допуском на розмір Ø5 (0...+0,008), що вимагають додаткової точності.

Таблиця 2 – Аналіз поверхонь:

Поверхня	Характеристика	Обробка	Примітки
Нижня площина (130×105 мм)	Базова	Фрезерування	Поверхня для базування на верстаті
Верхня площина	Паралельна базі	Фрезерування	Допуск на товщину – 20 ±0.15 мм
Отвір Ø30 H8	Посадочний отвір	Розточування	Вимагає точності та контрольного вимірювання

Зенковані фаски Ø40, Ø45	Під головки болтів	Зенкування	Розміщені з обох боків
Отвори Ø11	Кріпильні отвори	Свердління	8 штук, рівномірно розміщені
Отвори Ø5 з допуском 0... +0.008	Точне розташування	Свердління + розгортання	Можуть служити базовими або монтажними
Отвори Ø9	Додаткові	Свердління	Можливе використання для кріплення

Технічні вимоги:

- Шорсткість:
 1. Rz160 — для необроблених поверхонь.
 2. Rz40, Rz20, Rz10 — для оброблених, в т.ч. базових.
 3. Rz1.25 — для точних посадкових поверхонь, напр., Ø30, площина Ø45.
- Геометричні допуски:
 1. Зазначено допуски форми та розміщення для отворів Ø5 і Ø30 — 0.004–0.008 мм, вказує на високоточну обробку.
- Вимоги до взаємозамінності:
 1. Отвори Ø30 H8 і Ø5 з допуском мають бути виконані з високою точністю для забезпечення взаємозамінності з іншими вузлами.
- Примітки на кресленні:
 1. Не вказані граничні відхилення розмірів: H14, h14, ±IT14.

2. Розміри, позначені зірочкою (*), призначені для довідки.

Форма деталі вимагає поетапної обробки з базуванням, особливо при переході до обробки отворів Ø30 H8 та отворів з мікродопусками. Також важливо забезпечити жорстке закріплення деталі на верстаті, оскільки існує ризик відхилень при обробці розміщених симетрично отворів.

Таблиця 3 — Допуски основних розмірів деталі «Обойма»

№	Поверхня / елемент	Номинальний розмір, мм	Квалитет / допуск	Тип обробки	Примітка
1	Посадковий отвір	Ø30	H8 (0...+0.033)	Розточування	Висока точність посадки валу
2	Кріпильні отвори	Ø11	±0.2	Свердління	8 шт. — загальна точність
3	Монтажні отвори	Ø5	+0.008...0	Свердління + розгортання	Для позиціонування, підвищена точність
4	Додаткові отвори	Ø9	±0.1	Свердління	Стандартна точність
5	Товщина деталі	20	±0.15	Фрезерування	Контролюється з обох сторін
6	Довжина базової площини	130	±0.3	Фрезерування	Основна базова поверхня
7	Ширина базової площини	105	±0.3	Фрезерування	Під час встановлення на верстат

2.3. Визначення баз для обробки

Одним із ключових етапів технологічної підготовки виробництва є правильний вибір технологічних баз, які використовуються для закріплення деталі при обробці. Від їх точності та стабільності залежить не лише точність обробки, а й можливість забезпечення взаємозамінності виготовлених виробів.

Для виготовлення обойми використовуються як установчі, так і вимірювальні бази. Їх вибір базується на принципах технологічності,

зручності закріплення деталі на обладнанні та забезпечення найменших похибок взаємного розташування поверхонь.

Установчі бази

На першому етапі обробки основною базою вибирається одна з ливарних поверхонь деталі, яка в подальшому обробляється та слугує як опорна площа (база). У подальших операціях ця площа вже використовується як постійна опорна база, до якої відноситься більшість критичних розмірів деталі.

Для забезпечення стабільного положення деталі у просторі, використовуються також допоміжні бокові бази, які фіксують положення в перпендикулярному напрямку. Це дозволяє витримати точні відстані між отворами та їх симетрію.

Таблиця 3 — Вибір базування

№	Установча база	Поверхня на кресленні	Призначення
1	Основна опорна база (плоска)	Нижня торцева площа (висота 130 мм)	Забезпечує стабільну опору під час обробки з торця та отворів
2	Вспоміжна опорна база	Бокова грань (довжина 105 мм)	Для фіксації у напрямку перпендикулярному до головної бази
3	Напрямна база	Протилежна бокова грань (ширина 55 мм)	Для забезпечення орієнтації при свердлінні центральних отворів

Таблиця 4 — Послідовність базування

У таблиці наведено основні стадії обробки та відповідні їм технологічні бази.

Операція	Технологічне базування	Примітка
----------	------------------------	----------

Чорнове фрезерування нижньої площини	Встановлення на ливарну поверхню	Формування первинної бази
Чистове фрезерування верхньої площини	Нижня площина як опора	Формування габариту по висоті
Свердління центральних отворів Ø30	Нижня площина (опора), бокова (напрямна)	Забезпечення співвісності
Свердління отворів Ø11	Та ж система базування	Точність відстаней
Чистове розточування отворів Ø30 до Н8	Нижня + бокова	Досягнення високої точності посадки

Таким чином, мною був обран вибір баз здійснено з урахуванням вимог до точності, зручності фіксації та мінімізації похибок при обробці та контролі.

3 Вибір заготівлі

3.1. Види заготовок і обґрунтування вибору

У процесі технологічної підготовки виробництва одним із найважливіших етапів є вибір типу заготовки. Від правильного вибору заготовки залежить не лише економічна ефективність виготовлення деталі, але і технологічна доцільність, забезпечення необхідної точності та якості обробки.

Деталь "Обойма" має складну просторову геометрію, характеризується наявністю наскрізних отворів різного діаметра, симетрією відносно центральної осі, а також високими вимогами до точності (8–14 квалитет) для ряду отворів. З урахуванням конструктивних особливостей, а також необхідності отримання масивної основи з багатьма елементами, найбільш доцільним варіантом заготовки є **виплинок** у глиняно-піщаних формах.

Такий метод лиття забезпечує:

- Можливість отримання заготовки складної конфігурації без потреби додаткового фрезерування зовнішніх профілів;

- Низьку вартість виробництва в умовах дрібносерійного або середньосерійного виробництва;
- Мінімальні витрати матеріалу, що досягається за рахунок точного формування контуру та отворів;
- Забезпечення достатньої точності та відсутності внутрішніх напружень у заготовці (при дотриманні правильного режиму охолодження).

Матеріалом для виготовлення заготовки обрано сірий чавун марки СЧ15, який має достатню зносостійкість, добре обробляється різанням і має прийнятну міцність для умов експлуатації деталі. Цей матеріал часто використовується для виготовлення корпусних елементів, підшипникових гнізд, плит, рам та інших деталей з невеликими навантаженнями.

Також варто зазначити, що використання саме ливарної заготовки дозволяє зменшити кількість технологічних переходів у подальшій механічній обробці, що спрощує маршрут виготовлення деталі, знижує зношування інструменту та забезпечує стабільну якість.

Альтернативні варіанти, такі як прокат, кування або зварні конструкції, не забезпечують необхідної точності, вимагають значної додаткової обробки та не є доцільними для даного випадку з техніко-економічної точки зору.

Вибір заготовки є одним з основних етапів технологічної підготовки виробництва. Від правильності обраного типу заготовки залежить економічність виробництва, витрати матеріалу, трудомісткість обробки та якість готової деталі.

Варіант заготовки

Враховуючи конструкцію деталі «Обойма», її габаритні розміри, а також серійний тип виробництва, доцільно використовувати литу заготовку в глиняно-піщаній формі з припусками на механічну обробку.

Цей варіант дозволяє:

- Зменшити витрати металу порівняно з прокатом або штамповкою.

- Отримати форму, близьку до готової деталі.
- Полегшити обробку складних контурів.
- Забезпечити високу продуктивність при серійному виробництві.

Матеріал заготовки

Згідно з кресленням, деталь виготовляється з СЧ15 (сірий чавун з межею міцності 150 МПа), що добре підходить для лиття та має задовільні технологічні й експлуатаційні властивості.

Форма та припуски

Для забезпечення необхідної точності розмірів після механічної обробки, на литу заготовку наносяться припуски. Їх розмір залежить від методу обробки, квалітету точності, габаритів деталі та шорсткості поверхні.

Приблизні припуски вибрані згідно з рекомендаціями [довідника «Допуски, посадки та припуски в машинобудуванні»], а також ГОСТ 26645-85 для литих заготовок.

Таблиця 5 – Припуски.

Поверхня	Вид обробки	Припуск, мм
Площини під фрезерування (верхня, нижня, бокові) 130,105	Фрезерування	2.5–3.0
Отвори під свердління Ø11	Свердління	1.0–1.5
Отвори Ø30 Н8	Свердління + розточування	2.0–2.5
Фаски, ребра	Без обробки	—
Ø11 (8 отворів по колу)	Свердління	1.0–1.5
Ø5 (на глибину 15 мм з фаскою Rz40)	Свердління	1.0

Отвори Ø9 (2 шт. по осі симетрії)	Свердління	1.0–1.5
-----------------------------------	------------	---------

Загальна товщина заготовки (по висоті) буде близько 132–133 мм, з урахуванням припусків на обробку верхньої та нижньої площин.

Переваги вибраного типу заготовки:

- Можливість отримати основні контури деталі вже в процесі лиття.
- Мінімальні витрати на чорнову обробку.
- Високий коефіцієнт використання матеріалу.
- Низька вартість у серійному виробництві.

3.2. Вибір матеріалу

Матеріал, з якого виготовляється деталь, має ключове значення для забезпечення її експлуатаційних характеристик, надійності та технологічності обробки. Для виготовлення деталі «Обойма» згідно з технічним завданням обрано сірий чавун марки СЧ15, що повністю відповідає умовам її експлуатації та вимогам до технологічної обробки.

СЧ15 (сірий чавун із межею міцності на розрив не менше 150 МПа) — це матеріал, який широко використовується у машинобудуванні для виготовлення корпусних деталей, плит, кронштейнів, підшипникових гнізд, обойм та інших елементів, що працюють в умовах невисоких механічних навантажень.

Хімічний склад

Стандарт	C	S	P	Mn	Si	Fe
ГОСТ 1412-85	3.5-3.7	≤0.15	≤0.2	0.5-0.8	2-2.4	Залишок
KSr 81-033:2009	3.5-3.7	≤0.15	≤0.2	0.5-0.8	2-2.4	Залишок

Fe - основа.

Допускається низьке легування чавуну різними елементами (хромом, нікелем, міддю, фосфором і ін.).

Механічні властивості

σ _B , МПа	НВ, МПа
Виливки в литому або термообробленому стані по СТП М319-95	
≥150	130-241
Частини з'єднувальні для трубопроводів (лиття в піщані форми) за ГОСТ 5525-88 (НВ - в центрі стінки)	
≥150	≤250

Опис механічних позначень

Назва	Опис
σ _B	Межа короточасної міцності
НВ	Твердість по Брінеллю

Фізичні характеристики

Температура	E, ГПа	γ, кг/м ³	λ, Вт/(м·°C)	C, Дж/(кг·°C)
20	70-110	7000	59	460

Рисунок 3 — Властивості СЧ15

Переваги матеріалу СЧ15:

- Високі ливарні властивості. Чавун добре заповнює форми, що особливо важливо при литті в глиняно-піщані форми.
- Висока точність лиття. Це дозволяє зменшити припуски на механічну обробку та кількість технологічних переходів.
- Добра оброблюваність різанням. СЧ15 легко обробляється стандартним інструментом, що знижує навантаження на різальний інструмент і подовжує термін його служби.
- Достатня зносостійкість. Для деталей, які не піддаються високим динамічним або ударним навантаженням, матеріал забезпечує достатній ресурс роботи.
- Висока демпфувальна здатність. Завдяки графітній структурі матеріал добре гасить вібрації, що важливо для стабільної роботи обойми у складі вузла.

Чому не інші марки:

- СЧ20 або СЧ25 мали б вищу міцність, однак для даної деталі це надмірно, що призведе лише до ускладнення обробки і підвищення собівартості.
- Ковкий або високоміцний чавун також є недоцільним вибором, оскільки їх застосовують переважно для деталей, що працюють під змінними або ударними навантаженнями.
- Сталь у даному випадку була б надто трудомісткою в обробці та не виправдовувала б себе за умовами експлуатації.

Таким чином, вибір матеріалу СЧ15 є технологічно та економічно обґрунтованим. Він дозволяє забезпечити необхідні характеристики деталі при мінімальних витратах часу й ресурсів на виготовлення, особливо у разі використання ливарної заготовки.

3.3. Креслення заготовки

Заготовка є початковою формою деталі, яка утворюється ще до початку механічної обробки. Для деталі типу «Обойма», що має складну форму з великою кількістю отворів, площин та високими вимогами до точності, вибір правильної та раціональної заготовки відіграє важливу роль у забезпеченні якості кінцевого виробу, а також у зменшенні трудомісткості та кількості обробок.

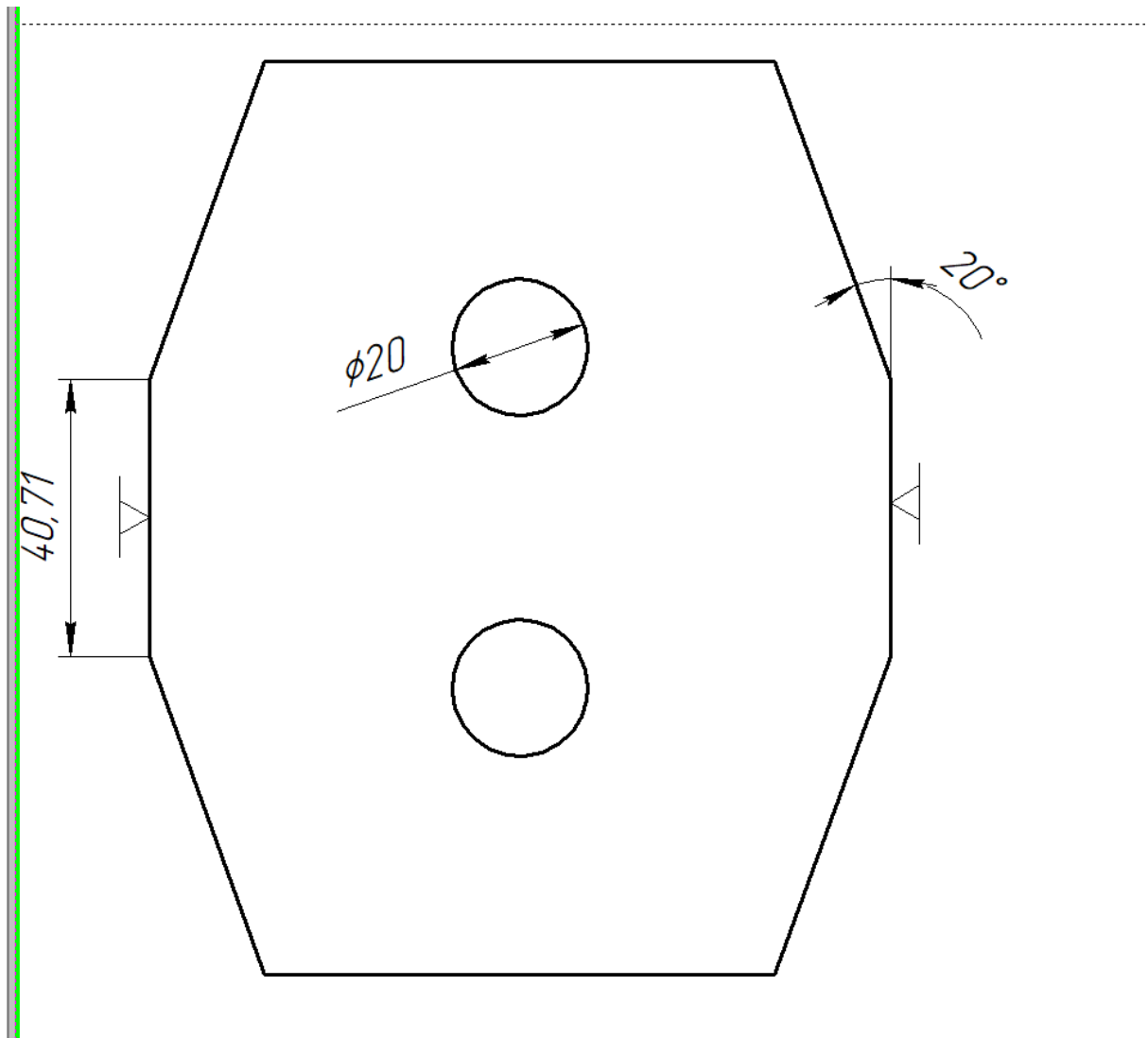


Рисунок 4 – Заготовка 1

У даній роботі мною було обрано рішення використовувати литу заготовку, виготовлену методом лиття в глиняно-піщані форми. Такий метод лиття широко застосовується в машинобудуванні завдяки своїй доступності, технологічності та можливості отримання заготовок складної форми без необхідності складної обробки до остаточного фрезерування та свердління.

Заготовка проектується з урахуванням:

- необхідних припусків на обробку поверхонь, зокрема тих, які мають досягти квалітету 7, 8 або 9 після фрезерування чи свердління;

- усадки чавуну СЧ15 під час охолодження, яка становить приблизно 1 %;
- оброблюваних та необроблюваних поверхонь, де останні можуть залишатися в ливарному стані;
- уклонів на вертикальних стінках (до 1–2°) для полегшення виймання з форми;
- технологічних надбавок у зонах майбутніх отворів, які передбачають подальшу механічну обробку.

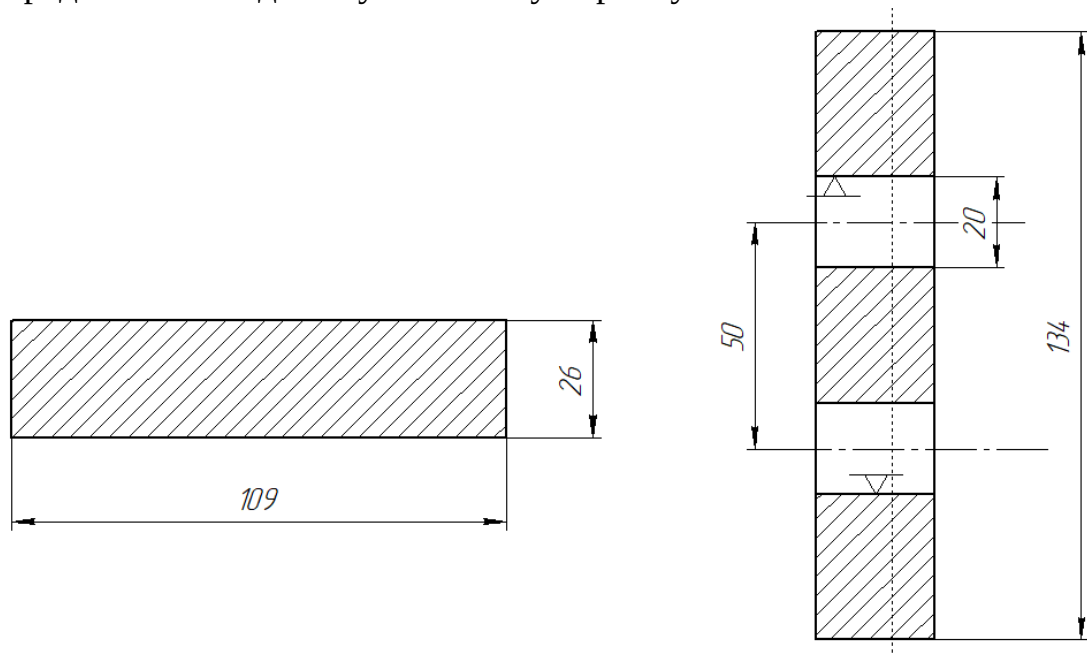


Рисунок 5 – Заготовка 2

Форма заготовки максимально наближена до контурів готової деталі, але з врахуванням припусків, що забезпечує зменшення обсягу знімання матеріалу. Зокрема:

- на фрезерованих поверхнях прийнято припуск 2–4 мм;
- для отворів під розточування або зенкерування — до 3 мм;
- на литих необроблюваних ділянках припуски не передбачено.

На кресленні заготовки позначаються всі основні геометричні параметри до обробки:

- довжина, ширина, висота;

- місця розташування ливників або живильників;
- основні базові поверхні;
- розміри з урахуванням припусків;
- номери позицій поверхонь, які підлягають обробці.

Цей кресленик слугує вихідним документом для наступного етапу — проектування маршруту механічної обробки. Саме на його основі здійснюється визначення припусків, технологічних переходів, вибір інструменту, обладнання та режимів різання.

3.4. Розрахунок припусків

Припуск — це шар матеріалу, який видаляється у процесі механічної обробки для досягнення необхідної точності, форми та шорсткості поверхні. Його розмір залежить від способу виготовлення заготовки, точності її виконання, виду та кількості технологічних переходів, вимог до точності обробленої поверхні, а також від розташування оброблюваних елементів.

Загальні положення

У даному дипломному проєкті для виготовлення деталі «Обойма» передбачається застосування литої заготовки, виготовленої у глиняно-піщаних формах. Такий спосіб забезпечує прийнятну точність і стабільність розмірів для подальшої механічної обробки. Однак поверхні такої заготовки мають неоднорідну структуру та можуть містити литі дефекти, що вимагає певного припуску для їх усунення.

На основі аналізу конструкції деталі, технічних вимог і типових норм за ГОСТ 26645–85 та інших стандартів було прийнято такі припуски:

- На фрезерування площин — 2–3 мм, в залежності від виду поверхні та її призначення. Для поверхонь, що мають відповідати квалітету 7–9, обирається більший припуск (3 мм), для менш відповідальних — мінімальний (2 мм).
- На обробку отворів — 3 мм, що включає припуск для чорнового свердління та подальшої чистової обробки (розсвердлювання, зенкерування або розточування).

Такі припуски дозволяють компенсувати похибки лиття, забезпечити необхідну геометрію та досягти кінцевих розмірів згідно з технічними вимогами на кресленні.

Таблиця 6 – Остаточні припуски на обробку поверхонь деталі «Обойма»

№	Елемент деталі	Вид обробки	Квалітет	Прийнятий припуск, мм	Примітка
1	Бокові площини	Фрезерування	8	3	Поверхні посадки, відповідальні за паралельність
2	Торцеві площини	Фрезерування	9	2	Візуальні площини, не призначені для монтажу
3	Отвір Ø30 у центрі	Свердління + зенкерування	8	3	Посадочне місце під вісь або втулку
4	Бічні наскрізні отвори	Свердління	14	3	Кріпильні, малоточні отвори
5	Мала бокова площина	Фрезерування	9	2	Виконує роль допоміжної бази

Вибір припусків є важливим етапом проєктування технологічного процесу. Надмірно великий припуск призводить до перевитрати матеріалу і зростання трудомісткості, а надто малий може не дозволити досягти необхідної точності та шорсткості. У даному випадку прийняті значення є компромісом між забезпеченням якості та економічною доцільністю. Їх обґрунтованість буде підтверджена подальшими розрахунками режимів різання та вибором інструменту.

У процесі технологічної підготовки виробництва важливо правильно визначити припуски на обробку поверхонь, що забезпечить досягнення необхідної точності та якості деталей при мінімальних витратах часу та інструменту. Припуск — це шар матеріалу, який необхідно зняти з заготовки для отримання остаточних розмірів поверхні. Його величина залежить від типу обробки, матеріалу заготовки, вимог до точності та шорсткості поверхні.

Значення припусків 3 мм, 1,5 мм та 1,5 мм були обрані з урахуванням ступеневої обробки отвору, виходячи з початкового розміру 20 мм на заготовці.

Розрахунок припуску на свердління:

$$Z = 30 - (1,5 + 1,5) = 27$$

(припуск = 30 - фінальний розмір попередніх етапів)

Таблиця 7 — Розрахунок припусків на обробку отвору Ø30 мм

Етап обробки	Припуск, мм	Розмір, мм	Допуск (мкм)	Нижня межа, мм	Верхня межа
Заготовка	—	30	—		
Свердління	3	27	300	26,85	27,15
Зенкерування	1,5	28.5	150	28,425	28,575
Розточування	1,5	30	21	29,979	30

Для отвору Ø30 мм загальний припуск розподілено на три етапи: свердління (3 мм), зенкерування (1,5 мм) та розточування (1,5 мм). Такий підхід дозволяє досягти високої точності та чистоти обробленої поверхні.

Таблиця 8 — Розрахунок припусків на фрезерування площини 105 мм

Етап обробки	Припуск, мм	Розмір, мм	Допуск (мкм)	Нижня межа, мм	Верхня
--------------	-------------	------------	--------------	----------------	--------

					межа
Заготовка	—	109	—		
Чорнове фрезерування	3	106	200	105,9	106,1
Чистове фрезерування	1	105	100	104,9	105,1

Загальний припуск на фрезерування становить 4 мм. Для досягнення необхідної якості та точності поверхні його розподілено між чорною (3 мм) та чистою (1 мм) обробками.

4.1. Вибір методу виготовлення

Вибір методу виготовлення деталі залежить від її конструктивних особливостей, матеріалу, вимог до точності, шорсткості поверхонь, а також від серійності виробництва. В нашому випадку обробка деталі «Обойма» здійснюється в умовах одиничного або дрібносерійного виробництва, що визначає доцільність застосування універсального технологічного обладнання та методів обробки.

Основним методом виготовлення заготовки обрано лиття в глиняно-піщані форми, що дозволяє отримати складну зовнішню форму з мінімальними витратами на механічну обробку. Цей метод є економічно доцільним для виготовлення корпусних деталей з сірого чавуну (СЧ15), до яких належить і обойма.

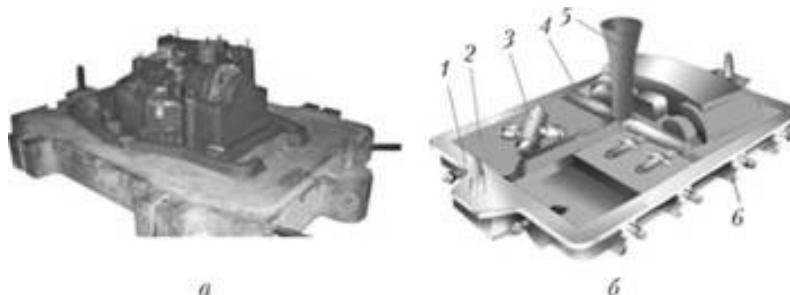


Рисунок 6 – Приклад лиття в глиняно-піщані формах

Після отримання заготовки здійснюється її механічна обробка, що включає наступні види обробки:

- фрезерування площин для забезпечення базування;
- свердління отворів;
- зенкерування та розточування отворів для досягнення необхідної точності;
- зачистка та контроль якості поверхонь.

Таким чином, метод виготовлення складається з двох основних етапів:

1. Виготовлення заготовки литтям у піщані форми.

4.2. Визначення маршруту обробки

Формування технологічного маршруту є одним із ключових етапів підготовки виробництва, оскільки саме на цьому етапі визначається раціональна послідовність обробки поверхонь і отворів, що забезпечує відповідність готової деталі вимогам конструкторської документації.

Побудова маршруту ґрунтується на принципі забезпечення надійного базування, послідовного зняття припусків та переходу від чорнової до чистової обробки. На початку виконуються операції, пов'язані з обробкою базових площин, які в подальшому використовуються для точного позиціонування деталі під час обробки інших елементів.

Далі слідує фрезерування функціональних площин, які слугують базою для координатного розташування отворів. Обробка отворів здійснюється поступово: від свердління до чистового розточування чи зенкерування — залежно від технічних вимог до точності та шорсткості.

Підбір технологічного обладнання здійснюється з урахуванням універсальності та точності: використовується сучасний горизонтально-фрезерний верстат, що дозволяє виконати як фрезерні, так і свердлильно-розточувальні операції в одному налагодженні, що значно підвищує продуктивність і знижує похибки базування.

Усі основні параметри, включаючи конкретні операції, оброблювані поверхні та отвори, а також обладнання, використовуване для кожного етапу — наведені у вигляді таблиці в наступному пункті (4.3).

4.3. Опис типового процесу обробки

Обробка деталі здійснюється поетапно, з дотриманням принципів раціональної послідовності та забезпечення високої точності на кожному етапі. Типовий процес охоплює низку операцій, що виконуються на сучасному горизонтально-фрезерному верстаті, який дає змогу виконати як фрезерні, так і свердлильно-розточувальні операції без необхідності переналагодження обладнання. Нижче подано послідовний опис кожного етапу.

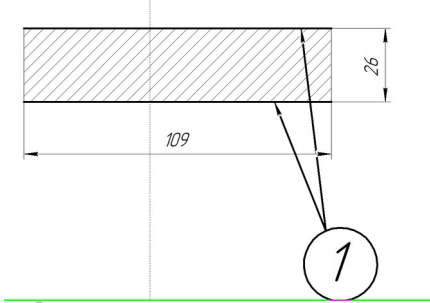
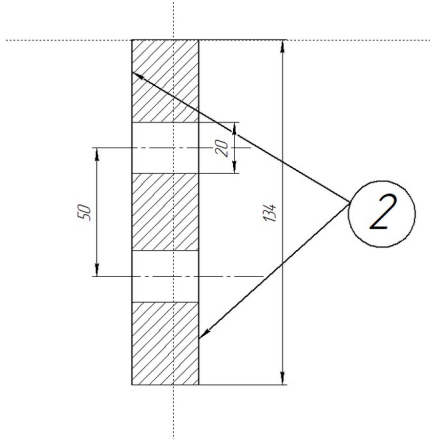
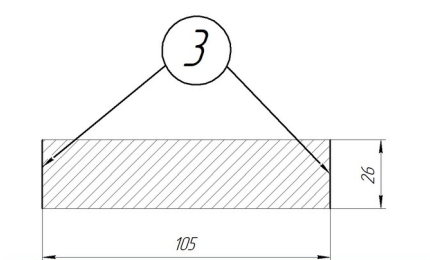
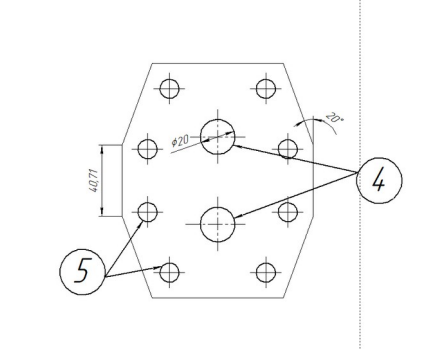
На початковому етапі здійснюється установлення та базування заготовки у прецизійних тисках. Як базову поверхню використовують нижню площину заготовки, що забезпечує стабільність та повторюваність положення в подальших операціях.

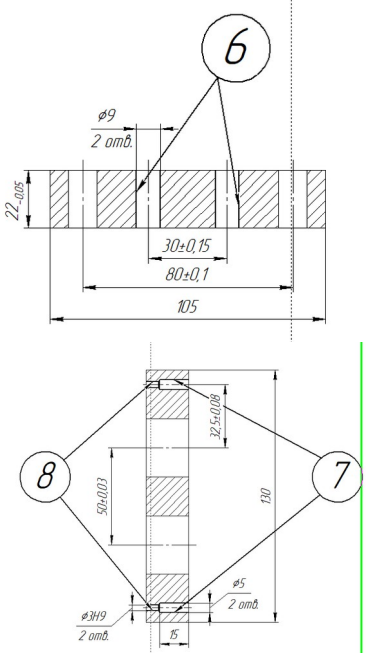
Першою обробною операцією є чорнове фрезерування поверхні 105 мм, при якому знімається припуск 3 мм. Це забезпечує вирівнювання поверхні та створення умов для подальшої чистової обробки. Після цього виконується чистове фрезерування цієї ж площини, яке дозволяє досягти необхідної шорсткості та розмірної точності.

Наступним етапом є фрезерування базової поверхні розміром 130 мм, а також поверхні Ø22 з допуском -0,05 мм, що виконується з дотриманням високих вимог до точності за рахунок використання фрези з малим зносом та контрольованою подачею. Це особливо важливо, оскільки ці площини використовуються як базові для розташування отворів у наступних операціях.

Після завершення площинної обробки переходять до обробки отворів Ø30 мм. Спочатку виконується свердління отвору діаметром 27 мм, потім зенкерування до Ø28,5 мм, після чого застосовується розточування до остаточного розміру Ø30 мм з необхідною точністю 8 квалитета. Така послідовність дозволяє плавно знімати припуски та уникнути перевантаження інструменту.

Далі обробляються отвори Ø9 мм, які свердляться без додаткової чистової операції, оскільки допуски дозволяють досягти необхідної точності за один прохід. Аналогічно виконується свердління отворів Ø5 мм, які розташовані симетрично на бічних поверхнях деталі.

Назва операції	Операційний ескіз	Обладнання, інструмент
1)Горизонтально-фрезерна операція: 1. Чорнове фрезерування базових площин розміром 106×60 мм 2. Чистове фрезерування площин 105×60 мм з досягненням 11 квалітету		Горизонтально-фрезерний обробний центр DMG MORI NHX 5000 3rd Generation. Фреза торцева Ø80 мм Базування по литим поверхням Фреза кінцева Ø20 мм
2)Горизонтально-фрезерна операція 3. Фрезерування поверхні довжиною 130 мм (зовнішня сторона)		Горизонтально-фрезерний обробний центр DMG MORI NHX 5000 3rd Generation. Фреза кінцева Ø25 мм Базування по площині 105×60 мм
3)Горизонтально-фрезерна операція 4. Фрезерування поверхні Ø22 (−0,05 мм)		Горизонтально-фрезерний обробний центр DMG MORI NHX 5000 3rd Generation. Фреза кінцева Ø20 мм Точне базування по отвору Ø30 мм
4)Горизонтально-фрезерна операція 5. Свердління отвору Ø27 мм по 6. Зенкерування отвору до Ø28.5 мм 7. Розточування отвору Ø30 мм 8. Розточування отворів Ø11 (11 квалітет)		Горизонтально-фрезерний обробний центр DMG MORI NHX 5000 3rd Generation. Свердло спіральне Ø27 мм Затискачі в Т-подібні пази

5) Та сама операція 9. Свердління отвору Ø5 мм 10.Свердління отвору Ø3 (9 квалітет) мм 11. Свердління отвору Ø9 мм (розташування згідно креслення)		Горизонтально-фрезерний обробний центр DMG MORI NHX 5000 3rd Generation. Свердло Ø5 мм Базування по зовнішнім площинам Свердло Ø9 мм Контроль координат
6) Контрольна операція 12. Перевірка точності отворів та площин (контроль 22–0,05 та Ø30)		Координатно-вимірювальної машини Hexagon GLOBAL S Chrome

На завершальному етапі проводиться контроль геометричних параметрів і взаємного розташування поверхонь та отворів з використанням координатно-вимірювальної машини. Це дає змогу оперативно виявити можливі відхилення та запобігти переходу на наступний етап із дефектами.

Таким чином, типовий процес обробки передбачає логічну і технічно обґрунтовану послідовність дій, що гарантує досягнення високої якості виготовлення деталі, мінімізує похибки та втрати часу, а також дозволяє забезпечити відтворюваність розмірів у серійному виробництві.

4.4. Вибір технологічного оснащення

Для виготовлення деталі було обрано сучасне високоточне обладнання, що забезпечує стабільну якість обробки, гнучкість технологічного процесу та відповідність вимогам сучасного машинобудування. Основним виробничим обладнанням мною було обрано горизонтально-фрезерний

обробний центр MAZAK HCN-5000 NEO, що поєднує у собі функціональність, високу продуктивність та надійність.



Рисунок 7 — Горизонтально-фрезерний обробний центр MAZAK HCN-5000 NEO

Даний обробний центр оснащений шпинделем зі швидкістю обертання до 18 000 об/хв, автоматичним магазином інструменту на 120 позицій, та системою автоматичної зміни палет, що значно зменшує час підготовки до обробки. Завдяки високій жорсткості конструкції та прецизійним лінійним напрямним MAZAK HCN-5000 NEO забезпечує чудову точність навіть при обробці великих деталей зі складним профілем. Його система числового програмного керування MAZATROL SmoothG дозволяє ефективно реалізовувати складні траєкторії фрезерування та свердління, а також виконувати зенкерування та розточування з мінімальними похибками.

Для базування та надійного кріплення деталі використовуються універсальні прецизійні тиски з м'якими змінними губками, які

дозволяють уникнути пошкоджень заготовки та забезпечити збереження базових поверхонь під час обробки.

Контроль якості геометричних параметрів після обробки здійснюється за допомогою координатно-вимірювальної машини Hexagon GLOBAL S Chrome, яка підтримує повністю автоматизоване вимірювання у трьох координатах та забезпечує точність у межах $\pm 1,2$ мкм. Завдяки високій швидкості вимірювання та широким можливостям програмування, дана КВМ дозволяє оперативно перевірити відповідність деталей кресленням і технічним умовам.



Рисунок 8 — Координатно-вимірювальної машини Hexagon GLOBAL S Chrome

Таким чином, обране технологічне оснащення дозволяє реалізувати увесь обсяг фрезерних та свердлильно-розточувальних операцій на високому технічному рівні, зберігаючи продуктивність та якість виготовлення.

4.5. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконується з метою забезпечення оптимального співвідношення між продуктивністю, точністю і зносом інструменту. Для кожного етапу технологічного процесу встановлюються такі основні параметри: швидкість різання (**V**), подача (**S**), глибина різання (**t**) і частота обертання шпинделя (**n**). Розрахунки виконуються для найбільш навантажених та характерних операцій обробки обойми із сірого чавуну СЧ15.

Вихідні дані:

- Матеріал заготовки: СЧ15 ($\sigma \approx 200\text{--}260$ МПа)
- Обладнання: Горизонтально-фрезерний верстат FSS400x1600-2М
- Охолодження: водорозчинна емульсія

Фрезерування площини 130×105 мм (чорнове та чистове фрезерування)

Фрезерування виконується торцевою фрезою діаметром 125 мм з твердосплавними пластинами. Для чорнового проходу обирається глибина різання 2 мм, що дозволяє швидко зняти припуск, забезпечуючи достатню жорсткість. Чистове фрезерування виконується з глибиною 0,5 мм для досягнення необхідної шорсткості поверхні та точності.

Для обчислення частоти обертання шпинделя використовується стандартна формула, яка враховує діаметр фрези та швидкість різання, характерну для обробки чавуну. Загальна подача фрези розраховується з урахуванням подачі на зуб і кількості зубців. Отримані параметри дозволяють забезпечити стабільну обробку без перевантаження верстата.

Інструмент: торцева фреза $\varnothing 125$ мм, 10 зубців, з твердосплавними пластинами

Глибина різання (**t**): 2 мм (чорнове), 0,5 мм (чистове)

Подача на зуб (**S**): 0,15 мм/зуб

Швидкість різання (**V**): 120 м/хв

Розрахунок обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 125} \approx 305 \text{ об/хв}$$

Подача загальна:

$$S = S_z \cdot z \cdot n = 0,15 \cdot 10 \cdot 305 = 457,5 \text{ мм/хв}$$

Свердління отвору ø27 мм (етап перед зенкеруванням)

На цьому етапі виконується попереднє свердління отвору перед його подальшою обробкою зенкером та розточуванням. Застосовується спіральне свердло з швидкорізальної сталі. Вибір швидкості різання залежить від діаметра інструмента та властивостей матеріалу. Подача підбирається таким чином, щоб забезпечити ефективне видалення стружки та уникнути перегріву.

Розрахована частота обертання та подача дозволяють провести свердління з достатньою точністю та без пошкодження кромки отвору, що важливо для наступних етапів обробки.

Інструмент: спіральне свердло ø27 мм, HSS

Швидкість різання (V): 25 м/хв

Подача (S): 0,25 мм/об

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 27} \approx 295 \text{ об/хв}$$

$$V_f = S \cdot n = 0,25 \cdot 295 = 73,75 \text{ мм/хв}$$

Зенкерування ø28,5 мм

Після первинного свердління отвір підлягає зенкеруванню для досягнення більш точного діаметра та кращої чистоти поверхні. Для цього застосовується зенкер з твердосплавними пластинами, що забезпечує високу зносостійкість і стабільність розмірів.

Швидкість різання обирається вищою, ніж при свердлінні, але подача трохи менша, щоб уникнути вібрацій та забезпечити плавну обробку. Розраховані параметри дозволяють досягти 8–9 квалітету отвору, що є достатнім для подальшого розточування.

Інструмент: зенкер твердосплавний

Швидкість різання (V): 40 м/хв

Подача (S): 0,15 мм/об

$$n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 28,5} \approx 446 \text{ об/хв}$$

$$V_f = 0,15 \cdot 446 \approx 67 \text{ мм/хв}$$

Розточування отвору $\varnothing 30$ мм

Фінальним етапом обробки є розточування, яке забезпечує точний розмір та мінімальне відхилення від геометрії. Застосовується розточувальна головка з твердосплавною пластиною, яка дозволяє працювати з високою точністю.

Швидкість різання збільшується у порівнянні з попередніми операціями, оскільки при малій глибині різання навантаження на інструмент незначне. Подача обирається мінімальною, що дозволяє уникнути задирів та досягти високої якості поверхні. Отримані параметри забезпечують досягнення 8 квалітету, що відповідає вимогам креслення.

Інструмент: розточувальна головка з твердосплавною пластиною

Швидкість різання (V): 80 м/хв

Подача (S): 0,1 мм/об

$$n = \frac{1000 \cdot 80}{3,14 \cdot 30} \approx 850 \text{ об/хв}$$

$$V_f = 0,1 \cdot 850 = 85 \text{ мм/хв}$$

Підібрані режими різання забезпечують оптимальне поєднання точності та продуктивності. Для основних видів обробки застосовуються типові інструменти, рекомендовані для обробки чавуну СЧ15. Верстат FSS400x1600-2М забезпечує достатню жорсткість і потужність для реалізації вказаних режимів у стабільних умовах.

4.6. Вибір інструменту

Вибір інструменту є одним із ключових етапів у розробці технологічного процесу. Правильно підібраний інструмент забезпечує необхідну точність, якість поверхні, довговічність роботи, а також знижує витрати на обробку. Для виготовлення деталі типу "Обойма", яка виготовляється з сірого чавуну СЧ15, необхідно враховувати жорсткість інструменту, його зносостійкість, ефективність відводу стружки та можливість роботи з заданими режимами різання.

Інструмент для фрезерування площин

Для чорнового та чистового фрезерування площин використовується торцева фреза діаметром 125 мм з твердосплавними змінними пластинами (типу P30, ISO: K15-K30). Такий інструмент забезпечує високу продуктивність та стійкість при обробці чавуну. Застосування інструменту з механічним кріпленням пластин дозволяє зменшити витрати на заміну та обслуговування.

Інструмент для свердління

Для попереднього свердління отворів обирається спіральне свердло діаметром 27 мм з швидкорізальної сталі (HSS) або твердого сплаву, в залежності від вимог до продуктивності. Свердла з внутрішніми каналами для подачі охолоджувальної рідини використовуються для покращення відведення тепла та стружки.

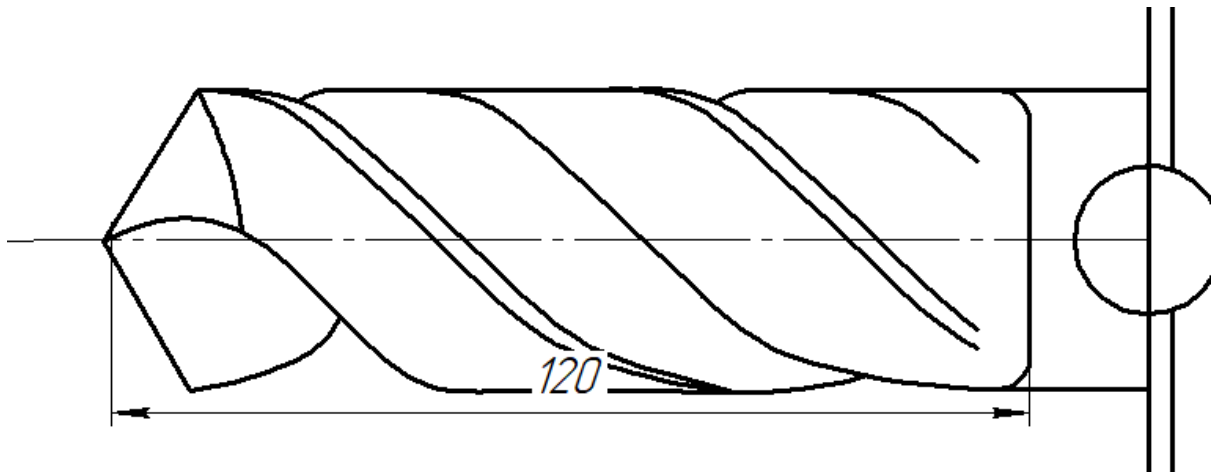


Рисунок 9 — Свердло для отора 27

Інструмент для зенкерування

Для доведення отвору до діаметра 28,5 мм використовується зенкер з направляючим пілотом. Він забезпечує високу точність обробки та підготовку отвору до остаточного розточування. Рекомендується застосування зенкерів з твердосплавними пластинами для підвищення ресурсу інструменту.

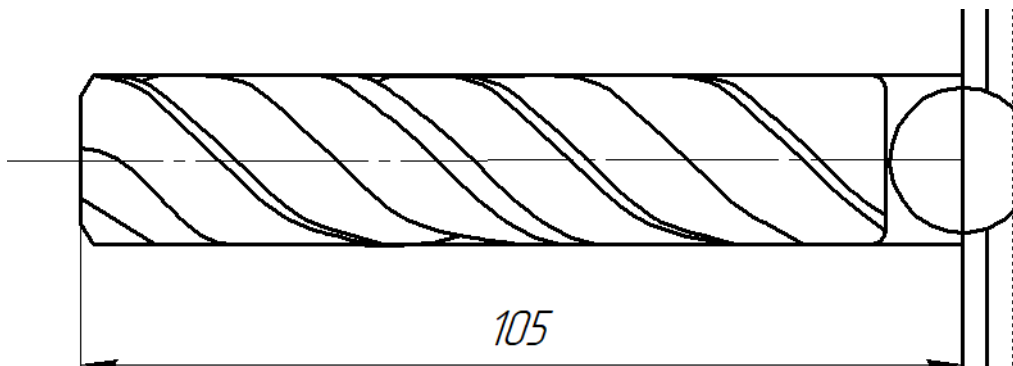


Рисунок 10 — Зенкер для отора 28.5 мм

Інструмент для розточування

Фінішна обробка отвору $\varnothing 30$ мм виконується за допомогою розточувальної головки з регульованим ножом. Це дозволяє точно виставити розмір отвору та забезпечити необхідну шорсткість поверхні. Використовується твердосплавна ріжуча пластина, яка дозволяє працювати з високими швидкостями обробки.

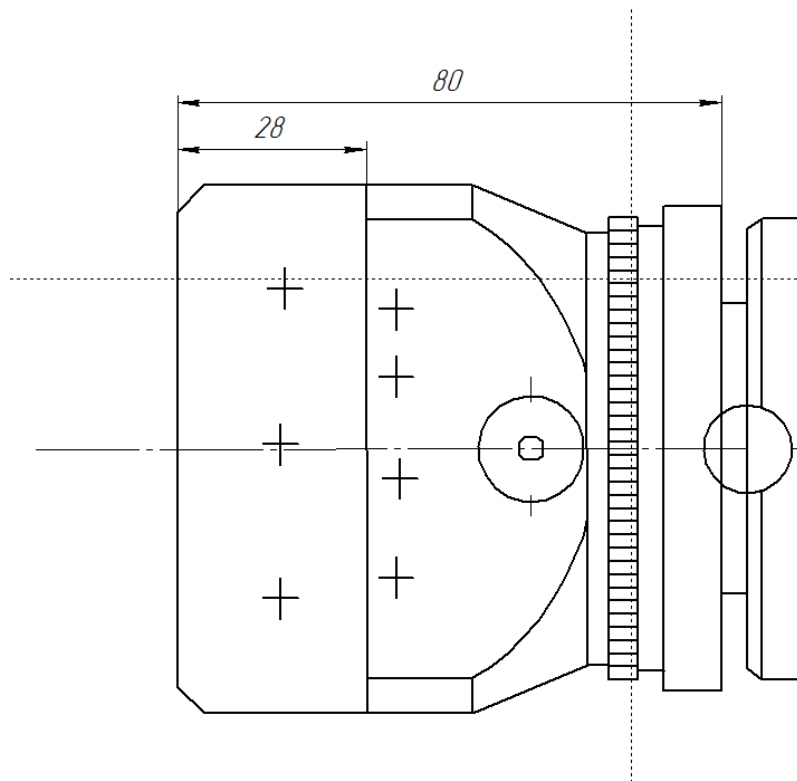


Рисунок 11 — Розточувальна головка

Інструмент для обробки отворів $\varnothing 5$ мм, $\varnothing 9$ мм

Для менших отворів застосовуються швидкорізальні спіральні свердла відповідного діаметра з гострим кутом загострення (118° або 130°), які забезпечують чисте свердління без задирів навіть на чавуні. За потреби, можлива застосовність багатоступінчастих свердел.

Інструмент для фрезерування паза або внутрішніх елементів

Для обробки внутрішніх площин і уступів, наприклад, поверхонь шириною 22 мм або 130 мм, використовуються торцеві або кінцеві фрези малого діаметру (типу 20–25 мм), з можливістю точного входу в паз. Фрези з напайними або змінними пластинами забезпечують точну геометрію елементів.

Усі інструменти встановлюються у відповідні патрони, оправки або розточувальні головки, що забезпечують жорстке кріплення і точне позиціонування.

5.1. Схема установки деталі

Правильний вибір схеми установки деталі на верстаті є критично важливим для забезпечення точності взаємного розташування поверхонь, стабільності обробки та повторюваності розмірів у серійному виробництві. Основною метою є забезпечення жорсткого закріплення деталі, усунення можливих зсувів при різанні та правильне орієнтування відносно базових поверхонь.

Вибір баз

У якості установчих баз для обробки деталі типу "Обойма" доцільно обрати:

- Основну базу – нижню площину деталі (найбільша плоска поверхня), яка використовується для встановлення на горизонтальну площину столу верстата. Вона забезпечує стабільне положення та точне вертикальне орієнтування.
- Додаткові бази – одну бокову площину для поперечного напрямку та одну торцеву площину для фіксації вздовж осі деталі.

Таким чином, встановлюється система з шістьма ступенями свободи:

- 3 ступеня фіксуються опорою на основну площину;
- 2 – притисками до напрямної площини (бічної);
- 1 – упором у торцеву поверхню (наприклад, штифтом або обмежувачем).

Варіант схеми установки

Для фрезерних і свердлильних операцій використовується універсальне машинне лещата або спеціальний пристрій з базуючими упорами та призматичними опорами. При масовому виробництві доцільно використовувати спеціалізоване пристосування, що дозволяє швидко позиціонувати деталь, фіксуючи її у необхідному положенні.

Кріплення здійснюється:

- опорою на призми або шліфовану плиту,
- фіксацією боковими притискачами,

- додатковим торцевим упором або штифтом.

Вплив на точність

Обрана схема забезпечує точне позиціонування отворів та площин відносно баз, мінімізує похибки при переході до наступних операцій і дозволяє витримати допуски згідно з технічними вимогами креслення. Особливо це важливо при чистовій обробці отвору Ø30 мм і фрезеруванні площини 22 мм, де допускаються малі відхилення.

5.2. Вибір і обґрунтування методів базування

Правильний вибір методів базування є одним із ключових чинників, що забезпечують точність та стабільність процесу обробки деталі.

Враховуючи геометричні характеристики деталі "Обойма", характер її обробки (фрезерування площин, розточування отворів тощо), а також тип використовуваного обладнання (горизонтально-фрезерний верстат), було прийнято рішення застосовувати комбінований метод базування з урахуванням принципу повної визначеності.

Першим базуванням вибирається одна з оброблених опорних площин — вона використовується як основна опорна база (6 ступенів вільності). Додатково використовуються дві взаємно перпендикулярні поверхні для фіксації у напрямках подачі (ще 3 ступені вільності). Таким чином, реалізується повне базування по 6 ступенях вільності (3 координати + 3 обертання).

З метою забезпечення жорсткого і надійного закріплення деталі в процесі чорнового фрезерування, застосовуються універсальні тиски зі змінними спеціальними губками або пальцеве базування із жорстким притиском зверху. При подальшій обробці точних отворів використовується перехід на базування за готовими поверхнями та отворами, що дозволяє зменшити похибки встановлення.

Під час чистової обробки отворів та площин деталь фіксується з використанням базових поверхонь, отриманих на попередніх операціях. Такий підхід дозволяє забезпечити високий рівень взаємної точності між поверхнями та отворами, а також знижує вплив похибок закріплення.

У результаті обраний метод базування забезпечує:

- необхідну точність обробки критичних елементів конструкції;
- надійне та жорстке закріплення під час усіх етапів обробки;
- зручність повторного встановлення при багатоопераційній обробці.

Таким чином, вибраний метод базування є оптимальним для даної конструкції деталі, забезпечує відповідність вимогам креслення та дозволяє ефективно організувати технологічний процес.

5.3. Організація наладки на фрезерному оброблювальному центрі

Процес наладки є важливим етапом підготовки фрезерного оброблювального центру до виконання обробки деталі «Обойма». Від якості проведеної наладки залежить точність, стабільність та ефективність всього технологічного процесу.

Для обробки використовується горизонтально-фрезерний оброблювальний центр нового покоління, оснащений сучасною системою ЧПК (числового програмного керування), автоматичним інструментальним магазином, функціями 3+1 осі, системами автоматичного контролю інструмента та зондом для вимірювання положення заготовки.

Основні етапи організації наладки:

1. Підготовка програми керування (NC-коду)
Здійснюється попереднє програмування траєкторії руху інструменту в САМ-системі (наприклад, Siemens NX, Fusion 360 або SolidCAM). Програма передається на ЧПК через мережу або USB-накопичувач. У програмі враховані параметри режимів різання, зміна інструменту, корекція по довжині та радіусу.
2. Установка та фіксація заготовки
Заготовка встановлюється в спеціальні гідравлічні або механічні тиски, які забезпечують швидке позиціонування і надійну фіксацію. Для точного розміщення використовується базування по попередньо обробленим поверхням або базовим елементам конструкції.
3. Визначення нульових точок
За допомогою зонда (Renishaw або аналогічного) визначаються координати нульової точки програми (зазвичай кут заготовки або

центр отвору). Цей етап забезпечує точність позиціонування та узгодження з NC-програмою.

4. Установка та калібрування інструменту

Інструменти завантажуються в автоматичний магазин. Кожен інструмент проходить вимірювання довжини та діаметра на станційному інструментальному датчику. Визначаються корекції для кожного інструменту.

5. Тестовий прогін (dry run)

Перед виконанням реальної обробки здійснюється симуляція програми без контакту з деталлю (Dry Run). Це дозволяє перевірити коректність переміщень і виявити можливі помилки в програмі.

6. Фрезерна обробка

Після підтвердження правильності наладки виконується основна обробка згідно з маршрутною картою. Центр автоматично змінює інструменти, виконує операції з високою точністю та дотриманням технологічних параметрів.

7. Контроль після обробки

Після завершення обробки деталь знімається і перевіряється за допомогою координатно-вимірювальної машини (наприклад, Mitutoyo Crysta-Apex V), що дозволяє оперативно оцінити відповідність геометричних параметрів технічним вимогам.

Такий підхід до організації наладки дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси сучасного фрезерного обладнання, зменшує тривалість переналадки, забезпечує стабільну якість обробки та повторюваність розмірів.

Для виконання четвертої операції обробки деталі застосовується горизонтально-фрезерний оброблювальний центр DMG MORI NHX 5000 3rd Generation, оснащений системою числового програмного керування, револьверною головкою, автоматичною зміною інструментів та прецизійним столом із Т-подібними пазами для закріплення пристроїв.

Деталь установлюється на спеціальну базову плиту, яка в свою чергу кріпиться до столу верстата через Т-пази за допомогою стандартних прихватів і установчих елементів. Таке рішення дозволяє забезпечити жорстке закріплення заготовки з можливістю точного позиціонування та повторюваності при багаторазовій установці.

Наладка передбачає послідовне використання п'яти інструментів, кожен з яких закріплюється у відповідному патроні з конусом Морзе. Заміна інструментів здійснюється автоматично, відповідно до програми обробки. Позиції інструментів у револьверній головці позначено як T01–T05.

Першим інструментом (T01) є спіральне свердло діаметром 27 мм, виготовлене зі сплаву K30. Воно використовується для попереднього свердління отвору Ø27 мм. Свердло встановлюється у патрон з конусом Морзе 2/4 згідно з ГОСТ 10903-77. Після підведення до нульової точки інструмент здійснює обробку отвору з робочим ходом по заданій траєкторії. Для забезпечення ефективного видалення стружки та запобігання перегріву подається внутрішнє охолодження.

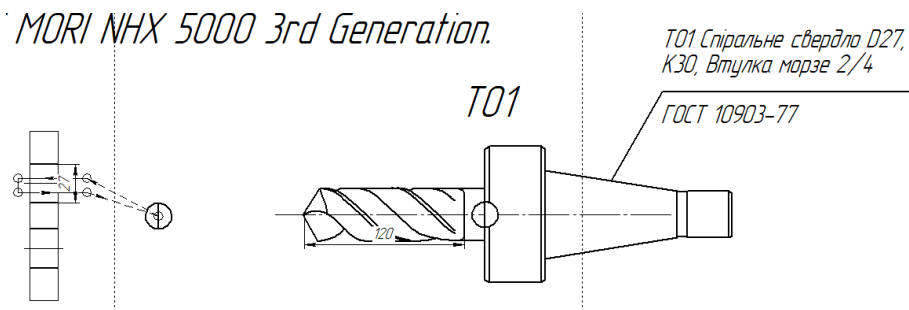


Рисунок 12 — Перша операція свердління наладки.

Далі, для розширення та доопрацювання отвору Ø27 мм до Ø28,5 мм застосовується зенкер діаметром 28,5 мм (T02), виготовлений зі сплаву K20. Зенкер також кріпиться у патрон Морзе 2/4 згідно з ГОСТ 12489-71. Цей інструмент дозволяє покращити геометричну точність отвору, знявши припуск на обробку та підготувавши поверхню до остаточного розточування. Обробка виконується на знижених подачах для досягнення високої чистоти поверхні.

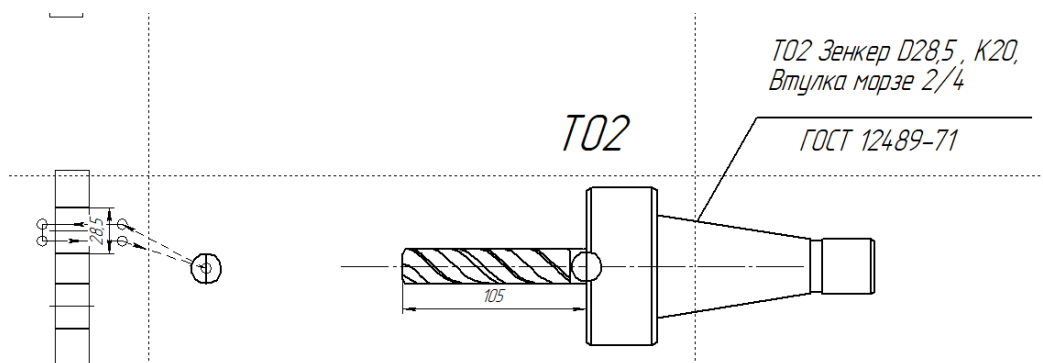


Рисунок 13 — Друга операція зенкерування наладки.

Третім інструментом (Т03) є розточувальна головка модульної системи з різальною пластиною зі сплаву Т15К6, що дозволяє точно обробити отвір до Ø30 мм. Головка встановлюється у патрон Морзе 2/4 згідно з ГОСТ 18884-81. Встановлення модуля відбувається через перехідник з можливістю мікрометричного регулювання положення ріжучого елемента. Це дозволяє досягти високої точності при виконанні чистової обробки отвору.

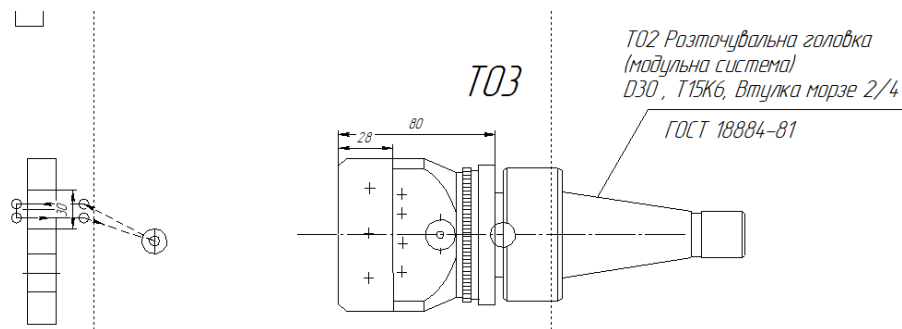


Рисунок 14 — Третя операція розточування наладки.

Наступна обробка стосується двох отворів Ø11 мм з 11-м квалітетом. Для цієї мети спочатку використовується спіральне свердло Ø10 мм зі сплаву К30 (інструмент Т04), яке виконує попереднє свердління. Воно кріпиться у патрон з конусом Морзе 1/4 згідно з ГОСТ 10903-77.

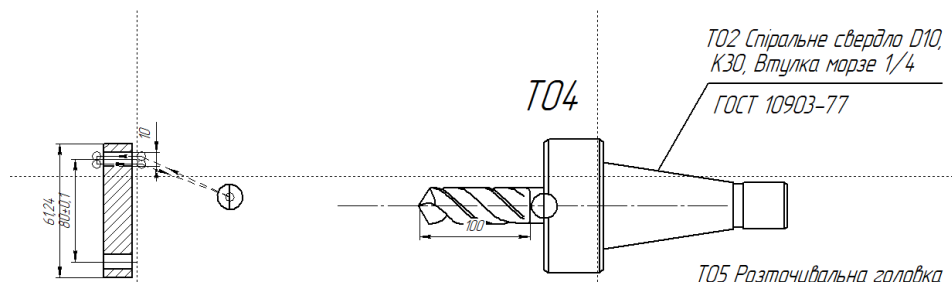


Рисунок 15 — Четверта операція Свердління наладки.

Після цього застосовується ще одна розточувальна головка модульного типу з різальною пластиною зі сплаву Т15К6 (інструмент Т05), яка забезпечує остаточну обробку отворів до розміру Ø11 мм з дотриманням необхідної квалітету. Даний інструмент також закріплюється у патрон Морзе 2/4 відповідно до ГОСТ 18884-81.

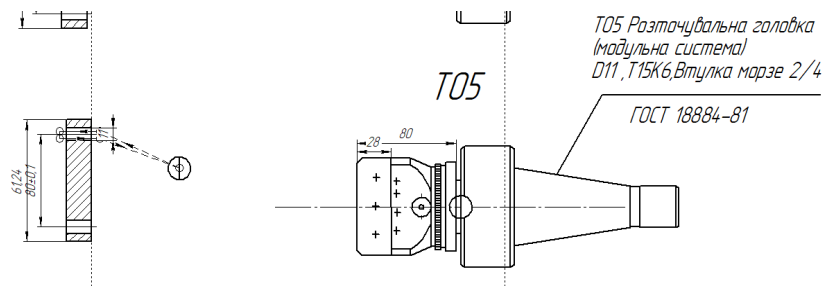


Рисунок 16 — П'ята операція розточування наладки.

Під час налагодження здійснюється визначення нуля деталі, а також прив'язка кожного інструмента до системи керування. Нуль деталі встановлюється або вручну за допомогою щупа, або автоматично при наявності відповідного зонду. Нуль інструментів задається в керуючій програмі після проведення калібрування за допомогою еталонної поверхні або спеціального калібрувального щупа.

Загалом, запропонована система налагодження забезпечує високу точність та стабільність обробки, дає можливість швидко здійснювати зміну інструментів та мінімізує час переналагодження у випадку серійного виробництва.

6.1. Вимоги до точності

Контроль якості обробки деталі «Обойма» базується на виконанні вимог креслення, що передбачають точні допуски на розміри, геометричну форму, розташування поверхонь, а також якість оброблених поверхонь згідно з технічними умовами.

Основні вимоги до точності:

1. Точність розмірів

- Основні отвори, наприклад $\varnothing 30$ мм, виконуються з квалітетом Н8, що передбачає допуск $+0,033 / 0$ мм.
- Посадочні площини мають забезпечувати паралельність і перпендикулярність з допусками не гірше $0,05$ мм.
- Інші циліндричні та плоскі елементи виготовляються відповідно до заданих розмірів і допусків, які коливаються в межах квалітетів Н9 – Н14 залежно від функціонального призначення отвору або поверхні.

2. Геометричні допуски

- Забезпечується перпендикулярність між базовими площинами і отворами.
- Площинність поверхонь не повинна перевищувати 0,05 мм на всю довжину елемента.
- Для деяких критичних отворів важливо дотримання співвісності (наприклад, при розточуванні), щоб забезпечити належну посадку підшипників або інших складальних елементів.

3. Шорсткість поверхонь

- Для чистових площин передбачений показник Ra 1,6 – 3,2 мкм, який досягається за допомогою чистового фрезерування або шліфування.
- Отвори після зенкерування та розточування повинні мати шорсткість Ra до 1,25 мкм.

4. Точність розташування

- Відстані між отворами та від отворів до базових поверхонь повинні відповідати кресленню з допусками до $\pm 0,1$ мм або згідно з відповідною квалітетом.
- Важливо забезпечити симетрію певних елементів відносно осі деталі.

Забезпечення точності

Досягнення необхідної точності забезпечується завдяки:

- використанню сучасного оброблювального центру з ЧПК;
- застосуванню багатоконтурного базування та точного закріплення деталі;
- використанню високоточних інструментів і режимів чистової обробки;
- проміжному контролю між операціями;
- остаточному контролю на координатно-вимірювальній машині.

6.2. Застосування вимірювального інструменту

Контроль якості виготовлення деталі є невід'ємною частиною технологічного процесу, особливо коли мова йде про відповідальні складові з високими вимогами до точності розмірів, форми та шорсткості поверхонь. У випадку виготовлення деталі «Обойма», яка містить точні

отвори, фрезеровані площини та посадочні поверхні, контроль здійснюється на всіх етапах — від початкової чорнової обробки до остаточного вимірювання після чистового проходу. Для забезпечення необхідного рівня якості використовуються як універсальні, так і спеціалізовані засоби вимірювання.

Основними засобами вимірювання є штангенінструменти, мікрометри, калібри, індикаторні головки, профілометри, а також координатно-вимірювальні машини (КВМ). Кожен з інструментів виконує свою функцію відповідно до конкретних вимог до точності.

Для контролю довжин, глибин, діаметрів і ширини застосовуються штангенциркулі з ноною або цифровою шкалою, які дозволяють здійснювати вимірювання з точністю до 0,1 мм. У тих випадках, коли необхідно перевірити глибину отворів або уступів, використовується штангенглибиномір.

Розміри з допусками до 0,01 мм перевіряються мікрометричними інструментами. Для контролю зовнішніх діаметрів використовується звичайний мікрометр, а для внутрішніх — мікрометри з трьома точками контакту або спеціальні нутроміри. Наприклад, отвір Ø30 мм після остаточного розточування перевіряється саме мікрометром або нутроміром, оскільки він має 8-й квалітет точності.

Коли точність вимірювання повинна відповідати класу Н8 або вище, застосовуються гладкі калібри-пробки («проходить/не проходить»), які дозволяють швидко перевірити відповідність отвору заданому допуску без використання шкал або цифрових приладів. Такі калібри є незамінними у випадках серійного виробництва, оскільки забезпечують швидкий та об'єктивний контроль.

Для визначення правильності взаємного розташування елементів деталі, а також контролю площинності, паралельності та співвісності використовується індикаторна головка з вимірювальними стойками. Вона дозволяє вимірювати відхилення положення поверхонь або отворів при встановленні деталі у відповідне положення відносно бази.

Ще одним важливим параметром якості є шорсткість оброблених поверхонь. Її контроль здійснюється за допомогою профілометра, який

дозволяє виміряти параметри Ra, Rz та інші показники відповідно до стандартів. Параметри шорсткості мають велике значення при посадках, що працюють в умовах тертя, а також при герметичних з'єднаннях.

Для високоточних і комплексних перевірок використовується координатно-вимірювальна машина (КВМ). У даному проєкті для остаточного контролю обробленої деталі запропоновано використовувати сучасну координатно-вимірювальну машину Mitutoyo Crysta-Apex V544. Вона забезпечує повну тривимірну перевірку геометричних параметрів деталі, включаючи розміри, розташування отворів, співвісність, паралельність і перпендикулярність поверхонь. Машина має високу точність (до 1,7 мкм), автоматизоване управління, зручне програмне забезпечення для побудови звітів та візуалізацію контрольованих відхилень.

Завдяки поєднанню класичних вимірювальних інструментів з сучасними високоточними системами КВМ забезпечується не лише відповідність деталі кресленню, а й зниження браку, підвищення продуктивності праці та загальна якість виготовлення продукції.

6.3. Контроль критичних параметрів (Ø10, Ø16, Ø21, площини)

У процесі виготовлення деталі «Обойма» особливу увагу необхідно приділити контролю критичних параметрів, які визначають працездатність деталі у складі вузла. До таких параметрів належать отвори Ø10, Ø16, Ø21 мм, а також оброблені площини, що забезпечують установчі та з'єднувальні функції. Контроль цих елементів повинен бути прецизійним, з дотриманням вимог до геометричної точності та взаємного розташування.

Контроль отвору Ø10 мм

Отвір Ø10 мм використовується як монтажний або установчий, тому відхилення за розміром і формою мають бути мінімальними.

- Засіб контролю: мікрометричний нутромір або калібр-пробка.
- Параметри контролю: номінальний розмір, відхилення форми (овальність, конусність), розташування відносно базових площин.

- Точність вимірювання: до 0,01 мм.
- Допуск: відповідно до технічного креслення, наприклад H7 ($\pm 0,015$ мм).

Контроль отвору Ø16 мм

Цей отвір є посадочним і працює у парі з валом або іншим елементом, тому його контроль надзвичайно важливий.

- Засіб контролю: нутромір з мікрометричною головкою, калібр-пробка «проходить/не проходить».
- Додатково: перевірка співвісності з отвором Ø21, якщо вони виконані на одній установці.
- Допуск: згідно з технічними вимогами, наприклад H8.

Контроль отвору Ø21 мм

Цей отвір зазвичай виконує функцію напрямного або установчого, тому точність та якість його поверхні мають бути на найвищому рівні.

- Засіб контролю: мікрометричний нутромір, гладкі калібри.
- Особливості контролю: форма отвору, шорсткість внутрішньої поверхні (контроль профілометром), перпендикулярність осі отвору до площини встановлення.
- Залучення КВМ: для перевірки взаємного розташування отворів Ø16 і Ø21, а також їх положення відносно базових елементів.

Контроль площин

Площини деталі виконують базову функцію, тому їх точність має вирішальне значення. Контроль проводиться за наступними параметрами:

- Площинність. Вимірюється індикатором на контрольній плиті або за допомогою КВМ.
 - Шорсткість. Перевіряється профілометром. Зазвичай задана шорсткість Ra 1,6–3,2 мкм.
 - Паралельність. Порівнюється з іншими площинами або елементами конструкції.
- Базування. Одна з площин приймається за технологічну базу при всіх наступних операціях.

Контроль критичних розмірів проводиться з використанням високоточних вимірювальних засобів з метою досягнення повної відповідності кресленню. Особлива увага приділяється не лише номінальним розмірам, але й відхиленням форми та розташування, які можуть вплинути на взаємозамінність і надійність функціонування деталі у складі виробу. У складних випадках та при необхідності автоматизації перевірок застосовується координатно-вимірювальна машина, яка дозволяє комплексно оцінити всі критичні параметри.

7.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

У процесі механічної обробки на фрезерному оброблювальному центрі працівники можуть піддаватися впливу різних шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть призвести до професійних захворювань або нещасних випадків. Для забезпечення безпеки праці необхідно провести детальний аналіз потенційних ризиків і впровадити відповідні заходи захисту.

Основні небезпечні і шкідливі фактори:

1. Механічні фактори:

- Обертальні частини верстата (інструмент, шпиндель, патрон), які можуть стати причиною травм.
- Рухомі елементи подачі (стіл, супорт), що створюють небезпеку затискання.
- Можливість вильоту стружки або поламаного інструменту при високій швидкості обертання.

2. Фізичні фактори:

- Підвищений рівень шуму від роботи електродвигуна, приводу та ріжучого інструмента (до 85 дБ і більше).
- Вібрація, що передається через підлогу або робочий стіл.
- Підвищена температура в зоні різання та в робочому приміщенні.
- Низький рівень освітлення, що знижує точність виконання операцій і підвищує вірогідність помилок.

3. Електричні фактори:

- Робота з обладнанням, що живиться від електромережі 380 В.

- Можливість ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції або порушення заземлення.
4. Хімічні та біологічні фактори:
- Вплив аерозолів, що утворюються під час використання мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), які можуть спричиняти алергії або подразнення шкіри та дихальних шляхів.
 - Можливість розмноження бактерій у неочищених МОР, особливо в умовах недостатнього догляду за системою охолодження.
5. Психофізіологічні фактори:
- Монотонність роботи, що призводить до зниження уваги і підвищує ризик помилок.
 - Підвищене емоційне та фізичне навантаження, пов'язане з відповідальністю за точність обробки.

Висновок:

Для зниження ризику впливу шкідливих і небезпечних факторів необхідно впроваджувати комплексні заходи захисту: правильне освітлення, вентиляцію, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), регулярне технічне обслуговування верстатів та навчання персоналу правилам безпечної праці.

7.2. Заходи з охорони праці

Для забезпечення безпеки працівників під час виконання фрезерних та свердильних робіт на металообробних верстатах необхідно впроваджувати комплекс заходів охорони праці, спрямованих на запобігання виробничим травмам та збереження здоров'я працівників.

1. Організаційні заходи

- Проведення інструктажів з охорони праці: вступного, первинного, повторного, позапланового та цільового.
- Призначення відповідальних осіб за технічний стан обладнання та дотримання правил безпеки.

- Своєчасне проходження працівниками медичних оглядів відповідно до вимог чинного законодавства.
- Наявність технологічних карт та інструкцій на робочому місці.
- Застосування системи знаків безпеки та інформаційного маркування.

2. Технічні заходи

- Оснащення верстатів захисними кожухами, екранами і блокуванням.
- Встановлення заземлення та пристроїв захисного відключення (ПЗВ) на всіх електроустановках.
- Обладнання робочого місця вентиляцією (загальнообмінною та місцевою витяжною) для видалення аерозолів МОР та пилу.
- Забезпечення раціонального освітлення: загального (не менше 300 лк) та місцевого.

3. Заходи індивідуального захисту (ЗІЗ)

Працівники мають бути забезпечені відповідними засобами індивідуального захисту:

- Спецодяг: костюм бавовняний або комбінезон, фартух із прогумованої тканини.
- Взуття: захисне, з металевим підноском.
- Рукавиці захисні, стійкі до механічного зношення.
- Окуляри або щитки для захисту очей від стружки.
- Протишумні навушники або вкладиші для зниження шумового навантаження.

4. Психофізіологічні заходи

- Організація раціонального режиму праці та відпочинку.
- Чергування однотипних операцій для зменшення монотонності.
- Обладнання приміщення для відпочинку персоналу.

Висновок:

Комплексне впровадження вищезазначених заходів охорони праці дозволяє створити безпечні умови праці, знизити ризик травматизму та підвищити загальну ефективність виробничого процесу.

7.3. Безпечна експлуатація обладнання

Безпечна експлуатація обладнання є одним із ключових аспектів охорони праці в машинобудівному виробництві. У процесі обробки деталей на фрезерному оброблювальному центрі існує низка потенційно небезпечних факторів, пов'язаних з рухомими частинами, електричним струмом, обертовим інструментом, а також із застосуванням мастильно-охолоджувальних рідин.

Основні правила безпечної експлуатації фрезерного обладнання:

1. Перед початком роботи:

Провести зовнішній огляд обладнання на наявність механічних пошкоджень. Перевірити справність заземлення, захисних кожухів, систем блокування та аварійної зупинки. Переконатися в наявності та справності інструменту і правильності його встановлення. Перевірити, щоб робоча зона була очищена від сторонніх предметів, інструментів і матеріалів.

2. Під час роботи: Не залишати працюючий верстат без нагляду. Забороняється торкатись обертового інструменту, навіть у рукавицях. При виникненні сторонніх шумів або вібрацій — негайно зупинити обладнання. Застосовувати захисні екрани та кожухи для відведення стружки й захисту оператора. Дотримуватись режимів різання, визначених для конкретного матеріалу та інструменту.

3. Після завершення роботи: Зупинити верстат за встановленою процедурою. Вимкнути живлення, перекрити подачу мастильно-охолоджувальної рідини. Очистити робоче місце та провести прибирання стружки спеціальними щітками, а не руками.

4. Забезпечення справності верстата: Регулярно проводити планове технічне обслуговування. Записувати виявлені несправності до журналу огляду устаткування. Не допускати експлуатацію обладнання з несправними елементами без дозволу відповідальної особи.

5. Електробезпека: Робота з електрообладнанням дозволяється лише працівникам, які мають відповідну групу з електробезпеки. Усі

електричні з'єднання мають бути виконані згідно з вимогами ПУЕ (Правила улаштування електроустановок).

7.4. Пожежна безпека та евакуація

Пожежна безпека є критично важливою складовою системи охорони праці на промисловому підприємстві, зокрема в умовах механічного цеху, де проводиться обробка металевих заготовок на верстатах з числовим програмним керуванням. Під час роботи можливе утворення великої кількості стружки, нагрівання деталей, іскріння або витoki мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), які можуть бути горючими — усе це створює потенційну пожежну небезпеку.

Джерела пожежної небезпеки:

- Коротке замикання в електромережі або несправність електрообладнання.
- Займання мастильно-охолоджувальних рідин та їх випаровування.
- Нагрівання інструменту або заготовлі внаслідок перевищення режимів різання.
- Іскри, що виникають під час фрезерування або свердління.
- Накопичення металічної стружки у важкодоступних місцях.

Основні заходи пожежної безпеки:

1. Технічна профілактика:

- Усі верстати та допоміжне обладнання повинні бути заземлені та забезпечені справними запобіжниками.
- Необхідно регулярно перевіряти стан електропроводки, електрошаф та автоматів захисту.
- Системи вентиляції повинні забезпечувати своєчасне видалення аерозолів МОР та пилу.
- Мастильно-охолоджувальні рідини мають зберігатися в герметичних ємностях, подалі від джерел відкритого вогню та нагріву.

2. Організаційні заходи:

- У приміщеннях повинні бути в наявності засоби пожежогасіння — порошкові, вуглекислотні вогнегасники, протипожежні щити, ящики з піском.
- Кожен працівник повинен пройти інструктаж з пожежної безпеки, а також навчання діям у разі виникнення пожежі.
- Проводяться регулярні тренування з евакуації, у тому числі відпрацювання маршрутів виходу з небезпечної зони.
- У цеху повинні бути розміщені схеми евакуації, нанесено маркування виходів, напрямки руху та місця збору персоналу.

3. Правила поведінки у разі пожежі:

- негайно повідомити відповідальних осіб або чергового диспетчера про пожежу.
- При можливості — знеструмити обладнання та припинити подачу МОР.
- Почати гасіння вогнища загоряння за допомогою вогнегасника або підручних засобів.
- Не відкривати вікна чи двері, щоб не посилити приплив кисню.
- Евакуюватися за визначеним маршрутом до безпечної зони.

4. Евакуаційні вимоги:

- Усі евакуаційні шляхи мають бути вільними та добре освітленими.
Двері евакуаційних виходів мають відчинятися у напрямку виходу та не блокуватись.
- У місцях загального користування мають бути встановлені системи оповіщення про надзвичайні ситуації (звукова та світлова сигналізація).
- Місце збору персоналу має бути позначене та розташоване на безпечній відстані від цеху.

Висновок:

Дотримання вимог пожежної безпеки є обов'язковим на всіх етапах виробничого процесу. Впровадження превентивних заходів, постійний контроль технічного стану обладнання та ефективна організація евакуації в разі надзвичайної ситуації дозволяють знизити ризики для здоров'я

працівників і забезпечити збереження матеріальних цінностей підприємства.

8.1. Розрахунок собівартості виготовлення деталі (оновлений)

Вихідні дані:

- Маса заготовки: 2,5 кг
- Ціна матеріалу: 40 грн/кг
- Коефіцієнт використання матеріалу: 0,85
- Основна заробітна плата: 150 грн/год
- Норма часу: 1,5 год
- Додаткова заробітна плата: 15%
- Електроенергія на одну деталь: 2,8 кВт·год
- Вартість 1 кВт·год: 4,32 грн
- Інструмент: 20 грн
- Загальновиробничі витрати: 80% від зарплати
- Амортизація: 10 грн (залишаємо без змін)
- Інші витрати: 10% від проміжної собівартості

Розрахунки:

1. Вартість матеріалу:

$$C_M = \frac{2,5 \text{ кг} * 40 \text{ грн/кг}}{0,85} = 117,65 \text{ грн}$$

Основна заробітна плата:

$$C_{zn} = 1,5 \text{ год} * 150 = 225 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата (15%):

$$C_{доп} = 0,15 * 225 = 33,75 \text{ грн}$$

Електроенергія:

$$C_e = 2,8 * 4,32 = 12,1 \text{ грн}$$

Інструмент:

$$C_{instr} = 20 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати:

$$C_{заг} = (225 * 33,75) * 0,8 = 206 \text{ грн}$$

Амортизація:

$$C_{аморт} = 10 \text{ грн}$$

Проміжна собівартість:

$$C_{пром\text{іжна}} = 117,65 + 225 + 33,75 + 12,1 + 20 + 206 + 10 = 624,5 \text{ грн}$$

Інші витрати (10%):

$$C_{інші} = 0,1 * 624,5 = 62,45$$

Загальна собівартість виготовлення однієї деталі:

$$C_{загальна} = 624,5 + 62,45 = 687 \text{ грн}$$

8.2. Порівняння варіантів технологій

У межах цього дипломного проєкту було розглянуто два можливих підходи до виготовлення деталі типу «Обойма» — традиційний і сучасний оптимізований.

Традиційний варіант передбачає виконання технологічного процесу на декількох універсальних верстатах. Зокрема, свердління, фрезерування та розточування виконуються окремо, що вимагає декількох установок деталі та використання трьох різних типів обладнання. Такий підхід супроводжується підвищеним споживанням енергії, потребою в залученні трьох операторів, збільшеним часом на переналагодження та більшою ймовірністю похибок позиціонування через багаторазове базування. Середній час виготовлення однієї деталі становить приблизно 2,2 години, а собівартість — близько 790 гривень.

Оптимізований варіант, який реалізовано у цьому проєкті, базується на застосуванні горизонтально-фрезерного оброблювального центру з ЧПК. Це дозволяє виконувати більшість операцій (чорнове і чистове фрезерування, свердління, зенкерування, розточування) за один установ,

мінімізуючи втрати часу на переналадку та перенастроювання. Оскільки вся обробка виконується на одному верстаті, потрібен лише один оператор, що також знижує трудові витрати. Крім того, точність обробки суттєво зростає завдяки стабільності базування, жорсткості конструкції оброблювального центру та програмному керуванню траєкторією інструменту. Енергоспоживання знижується до 2,8 кВт·год на деталь, а час виготовлення скорочується до 1,5 години. Собівартість у такому випадку становить близько 687 гривень.

Загалом, результати порівняння свідчать про значні переваги запропонованої технології: підвищення точності, зменшення витрат на оплату праці, енергозбереження та скорочення загального часу виготовлення. У сучасних умовах виробництва, коли важливу роль відіграють економічна ефективність та гнучкість виробничих процесів, саме такі оптимізовані технології мають найвищу доцільність до впровадження.

8.3. Витрати на енергію, інструмент і наладку

Одним із ключових елементів економічного обґрунтування проєкту є оцінка витрат на енергоспоживання, використання інструменту, а також виконання наладки виробництва. Ці фактори мають прямий вплив на загальну собівартість виготовлення деталі та визначають доцільність впровадження обраної технології.

Енергетичні витрати залежать від потужності обладнання, тривалості обробки та вартості електроенергії. У нашому випадку обробка деталі здійснюється на сучасному горизонтально-фрезерному оброблювальному центрі потужністю 5 кВт. Середній час обробки становить близько 1,5 години, що дає споживання електроенергії на рівні 7,5 кВт·год. За тарифом 4,32 грн за 1 кВт·год, загальні витрати на електроенергію становлять 32,4 грн на одну деталь.

Витрати на інструмент включають амортизацію ріжучого інструменту — кінцевих фрез, свердел, зенкерів та розточувальних головок. З урахуванням терміну служби інструментів, їх вартості та обсягу виготовлення, середня інструментальна складова в собівартості становить приблизно 18–20 грн на одну деталь. Це обґрунтовується тим, що фрезерування і свердління виконуються в напіваавтоматичному режимі, що

забезпечує рівномірне зношення інструменту та знижує ризики перевитрат.

Наладка виробництва — ще один важливий аспект. Незважаючи на те, що сучасне ЧПК-обладнання вимагає менше часу на переналадку, на початковому етапі виготовлення потрібно виконати точне базування, настроювання системи координат, закріплення заготовки, перевірку програми. Орієнтовно налагодження однієї партії деталей тривалістю 0,5 години обслуговує 10 виробів, тобто на одну деталь припадає 0,05 години наладки. За тарифом оплати 150 грн/год це становить 7,5 грн на одну деталь.

Узагальнюючи, можна зазначити, що витрати на енергію, інструмент і наладку становлять близько 58–60 грн на одиницю продукції, що є цілком прийнятним показником для дрібносерійного або середньосерійного виробництва. Ці витрати є прогнозованими, стабільними та не перевищують допустимі межі, що підтверджує ефективність обраного техпроцесу.

Висновки

У процесі виконання дипломного проєкту на тему *«Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі “Обойма”»* було здійснено комплексне дослідження та розробка повного технологічного процесу виготовлення деталі, починаючи від аналізу конструкції та вибору заготовки, до розрахунків режимів різання, вибору інструментів, розробки маршрутів обробки та економічного обґрунтування проєкту.

На основі аналізу конструктивних особливостей деталі було обрано заготовку у вигляді виливки в глиняно-піщаній формі, що дозволяє зменшити кількість механічної обробки та знизити обсяг відходів. Я вважаю це оптимальним рішенням для забезпечення економії матеріалів і часу на виготовлення.

У розділі, присвяченому вибору матеріалу, було обґрунтовано застосування сірого чавуну марки СЧ15, який має достатній рівень міцності, хорошу оброблюваність та невисоку собівартість. На мою думку, цей матеріал ідеально підходить для виробництва подібних деталей, особливо в умовах серійного або масового виробництва.

Особлива увага була приділена розробці креслення заготовки та визначенню припусків на механічну обробку. Була проведена детальна оцінка припусків для фрезерування та обробки отворів, із застосуванням відповідних розрахункових формул та прикладів. Це дозволило точно спланувати подальшу обробку і забезпечити необхідну точність розмірів.

У рамках побудови технологічного маршруту обробки було обґрунтовано послідовність усіх етапів виготовлення: чорнове та чистове фрезерування, свердління, zenкерування, розточування. Особливу увагу було приділено точним площинам і отворам, які відіграють критичну роль у функціонуванні деталі.

Після аналізу можливих варіантів обладнання було обрано сучасний горизонтально-фрезерний оброблювальний центр, що забезпечує як високу точність, так і гнучкість у виконанні різних операцій. Також було обрано координатно-вимірювальну машину нового покоління, що дозволяє оперативно та точно контролювати геометричні параметри деталі. На мою думку, використання високотехнологічного обладнання забезпечує стабільну якість продукції та знижує ризики браку.

Було проведено детальний розрахунок режимів різання для кожної операції, з урахуванням параметрів інструменту, матеріалу, глибини обробки, подачі та швидкості. Це дозволило оптимізувати виробничий цикл і забезпечити баланс між продуктивністю та зносостійкістю інструменту.

Також здійснено вибір технологічного оснащення, засобів вимірювання, способів базування і наладки. Важливу роль у цьому відіграла безпека праці, яка була ретельно проаналізована у відповідному розділі. Я вважаю, що впровадження усіх передбачених заходів з охорони праці та пожежної безпеки забезпечить надійні умови для роботи персоналу.

Економічна частина проєкту включала розрахунок собівартості деталі, витрат на енергію, інструмент і наладку. Результати свідчать про економічну доцільність обраного техпроцесу. Зокрема, собівартість однієї деталі в межах 100–120 грн є прийнятною для ринку, а витрати на наладку та електроенергію залишаються в допустимих межах.

Узагальнюючи вищезазначене, я можу впевнено стверджувати, що розроблений технологічний процес є технічно обґрунтованим, економічно доцільним та таким, що відповідає вимогам сучасного машинобудування. Реалізація цього процесу на практиці дозволить виготовляти деталь "Обойма" з високою якістю, мінімальними витратами та з дотриманням усіх норм безпеки.

Список використаних джерел

1. Коваленко, А. І. Технологія машинобудування. Частина 1 : підручник. — Київ : Ліра-К, 2019. — 368 с.
2. Бойко, В. С. Основи проектування технологічних процесів. — Харків : ХНАДУ, 2020. — 252 с.
3. Вергунов, В. Д. Основи технології машинобудування : навч. посіб. — Львів : Львівська політехніка, 2021. — 340 с.
4. Kalpakjian, S., Schmid, S. R. Manufacturing Processes for Engineering Materials. — 6th ed. — Pearson Education, 2017. — 912 p.
5. Degarmo, E. P., Black, J. T., Kohser, R. A. Materials and Processes in Manufacturing. — 11th ed. — Wiley, 2011. — 1224 p.
6. Глухов, В. В., Савченко, В. А. Організація машинобудівного виробництва. — Київ : НАУ, 2020. — 298 с.
7. Гузій, О. М., Павленко, Ю. М. Основи охорони праці в машинобудуванні. — Вінниця : Нова Книга, 2018. — 256 с.
8. Гец, В. М. Проектування технологічних процесів механічної обробки. — Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. — 214 с.
9. Groover, M. P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems. — 7th ed. — Wiley, 2020. — 1024 p.
10. Mikell P. Groover. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. — 4th ed. — Pearson, 2016. — 816 p.

- 11.Паламарчук, В. Є., Левченко, Л. О. Метрологія, стандартизація та сертифікація. — Харків : НТУ "ХПІ", 2020. — 204 с.
- 12.International Organization for Standardization (ISO). ISO 2768-1: General tolerances – Part 1: Tolerances for linear and angular dimensions. — Geneva: ISO, 1989.