

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

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

Пояснювальна записка

Виконав: студент 4 курсу, групи 4ІМ
Спеціальності 131-Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

Рудченко М.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник Сімінченко І.П.
(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2025
Херсонський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

- 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

Рудченко Марині Романівні

1. Тема проекту “Технологічно-конструкторська підготовка виготовлення деталі «Корпус»”

Керівник проекту (роботи) Сімінченко Ігор Павлович

(призвіще, 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) 10.06.2025 р.
3. .Вихідні дані по проекту (роботи) робоче креслення деталі корпус, технічні вимоги до конструкції деталі корпус, 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, проектування верстатного пристрою металорізального інструменту,

5. **Консультанти розділів роботи**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Аналіз службового призначення та умов роботи деталі "Корпус"	Сімінченко І.П.	28.02.24	
Конструкторська частина	Сімінченко І.П.	15.02.24	
Технологічна частина	Сімінченко І.П.	01.04.24	
Проектування та виготовлення пристосування	Сімінченко І.П.	30.04.24	
Охорона праці та пожежна безпека	Кузнєцов С.І	05.04.24	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної Роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, постановка мети, аналіз призначення деталі	01.02 – 07.02	
2	Вибір матеріалу, типу виробництва, заготовки	08.02 – 14.02	
3	Розробка технологічного процесу	15.02 – 25.02	
4	Вибір обладнання, режимів, інструменту	26.02 – 07.03	
5	Проектування пристрою та його	08.03 – 15.03	

№	Назва етапів кваліфікаційної Роботи	Срок виконання етапів роботи	Примітка
	розрахунок		
6	Охорона праці та пожежна безпека	30.03 – 05.04	
7	Оформлення креслень	06.04 – 25.04	
8	Висновки, оформлення списку літератури	26.04 – 28.04	
9	Перевірка, редагування, остаточне оформлення	29.04 – 05.05	
10	Підготовка до захисту, подача дипломної роботи	06.05 – 10.05	

Реферат

Дипломна робота присвячена розробці технологічного процесу виготовлення корпусної деталі, що застосовується у вузлах з підвищеним тиском, таких як гідравлічні та пневматичні системи. У роботі виконано аналіз службового призначення та умов експлуатації деталі, визначено її конструктивні особливості та класифікацію.

Обґрунтовано вибір конструкційного матеріалу – сталі марки СтЗкп – з урахуванням її фізико-механічних та технологічних властивостей. Запропоновано отримання заготовки методом гарячого відкритого штампування, що забезпечує необхідну форму та економічність процесу. Проведено проектування конструкції заготовки відповідно до чинних стандартів.

Сформовано операційний технологічний процес виготовлення корпусу, який включає токарну обробку, свердління, розточування, нарізання різьб, а також вибір технологічних баз, інструменту, режимів різання та устаткування. Виконано розрахунки припусків, режимів обробки, сили різання та параметрів інструменту.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці, аналізу шкідливих факторів у процесі обробки, вибору засобів індивідуального захисту та

дотримання вимог безпеки. Результати дипломної роботи можуть бути застосовані в умовах серійного або дрібносерійного виробництва корпусних деталей на підприємствах машинобудівної галузі.

Abstract

The thesis is devoted to the development of a technological process for the manufacture of a body part used in high-pressure components such as hydraulic and pneumatic systems. The work analyses the service purpose and operating conditions of the part, defines its design features and classification.

The choice of structural material - steel grade St3kl - is substantiated, taking into account its physical, mechanical and technological properties. It is proposed to produce the workpiece by the method of hot open stamping, which ensures the required shape and efficiency of the process. The design of the billet structure was carried out in accordance with current standards.

An operational technological process for the manufacture of the case is formed, which includes turning, drilling, boring, threading, as well as the choice of technological bases, tools, cutting modes and equipment. Calculations of allowances, machining modes, cutting forces and tool parameters are performed.

Special attention is paid to labour protection, analysis of harmful factors in the machining process, selection of personal protective equipment and compliance with safety requirements. The results of the thesis can be applied in the conditions of mass or small-scale production of body parts at enterprises of the machine-building industry.

Зміст

- Вступ.
- 1. Теоретичні основи технологічної обробки корпусних деталей.
 - 1.1. Класифікація корпусних деталей.
 - 1.2. Основні вимоги до точності та шорсткості поверхонь.
 - 1.3. Огляд сучасних методів виготовлення та обробки.
- 2. Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі
 - 2.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація.
 - 2.2. Аналіз технологічності деталі
 - 2.3. Проектування конструкції заготовки.
 - 2.3.1. Визначення виду та способу виготовлення.
 - 2.3.2. Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів.
 - 2.4. Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі.
- 3. Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу.
 - 3.1. Типова послідовність обробки поверхонь.
 - 3.2. Проектування операційного технологічного процесу.
 - 3.2.1. Перша операція - Штампування заготовки корпусу.
 - 3.2.2. Друга операція - перша токарна операція.
 - 3.2.3. Третя операція - друга токарна операція.
 - 3.3. Вибір обладнання та інструментів.
 - 3.4. Короткий опис вибору верстатного обладнання
- 4. Розрахунки, пов'язані з виготовленням корпусної деталі.
 - 4.1. Розрахунок припусків.
 - 4.2. Розрахунок режимів різання.
 - 4.3. Розрахунок сили різання.
 - 4.4. Розрахунок ріжучого інструмента
- 5. Охорона праці та безпека в умовах виробництва.
 - 5.1. Аналіз шкідливих і небезпечних факторів.
 - 5.2. Заходи безпеки при роботі на верстатах.
 - 5.3. Засоби індивідуального захисту.
- 6. Висновки

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку машинобудування, зростання потреби в точній та надійній техніці, все більшу роль відіграє питання удосконалення технологічних процесів виготовлення складних деталей. Серед них особливе місце займають корпусні деталі – основні елементи багатьох механізмів, вузлів і агрегатів. Такі деталі забезпечують взаємне розташування, з'єднання, захист і функціонування інших елементів, які входять до складу пристрою. Їх виготовлення вимагає не лише високої точності, але й дотримання раціональної технології обробки, вибору оптимального матеріалу, обладнання, пристосувань і режимів різання.

Одним із ключових чинників ефективного функціонування механізмів є якість виготовлення корпусних деталей, які зазнають значних навантажень, працюють в умовах тиску, тертя, коливань, зміни температур. Відповідно, технологія їх обробки повинна не тільки забезпечувати точність геометричних параметрів, але й гарантувати довговічність, зносостійкість та взаємозамінність деталей у складі виробу. У зв'язку з цим розробка оптимального технологічного процесу виготовлення корпусних деталей залишається актуальним завданням сучасного машинобудування.

Темою даної дипломної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення корпусної деталі, що застосовується у вузлах з підвищеним тиском – наприклад, у гідравлічних або пневматичних системах. В основі дослідження – деталь типу «корпус», що має складну конфігурацію з циліндричними й конічними поверхнями, різьбовими отворами, а також відгалуженням під кутом. Така конструкція потребує ретельного вибору методів виготовлення, послідовності обробки, обладнання та базування. У роботі також аналізується вибір матеріалу – сталі марки СтЗкп, яка завдяки своїм властивостям (зварюваність, технологічність, пластичність) широко використовується в загальному машинобудуванні.

Розробка технології виготовлення корпусу передбачає повний цикл інженерного аналізу: від оцінки службового призначення деталі, конструктивних особливостей, аналізу умов експлуатації – до проектування заготовки, вибору технологічних баз, інструментів, режимів різання, обладнання та розрахунку сил різання. Окрему увагу приділено питанням економічної доцільності процесу, визначенню припусків і забезпеченню якості обробки згідно з технічними вимогами.

Метою дипломної роботи є обґрунтування та розробка раціонального операційного технологічного процесу виготовлення корпусної деталі з урахуванням вимог до точності, міцності, технологічності та економічності виробництва.

Для досягнення цієї мети в роботі поставлено наступні завдання:

- провести аналіз конструкції, функціонального призначення та умов роботи деталі;
- визначити оптимальний матеріал для виготовлення заготовки; обґрунтувати вибір методу отримання заготовки (штампування) та спроектувати її конструкцію;
- розробити технологічний процес обробки деталі, включаючи базування, послідовність операцій, вибір інструментів та верстатів;
- виконати розрахунок режимів різання та припусків на обробку;
- провести розрахунки, пов'язані з силою різання, деформацією інструменту;
- оцінити якість, точність та економічну ефективність запропонованого процесу.

Об'єктом дослідження є корпусна деталь, що виготовляється методом гарячого штампування з подальшою токарною обробкою. Предмет дослідження – розробка операційного технологічного процесу її виготовлення.

Методологічною основою роботи є аналіз технічної документації, конструкторських креслень, стандартів (ГОСТ, ДСТУ), сучасної літератури з технології машинобудування, а також власні розрахунки параметрів обробки, засновані на типових нормативних даних.

Дипломна робота має як теоретичне, так і практичне значення. Отримані результати можуть бути використані при організації серійного або дрібносерійного виробництва корпусних деталей у машинобудівних підприємствах, з метою підвищення точності, зниження собівартості та скорочення термінів виготовлення.

Структурно робота складається з п'яти розділів: у першому подано теоретичні основи виготовлення корпусних деталей; у другому проведено аналіз конструкції об'єкта; третій присвячений розробці технологічного процесу; у четвертому виконано необхідні розрахунки; у п'ятому розглянуто питання охорони праці. Також робота включає список використаних джерел, додатки, креслення та таблиці.

Розділ 1. Теоретичні основи технологічної обробки корпусних деталей

1.1 Класифікація корпусних деталей

Корпусні деталі є одним із найбільш поширених типів деталей у машинобудуванні. Вони відіграють роль опорних і з'єднувальних елементів у вузлах та механізмах, часто служать для розміщення, фіксації й взаємного орієнтування інших елементів конструкції (наприклад, валів, підшипників, прокладок, ущільнень). Саме тому корпусні деталі повинні мати високу жорсткість, точність і технологічність конструкції. (Косілова І.І., Мещеряков Ю.П. *Довідник технолога-машинобудівника*. – К.: Вища школа, 2009.)

Згідно з технічною літературою, корпусні деталі класифікують за кількома ознаками:

- За функціональним призначенням:
 - опорно-з'єднувальні (корпуси, підшипникові щити);
 - захисні (кожухи, кожухи з вентиляційними отворами);
 - напрямні (напрямні корпуси, втулки);
 - комбіновані.
- За формою:
 - корпуси з відкритими порожнинами (наприклад, картери);
 - корпуси з закритими порожнинами (наприклад, насоси, фільтри);
 - коробчасті (мають жорстку конструкцію з ребрами);
 - складнопрофільні (з додатковими приливами, ребрами жорсткості).
- За способом виготовлення заготовок:
 - злитки (лиття в піщані форми);
 - поковки (об'ємне штампування);
 - прокат (листовий або сортовий метал);
 - зварні конструкції (складені з окремих елементів).

У дипломній роботі розглядається корпус, виготовлений методом гарячого відкритого штампування з подальшою механічною обробкою. Це типовий представник корпусних деталей середнього машинобудування, що має різьбові отвори, циліндричні й конічні поверхні, а також складну просторову геометрію. Така конфігурація вимагає точного базування, жорсткого закріплення й послідовного зняття припусків під час обробки.

Особливістю корпусних деталей є складність у забезпеченні точності взаємного розташування поверхонь, особливо при великій довжині отворів, наявності внутрішніх порожнин і наскрізних каналів. Це вимагає особливого підходу до розробки технологічного процесу: ретельного

вибору баз, закріплень, інструментів та послідовності операцій.

1.2 Основні вимоги до точності та шорсткості поверхонь корпусних деталей

Корпусні деталі, що застосовуються у відповідальних вузлах, пред'являють підвищені вимоги до точності виготовлення. Це пов'язано з тим, що в їхній конструкції часто передбачено кілька отворів, площин та посадочних поверхонь, розміщених у складному просторовому взаємозв'язку. Найменше відхилення від геометрії може призвести до зсуву осей, перекосів під час складання, а внаслідок цього — до порушення герметичності, зниження надійності чи навіть виходу з ладу всього механізму.

Головним параметром, що визначає ступінь точності обробки, є квалітет. Для поверхонь, які служать базами або є посадковими, зазвичай встановлюють 7–10-й квалітет. Внутрішні циліндричні поверхні, до яких кріпляться елементи трубопроводів або розміщуються ущільнення, часто повинні бути оброблені до 7-го квалітету з допуском у межах кількох сотих міліметра.

Іншим важливим параметром є шорсткість поверхні. Вона визначає не лише зовнішній вигляд виробу, а й його функціональні властивості: герметичність, зносостійкість, здатність до утримання мастильного шару. У корпусних деталях, що працюють під тиском, особливо критичною є поверхнева якість у зонах різьбових з'єднань та ущільнюючих поверхонь. Як правило, для таких ділянок встановлюється шорсткість не грубіше Ra 1.6–3.2 мкм.

У місцях з'єднання корпусу з іншими деталями (фланцями, трубками, прокладками) також важливо дотримуватися параметрів плоскої поверхні. Нерівності на торцях, навіть у межах декількох мікрометрів, можуть спричинити підтікання рідини чи пропускання газу. Водночас, якщо ці поверхні будуть надмірно гладкими, може зменшитися площа зчеплення з ущільненням, що також є небажаним.

До вимог точності входить і забезпечення співвісності отворів, яка є критично важливою для функціонування корпусу як єдиної монтажної бази. Якщо отвори, розміщені на різних рівнях, будуть зміщені відносно осі, це ускладнить складання та призведе до додаткового навантаження на з'єднувальні елементи.

Поряд із цим враховується й формо- та розмірна точність. Наприклад, якщо деталь має циліндричну порожнину, важливо не тільки витримати діаметр,

але й забезпечити прямолінійність і циліндричність цієї поверхні по всій довжині. Найменше відхилення може порушити центрування вала або зменшити ресурс роботи підшипників, якщо вони встановлюються у такий корпус.

У дипломному проєкті розглядається деталь, яка має різьбові з'єднання типу R1/2 згідно з ГОСТ 6211–81. Це означає, що крім точності різьби, слід дотримуватись і точності посадки під нарізання, забезпечуючи відповідну глибину, діаметр і форму отвору під метчик. Шорсткість на таких поверхнях повинна бути контрольованою — надто груба різьба може призводити до підтікання, надто гладка — до ослаблення зчеплення.

Загалом, основні вимоги до точності корпусних деталей визначаються не лише конструкторською документацією, а й реальними умовами експлуатації: тиском середовища, температурою, характером механічного навантаження. Враховуючи це, в процесі проектування технологічного процесу виготовлення корпусу необхідно обґрунтовано підібрати режими обробки, інструмент, а також тип обладнання, здатного забезпечити задані показники точності.

1.3 Огляд сучасних методів виготовлення та обробки корпусних деталей

Корпусні деталі вимагають особливого підходу до вибору методів виготовлення, оскільки вони поєднують у собі велику кількість функціональних поверхонь, складну геометрію та жорсткі вимоги до точності. У сучасному машинобудуванні використовуються різноманітні методи формування заготовок і подальшої обробки корпусів залежно від серійності виробництва, типу деталі та матеріалу.

Одним із найбільш поширених способів отримання заготовок корпусних деталей є штампування. Гаряче об'ємне штампування застосовується в середньо- та великосерійному виробництві, оскільки дозволяє отримати заготовку, максимально наближену за формою до готової деталі, з мінімальними витратами матеріалу. Такий метод особливо доцільний для деталей, що виготовляються зі сталей з високою пластичністю, наприклад, Ст3кп. Отримана штампом заготовка має відносно точні геометричні контури, проте потребує подальшої механічної обробки для досягнення заданих розмірів і шорсткості.

Ще одним традиційним методом виготовлення заготовок є лиття — як у піщані, так і в металеві форми. Лиття дозволяє створити заготовки складної

конфігурації з мінімальною обробкою, особливо коли мова йде про великогабаритні корпуси або вузли з внутрішніми порожнинами. Проте литі деталі часто мають вищу пористість і нижчу точність, тому для відповідальних конструкцій цей метод застосовується рідше, ніж штампування або зварювання.

Для великогабаритних або індивідуальних конструкцій широко використовуються зварні корпуси. Вони складаються з кількох частин, вирізаних із листового або профільного прокату, які з'єднуються зварюванням. Перевагою такого способу є гнучкість конструкції, можливість швидкого виготовлення без потреби в дорогому штамповому оснащенні. Однак головним недоліком є зниження точності, а також потреба в додатковій термічній обробці для зняття залишкових напружень.

Щодо механічної обробки, основні методи включають токарну, свердильну, фрезерну, розточувальну та шліфувальну обробку. Для корпусних деталей характерна токарна обробка зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь, яка виконується на класичних токарних верстатах або верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК). Останні дозволяють значно підвищити точність та продуктивність процесу, особливо при серійному виготовленні.

Свердління та розточування застосовуються для створення отворів різного діаметра. При цьому важливо дотримуватись співвісності отворів і паралельності до базових поверхонь, що вимагає точного налаштування обладнання та використання високоточних різальних інструментів.

Фрезерування часто використовується для обробки площин, створення монтажних елементів, пазів та фасок. При цьому застосовуються вертикально-фрезерні або оброблювальні центри з ЧПК, що дозволяє виконувати кілька операцій без переналагодження деталі.

У випадках, коли необхідно досягти високої чистоти поверхні (наприклад, під ущільнення), застосовується шліфування або полірування. Такі процеси забезпечують R_a до 0,4 мкм, що дозволяє використовувати деталь у гідравлічних або пневматичних системах високого тиску без додаткового ущільнення.

Окремо слід згадати про комбіновані методи обробки, які поєднують декілька технологічних підходів. Наприклад, корпус може спочатку піддаватись об'ємному штампуванню, потім частково фрезеруватись, після чого проходити тонке доведення отворів шляхом розточування. Така послідовність дозволяє оптимізувати виробничий цикл і досягти необхідної точності без надмірного навантаження на інструмент.

Сучасні виробництва дедалі частіше впроваджують CAD/CAM-системи, що дає змогу автоматизувати процес створення траєкторій інструменту, оптимізувати режими різання та зменшити людський фактор. Це особливо важливо при виготовленні корпусних деталей, де враховується велика кількість змінних параметрів: глибини, кути, міжосьові відстані тощо.

Отже, у практиці сучасного машинобудування спостерігається тенденція до широкого застосування інтегрованих підходів у виготовленні корпусних деталей — від оптимізації заготовки до використання багатоопераційних верстатів та автоматизованого контролю якості. Такий підхід дозволяє знизити витрати, підвищити точність і забезпечити стабільну якість виробів у серійному або індивідуальному виробництві.

2. Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі

2.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Згідно з наданим кресленням, деталь є корпусом, що має циліндричну форму з відгалуженням під кутом 90 градусів, що може вказувати на її використання в трубопровідних системах або в гідравлічних чи пневматичних вузлах. Ймовірно, вона виконує функцію розподілу потоку рідини чи газу.

Деталь має різьбові отвори (R 1/2 згідно з ГОСТ 6211-81), що підтверджує можливість з'єднання з іншими елементами системи. На кресленні вказано наявність циліндричних та конічних поверхонь, що можуть слугувати місцями для ущільнення або фіксації.

Враховуючи конструктивні особливості, корпус відноситься до класу корпусних деталей середнього машинобудування. Він має компактні габарити та включає елементи, які забезпечують надійне кріплення в складі вузла.

Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Деталь працює в умовах високого тиску, оскільки має різьбові з'єднання, що зазвичай використовуються в гідравлічних чи пневматичних системах. Це підтверджується наявністю отворів R 1/2, які відповідають стандарту ГОСТ 6211-81, що застосовується для з'єднання трубопроводів високого тиску.

Поверхні деталі мають шорсткість Rz20, що вказує на необхідність забезпечення герметичності та мінімального тертя між з'єднувальними елементами. Конструкція деталі вимагає високої міцності та стійкості до зношування, оскільки вона піддається дії значних механічних навантажень.

Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Відповідно до креслення, деталь виготовлена зі сталі марки СтЗсп згідно з ГОСТ 380-2005. Ця сталь має такі характеристики:

- Висока міцність і пластичність, що забезпечує стійкість до механічних навантажень.

- Хороша зварюваність, що полегшує складання та ремонт.
- Достатня стійкість до корозії при використанні в помірних умовах експлуатації.

Сталь СтЗсп обрана завдяки її хімічним, механічним і технічним властивостям, наведених у таблицях 2.1-2.3, що дозволяють виготовляти деталі складної форми методом тиску. Вона також добре оброблюється різальними інструментами, що забезпечує високу продуктивність механічної обробки. (Kosilova_P2_1986_496. – Технологія машинобудування. Том 2. Київ, 1986.)

Таблиця 1

Хімічний состав сталі СтЗкп

Масова частка елементів, %									
C	Si	Mn	S	Ni	Cr	Cu	N	As	P
0.14 - 0.22	до 0.05	0.3 - 0.6	до 0.05	до 0.3	до 0.3	до 0.3	до 0.008	до 0.08	до 0.04

Таблиця 2

Механічні (при температурі 20°C) властивості сталі СтЗкп

Сортамент	Границя міцності	Границя текучості, σ_s	Відносне подовження при розриві, σ_m	Відносне звуження, ψ
-	МПа	МПа	%	%
Трубы, ГОСТ 8696-74	363	235	23	
Трубы, ГОСТ 10705-80	372	225	22	
Сортамент	Границя	Границя	Відносне	Відносне

	міцності	текучості, σ_s	подовження при розриві, σ_m	звуження, ψ
Прокат, ГОСТ 535-2005	360-460	195-235	24-27	
Лист толстый, ГОСТ 14637-89	360-460	195-235	24-27	
Арматура, ГОСТ 5781-82	373	235	25	
Катанка, ГОСТ 30136-95	490-540			60
Твердість СтЗкп	НВ $10^{-1} = 131$ МПа			
Густина, ρ	7850 кг/м ³			

Таблиця 3

Технологічні властивості сталі СтЗкп

Зварюваність	без обмежень
Флокеночутливість	не чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості	не схильна

2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції деталі визначає її здатність до економічного та ефективного виготовлення з урахуванням застосування сучасних методів обробки, матеріалознавчих характеристик, можливості базування, кріплення та забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик. Конструкція корпусу, що розглядається в даній роботі, має низку особливостей, які впливають на його технологічність. Основним методом виготовлення є штампування, що дозволяє отримати заготовку із мінімальними витратами матеріалу та достатньою точністю для подальшої

обробки. Після первинного формування корпус проходить токарну обробку, яка включає операції обточування, свердління, розточування та нарізання різьбових з'єднань. Важливим фактором є правильний вибір матеріалу, що впливає на зносостійкість, можливість механічної обробки та експлуатаційні характеристики. Для даної деталі використовується сталь СтЗкп, яка добре піддається механічній обробці, має достатню міцність та дозволяє виконувати операції з різання без надмірного зношування інструменту.

Геометрична форма корпусу також є визначальним фактором технологічності. Вона включає циліндричні поверхні, які забезпечують зручне базування при обробці на токарних верстатах, та торцеві площини, що сприяють надійному закріпленню. Отвори різних діаметрів концентрично розташовані відносно основної осі, що зменшує кількість необхідних переналагоджень при виконанні свердлильних і розточувальних операцій. Конструкція передбачає наявність різьбових з'єднань, які виготовляються за допомогою різьбонарізних інструментів та дозволяють забезпечити міцне з'єднання корпусу з іншими елементами вузла. Наявність фасок і канавок полегшує процес складання та знижує ймовірність виникнення дефектів під час експлуатації.

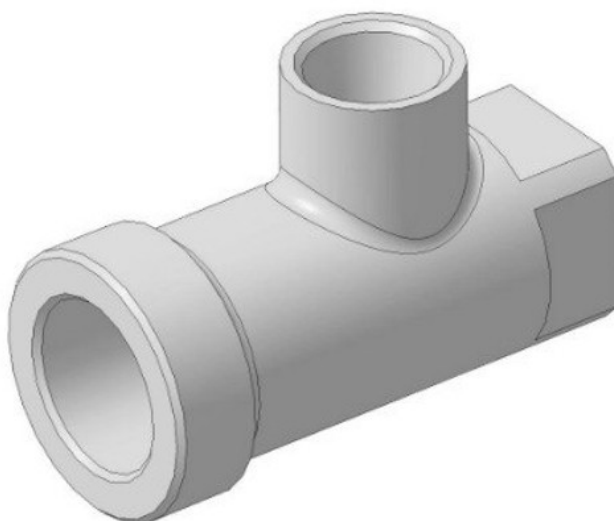


Рисунок 2.1 Загальний вигляд корпусу

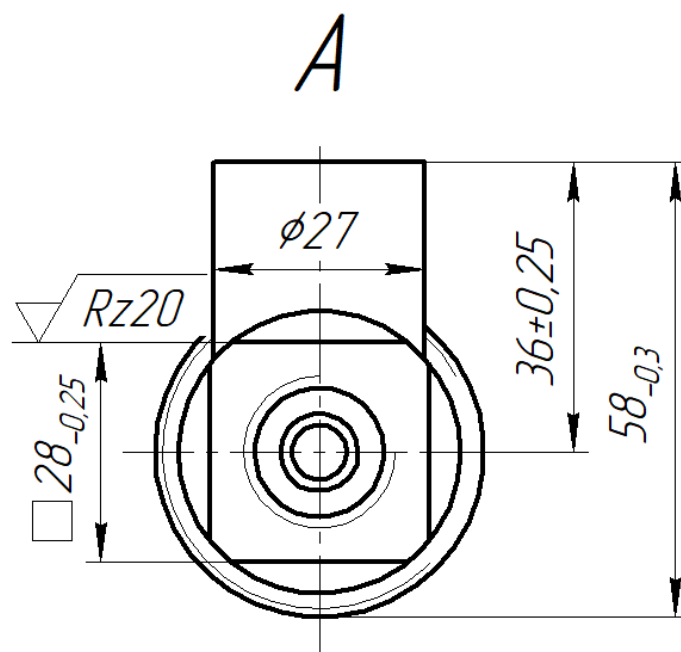


Рисунок 2.4 Розріз А

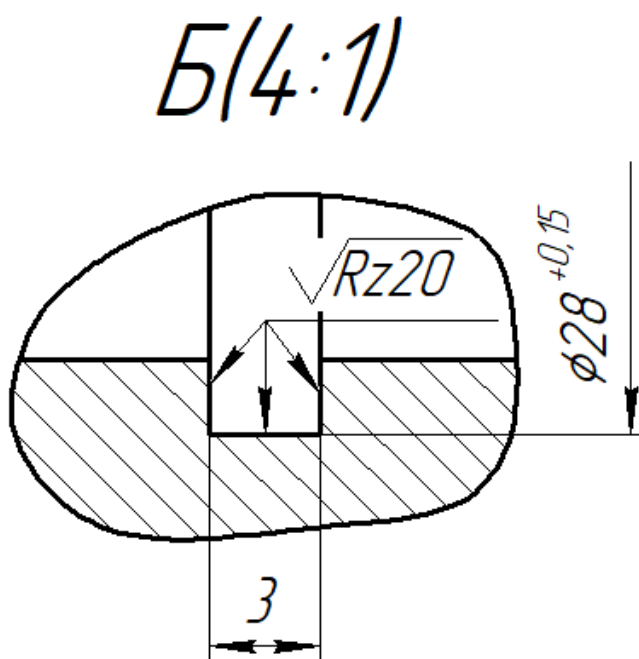


Рисунок 2.5 Розріз Б

Оцінюючи можливості механічної обробки корпусу, слід відзначити, що вибір способу закріплення деталі має важливе значення. Для забезпечення високої точності використовуються трикулачкові або двокулачкові патрони,

що дозволяють жорстко зафіксувати заготовку під час обточування. Послідовність технологічних операцій починається з чорнового обточування, яке знімає основний припуск матеріалу, далі виконується точне свердління отворів, розточування до необхідних розмірів і нарізання різьб. Така технологічна послідовність мінімізує похибки та забезпечує досягнення необхідної якості оброблених поверхонь.

Значним аспектом аналізу є оцінка точності виготовлення корпусу. Для забезпечення відповідності геометричних параметрів застосовуються методи контролю, включаючи вимірювання діаметрів отворів, оцінку шорсткості поверхонь та перевірку співвісності конструктивних елементів. Корпус є технологічно раціональною деталлю завдяки оптимальному вибору матеріалу, ефективній організації технологічного процесу та мінімізації операційних витрат. При правильному налаштуванні верстатного обладнання можна досягти високої якості обробки при збереженні економічної доцільності виробництва. Завдяки передбаченому запасу припусків і використанню сучасних інструментів обробка корпусу виконується з мінімальними витратами часу та ресурсів, що позитивно позначається на загальній продуктивності виробництва. У підсумку можна зазначити, що конструкція корпусу є добре продуманою з точки зору технологічності, що дозволяє забезпечити її виготовлення з високою точністю, мінімальними виробничими витратами та стабільною якістю обробки.

2.3 Проектування конструкції заготовки

Проектування конструкції заготовки є одним з ключових етапів у виробництві деталі, оскільки саме на цьому етапі визначається її початкова форма, розміри, методи виготовлення та подальша обробка. Від правильно спроектованої заготовки залежить не лише точність кінцевого виробу, а й економічна ефективність усього виробничого процесу. Заготовка для корпусу виготовляється методом штампування, що обумовлено такими факторами, як швидкість процесу, мінімізація відходів матеріалу, висока повторюваність розмірів та зменшення потреби в подальшій обробці. Метод штампування дозволяє отримати заготовку з попередньо визначеними геометричними параметрами, що значно полегшує наступні операції.

Одним з головних завдань при проектуванні заготовки є визначення оптимальних припусків на механічну обробку. Ці припуски мають бути достатніми для досягнення необхідної точності, але не надмірними, оскільки це може призвести до зайвих витрат матеріалу та збільшення часу на обробку. У випадку корпусу, який має циліндричну форму, особливо важливо правильно розрахувати припуски на зовнішні поверхні, а також на отвори, які будуть розточуватися. Крім того, важливим фактором є можливість жорсткого базування заготовки у процесі обробки. Для цього передбачається використання зовнішніх циліндричних поверхонь, що забезпечують стійке положення заготовки при її закріпленні у верстатному патроні. Також враховуються особливості торцевих поверхонь, оскільки вони використовуються як допоміжні бази при виконанні свердлильних і розточувальних операцій.

При проектуванні заготовки необхідно також враховувати її матеріал, оскільки від його властивостей залежить не тільки оброблюваність деталі, а й кінцева якість виробу. У даному випадку використовується сталь марки СтЗкп, яка володіє високою пластичністю, що дозволяє здійснювати штампування без ризику утворення тріщин або внутрішніх дефектів. Цей матеріал також забезпечує гарні умови для подальшої токарної обробки, дозволяючи зменшити зношування ріжучого інструменту та отримати високу якість поверхонь.

Проектування конструкції заготовки передбачає також оптимізацію її форми таким чином, щоб вона якомога більше відповідала кінцевому виробу. Це дозволяє мінімізувати обсяг необхідних механічних операцій, зменшуючи як виробничі витрати, так і час на обробку. Наприклад, отвори у заготовці можуть бути виконані з попереднім діаметром, який потребує лише незначного дороблення, а фаски можуть бути частково сформовані ще на етапі штампування, що знижує навантаження на фрезерні та токарні операції. Важливим завданням також є розрахунок усадки матеріалу після штампування, оскільки він може зазнавати незначних змін у розмірах, які потрібно враховувати при подальшій обробці.

Таким чином, основні аспекти проектування заготовки включають:

- Визначення оптимальної форми, що зменшує потребу у подальшій механічній обробці.

- Розрахунок припусків на різні види обробки, що забезпечують необхідну точність кінцевого виробу.
- Вибір матеріалу, що гарантує хорошу технологічність та довговічність деталі.
- Забезпечення можливості точного та надійного базування заготовки у процесі механічної обробки.

Грамотний підхід до розробки конструкції заготовки дозволяє мінімізувати витрати часу та ресурсів, а також уникнути помилок при механічній обробці. У підсумку, ретельно спроектована заготовка стає запорукою успішного виготовлення якісного корпусу з необхідними характеристиками.

2.3.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

На цьому етапі закладаються основні параметри, що впливають на точність, економічність та технологічність подальшої механічної обробки. Заготовка корпусу, що розглядається у даній роботі, виготовляється методом штампування. Даний спосіб вибрано виходячи з аналізу конструктивних особливостей деталі, необхідності забезпечення високої продуктивності та мінімізації витрат матеріалу.

Штампування є одним із найбільш ефективних методів отримання заготовок для деталей, що мають відносно просту геометрію та потребують масового або серійного виробництва. Цей метод дозволяє отримати виріб із мінімальними відходами матеріалу та забезпечити необхідні розміри з високою точністю ще на стадії формування заготовки. Основні переваги штампування включають в себе високу швидкість виготовлення, можливість автоматизації процесу, зменшення трудомісткості та економічне використання матеріалу. До недоліків можна віднести необхідність у дорогому штампувальному обладнанні та оснащенні, що робить цей метод доцільним для серійного та масового виробництва.

Гарячим штампуванням є процесом виготовлення поковок за допомогою штампів за допомогою двох сталевих бойків, що мають в площині робочої поверхні виїмки, які відповідають формі деталі. Під дією сили удару молота або тиску преса нагріта заготовка деформується і заповнює порожнину

виїмки для штампа, що покроково зображено на рисунку 2.6. В результаті отримують деталь, що за формою і розмірами відповідає формі і розмірам штампу.

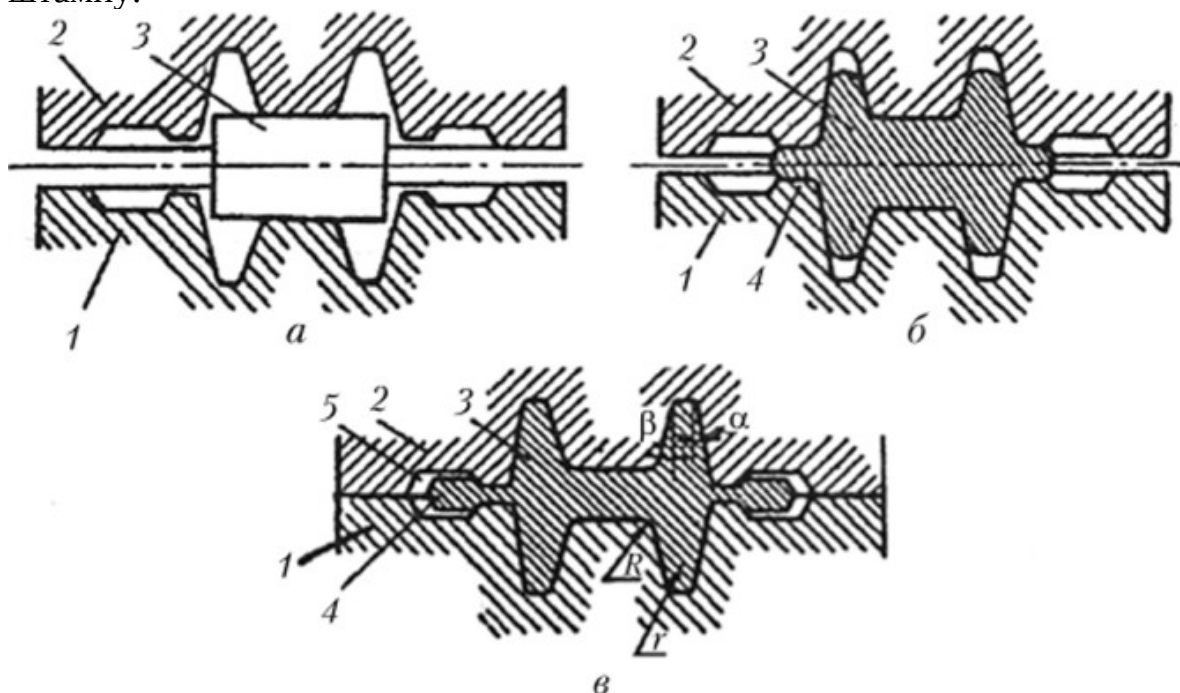


Рисунок 2.6 а - початкова стадія; б - стадія освіти задирки; в - кінцева стадія штампування; 1,2 - нижня і верхня половини штампа; 3 - вихідна заготовка; 4 - задирок; 5 - заусенечная канавка

Основною різницею між закритим та відкритим штампуванням є те, що у випадку відкритого штампування є місце, де будуть стікати надлишки металу, що означає можливість обрати заготовку незважаючи на високу точність маси матеріалу, що не може бути можливим у випадку з закритим штампуванням. Різницю у вигляді фото наведено у зображенні 2.7. Також, закриті штампування використовується для більш складних форм деталей, де важливим фактором є висока точність форми і мінімальні витрати на додаткову обробку. У нашому випадку більш доречним буде вибір відкритого штампування через простий процес виготовлення та менш жорсткі вимоги для заготовки. (Косілова І.І., Мещеряков Ю.П. *Довідник технолога-машинобудівника*. – К.: Вища школа, 2009.)

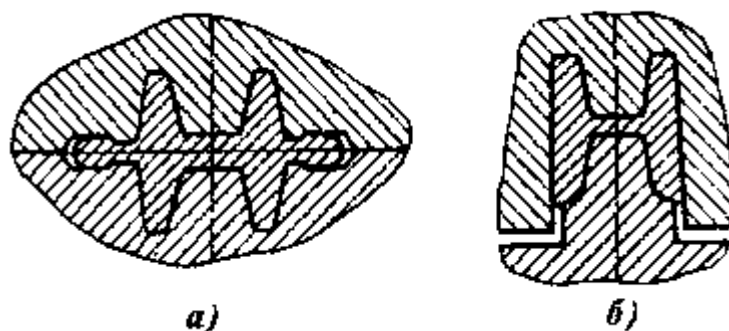


Рисунок 2.7 Закрите штампування (а) та відкрите штампування (б)

Варіантами вибору обладнання для гарячого штампування деталі корпусу можуть бути такі варіанти як:

- 1) Гідравлічний прес - використовує рідину під високим тиском для здійснення поступального руху плунжера. Забезпечує рівномірний розподіл зусилля, що підходить для виготовлення деталей складних форм.
- 2) Механічний кривошипний прес - працюють за рахунок обертального руху кривошипа, що передає зусилля через шатун на повзун. Мають високу швидкість і добре підходять для серійного виробництва деталей середньої складності.
- 3) Гвинтові (фрикційні) преси - діють за принципом передачі зусилля через гвинтову пару. Використовуються для операцій пробивання, висаджування, формування та об'ємного штампування. Дозволяють отримувати вироби складної форми за рахунок тривалого контакту з поверхнею штампа.
- 4) Ковальсько-штампувальні молоти - використовують ударне навантаження для пластичного деформування металу. Застосовуються у важкому машинобудуванні для виготовлення масивних деталей. Підходять для штампування виробів з великими припусками на подальшу обробку.

Найоптимальнішим видом пресового обладнання для такого виробу є гвинтовий фрикційний прес, що представлено на зображенні 2.3.1.3. Цей тип устаткування забезпечує потужний удар, необхідний для повного заповнення порожнини штампа навіть при наявності кількох функціональних виступів, як-от фланцевих частин або різьбових патрубків. Завдяки великій кінетичній енергії ковадла, гвинтовий прес дозволяє ефективно формувати об'ємну конфігурацію деталі за один або два переходи без втрати якості. Його використання особливо виправдане у випадках, коли серія виробів відносно невелика, як у даному випадку —

партія 1000 штук. Це виробництво не потребує повної автоматизації циклу, а ручна або напівавтоматична подача заготовки є економічно доцільною та технічно здійсненною. До того ж, простота конструкції преса і порівняно невисока вартість експлуатації забезпечують надійну роботу з невеликими корпусними деталями зі сталі типу СтЗкп. (*Справочное пособие по назначению операционных припусков на механическую обработку табличным методом*, Київ, 2012.)



Рисунок 2.8 Гвинтовий фрикційний прес

Для забезпечення необхідної температури заготовки перед штампуванням використовується муфельна піч СНОЛ-7,2/1100. Цей тип печі забезпечує рівномірний об'ємний нагрів заготовок до температури 1200–1250 °С, що є оптимальним для обробки низьковуглецевих сталей. Нагрівання здійснюється в захищеній камері з жаростійкої сталі або кераміки, що дозволяє зберігати стабільний тепловий режим і уникнути окислення заготовок. Застосування муфельної печі є особливо доцільним у випадках, коли передбачається пакетний нагрів кількох заготовок одночасно. За рахунок приємливого об'єму у 7,2 метрів кубічних, можливе нагрівання до 20 заготовок одночасно. Це забезпечує безперервність процесу, ритмічну подачу розігрітого матеріалу до зони штампування та економічне використання енергоресурсів.

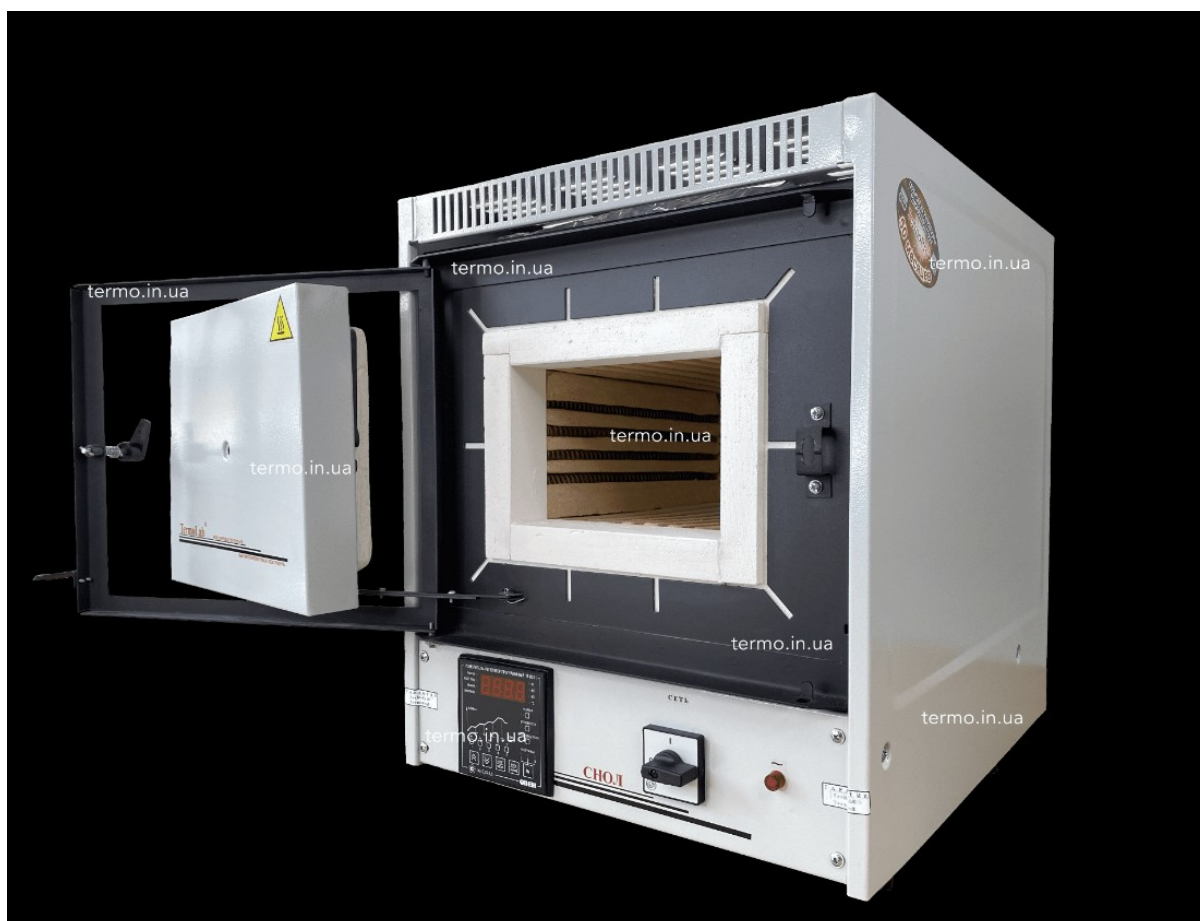


рис. 2.9 Муфельна піч ЧНОЛ-7,2/1100

При виборі способу виготовлення заготовки важливу роль відіграє матеріал деталі. У даному випадку використовується сталь марки СтЗкп, яка характеризується хорошими пластичними властивостями, що дозволяє виконувати штампування без утворення тріщин та внутрішніх дефектів. Крім того, цей матеріал легко піддається механічній обробці, що зменшує зношування ріжучого інструменту під час подальших технологічних операцій.

Процес виготовлення заготовки методом штампування складається з декількох основних етапів. Спочатку виконується підготовка вихідного матеріалу у вигляді прутка, яка потім ріжеться на заготовки необхідного розміру. Після цього здійснюється штампування за допомогою пресового обладнання, яке формує основну геометрію деталі. У разі необхідності додаткової точності можливе використання комбінованих методів обробки, наприклад, калібрування або доробки методом механічної обробки. При проектуванні технологічного процесу виготовлення заготовки враховується необхідність надання припусків на подальшу обробку, які забезпечують

можливість досягнення необхідної точності деталей під час механічних операцій.

Розрахунок припусків виконується на основі типових нормативів для механічної обробки та залежить від точності штампування. Наприклад, для отворів передбачається початковий діаметр, який у подальшому доробляється методом свердління або розточування, що забезпечує високу якість поверхонь. Також важливим аспектом є усадка матеріалу після процесу штампування, що необхідно враховувати під час визначення номінальних розмірів заготовки.

Процес виготовлення заготовки також включає контроль якості, який може здійснюватися як візуальним методом, так і за допомогою вимірювальних інструментів. Важливим параметром є співвісність та правильність геометричної форми, оскільки від цього залежить подальше базування деталі у верстатному патроні під час механічної обробки. Крім того, контроль дозволяє виявити можливі дефекти штампування, такі як тріщини, складки або неоднорідності у структурі металу, що можуть негативно вплинути на якість кінцевого виробу.

Таким чином, визначення виду та способу виготовлення заготовки є критично важливим етапом виробничого процесу, оскільки саме на цьому етапі формується основа для отримання якісного кінцевого виробу. Вибір методу штампування для виготовлення заготовки корпусу обґрунтований його високою продуктивністю, економічною ефективністю та здатністю забезпечити необхідні параметри деталі. Завдяки правильному підходу до проектування та контролю якості виготовлена заготовка відповідає всім необхідним вимогам і дозволяє ефективно реалізувати подальші етапи обробки.

2.3.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів

Проектування конструкції заготовки відповідно до чинних стандартів є важливим аспектом процесу виготовлення деталей, оскільки від правильного дотримання нормативних вимог залежить якість, надійність і технологічність кінцевого виробу. При розробці конструкції заготовки для

корпусу необхідно враховувати вимоги державних і міжнародних стандартів, таких як ДСТУ, ГОСТ, ISO, що регламентують геометричні параметри, припуски, матеріали, вимоги до механічної обробки та контролю якості.

Заготовка для корпусу виготовляється методом штампування, і її конструкція повинна відповідати стандартам, що встановлюють вимоги до листового прокату, припусків на механічну обробку та точності геометричних параметрів. Вибір відповідних стандартів здійснюється на основі аналізу виробничих процесів, технічних характеристик деталі та особливостей її подальшої обробки. Наприклад, для сталі марки СтЗкп необхідно дотримуватись стандартів, що регламентують хімічний склад, механічні властивості та умови термічної обробки матеріалу, такі як ГОСТ 380-2005.

При визначенні геометричних параметрів заготовки враховуються стандартні припуски на обробку, які забезпечують можливість досягнення необхідної точності в процесі механічної обробки. Наприклад, для обробки зовнішньої циліндричної поверхні припуск визначається відповідно до ГОСТ 7505-89, що встановлює допуски та припуски на токарну обробку. Крім того, важливим аспектом проектування заготовки є передбачення компенсації усадки матеріалу після штампування, що дозволяє уникнути відхилень від заданих розмірів.

Відповідно до стандартів, заготовка повинна мати чітко визначені базові поверхні, що використовуються для її правильного встановлення та закріплення під час механічної обробки. Вибір баз здійснюється з урахуванням вимог стандартів на точність взаємного розташування поверхонь, що дозволяє забезпечити мінімальні похибки в процесі виготовлення. Крім того, проектування базових поверхонь має відповідати вимогам стандартів, що регламентують вимоги до точності базування, таких як ГОСТ 21495-76.

Ще одним важливим аспектом проектування конструкції заготовки є визначення параметрів отворів і різьбових з'єднань відповідно до стандартів. Наприклад, розміри різьбових з'єднань повинні відповідати ГОСТ 24705-81, що встановлює параметри метричних різьб. Також необхідно дотримуватися стандартів на свердління та розточування отворів, що регламентують допуски та граничні відхилення.

Контроль якості заготовки здійснюється відповідно до стандартів на методи контролю точності, шорсткості поверхонь і механічних властивостей матеріалу. Наприклад, перевірка точності геометричних параметрів здійснюється відповідно до ГОСТ 30893.1-2002, а контроль шорсткості поверхонь – за ГОСТ 2789-73. Це дозволяє гарантувати, що кожна заготовка відповідає встановленим вимогам і забезпечує якість кінцевого виробу.

Таким чином, проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів є комплексним процесом, що включає визначення матеріалу, геометричних параметрів, припусків на механічну обробку, вибір базових поверхонь, параметри різбових з'єднань і методи контролю якості. Дотримання нормативних вимог дозволяє підвищити технологічність виробництва, зменшити витрати на обробку та забезпечити високу якість готової деталі.

2.4 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Вибір баз для технологічного процесу виготовлення деталі є одним із ключових етапів проектування технології обробки, оскільки правильний вибір базових поверхонь впливає на точність кінцевого виробу, стійкість у процесі обробки та ефективність виробничого процесу. У даному випадку розглядається корпус, виготовлений методом штампування та подальшої механічної обробки. Для досягнення високої якості та точності обробки важливо правильно визначити технологічні бази, які будуть використовуватися на різних етапах виробництва.

Основні критерії вибору технологічних баз:

1. Забезпечення максимальної точності виготовлення деталі – бази повинні гарантувати мінімальні похибки під час обробки та складання.
2. Жорсткість і стійкість закріплення – вибрані поверхні повинні забезпечувати надійне закріплення деталі у верстаті під час виконання технологічних операцій.
3. Мінімізація кількості переналагоджень – вибір баз повинен дозволяти виконувати більшість операцій за мінімальну кількість установок деталі.

4. Відповідність стандартам на базування – базові поверхні повинні відповідати вимогам стандартів, що регламентують точність базування та взаємне розташування елементів деталі.

При виготовленні корпусу вибираються дві основні бази (поверхні):

1. Загальні технологічні бази – використовуються протягом усього процесу виготовлення для забезпечення стабільності та відповідності геометричних параметрів.
2. Локальні технологічні бази – застосовуються на окремих етапах обробки для досягнення необхідної точності виконання конкретних операцій.

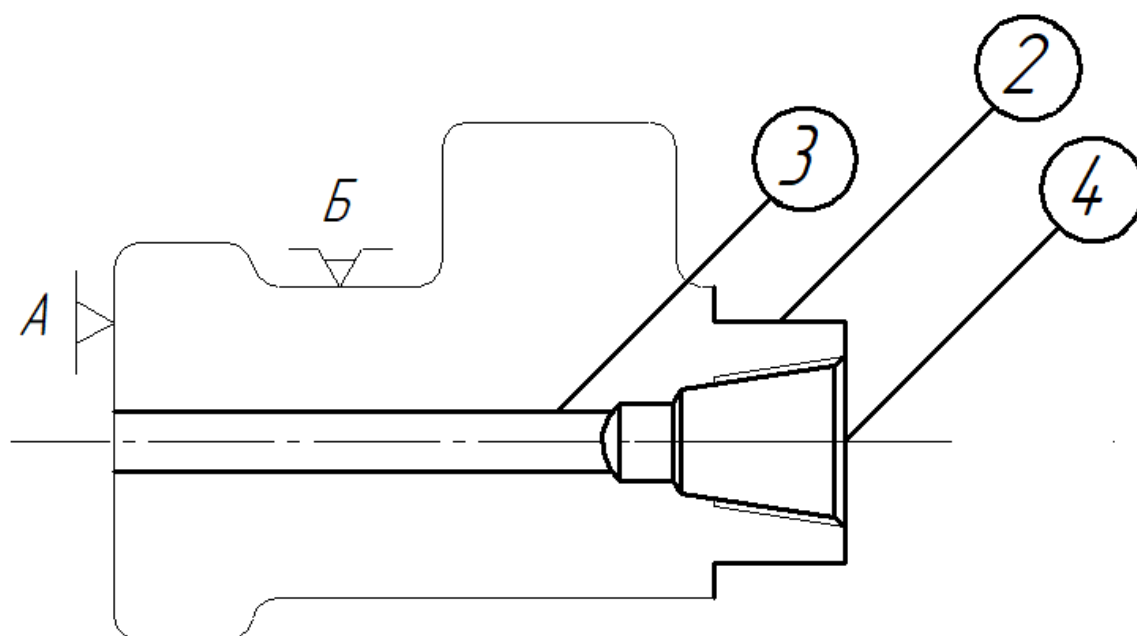


рис. 2.10 Обрання баз на першому етапі обробки заготовки корпусу

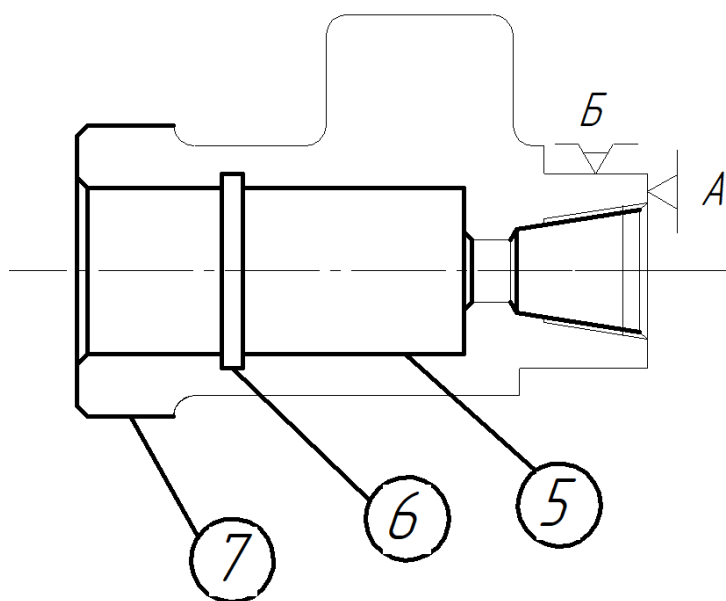


рис. 2.11 Обрання баз на другому етапі обробки заготовки корпусу

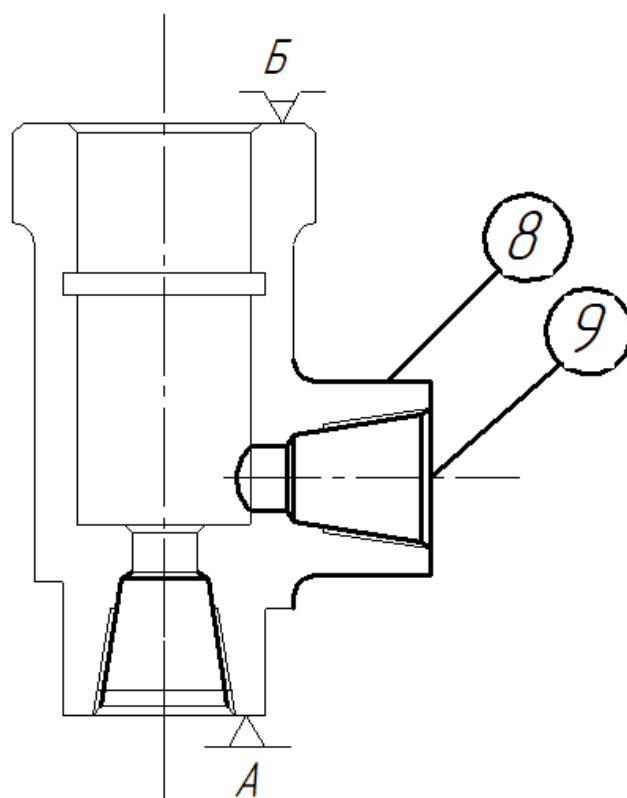


рис. 2.12 Обрання баз на третьому етапі обробки заготовки корпусу

Як загальні технологічні бази для корпусу вибираються:

- Зовнішня циліндрична поверхня – ця поверхня забезпечує точність базування під час токарної обробки та встановлення у патроні верстата. Рис. 2.4.1 база А, рис. 2.4.2 база А та рис. 2.4.3 база А та Б є основними базами, що забезпечують надійність обробки за рахунок плоскої поверхні.
- Торцеві поверхні – використовуються як допоміжні бази при свердлінні та розточуванні отворів, а також для забезпечення перпендикулярності осей отворів відносно зовнішніх поверхонь. Рис. 2.4.1 база Б та рис. 2.4.2 база Б є прикладом такої поверхні, що забезпечують допоміжний опір при обробці заготовки.
- Внутрішні отвори – застосовуються при остаточному складанні, оскільки вони визначають положення кріпильних елементів відносно корпусу. Рис. 2.4.3 база Б стане прикладом цього варіанту, тому що для забезпечення стабільності обробки верхнього отвору використовується внутрішня частина корпусу заготовки.

Вибір баз значною мірою визначає стабільність виробничого процесу, точність кінцевої деталі та загальну продуктивність виготовлення. При правильному підході до вибору баз можна значно зменшити ризик відхилень, підвищити якість виробу та оптимізувати час обробки. Таким чином, обґрунтований вибір технологічних баз є важливим фактором успішного виробничого процесу, що дозволяє забезпечити відповідність деталі всім необхідним вимогам. (Приходько В.П. *Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв*. Метод. матеріали. – ХНТУ, 2020.)

Розділ 3. Проектування технологічного процесу виготовлення корпусу.

3.1 Типова послідовність обробки поверхонь

Після отримання заготовки методом гарячого штампування наступним етапом у технологічному процесі є механічна обробка її поверхонь. Оскільки корпусна деталь має складну конфігурацію з внутрішніми й зовнішніми циліндричними поверхнями, патрубками під різьбу та базовими площинами, послідовність операцій повинна забезпечити як точність, так і взаємну орієнтацію всіх елементів конструкції відповідно до вимог креслення.

Типова схема обробки поверхонь базується на принципі поетапного зняття припуску — від чорнової до чистової обробки. У першій стадії необхідно вирівняти основні базові поверхні, що використовуються як опорні при подальших установках. У випадку з корпусною деталлю це, як правило, одна з площин фланця або торцева частина циліндричної частини корпусу. Ця поверхня підлягає попередньому фрезеруванню або торцюванню з метою створення надійної технологічної бази.

Наступним кроком зазвичай виконується обробка отворів. Центральний наскрізний або глухий отвір, що проходить через корпус, підлягає свердлінню, зенкеруванню та, у разі потреби, розточуванню до необхідного діаметра. Залежно від точності та шорсткості, ця операція може завершуватись розгортанням або хонингуванням. Якщо отвір має співвісність із бічними відгалуженнями, важливо дотриматися суворої точності їхнього взаємного розташування.

Після обробки основного отвору виконуються операції з підготовки різьбових елементів. Це можуть бути різьби типу R1/2 згідно з ГОСТ 6211–81, які нарізаються у бічних патрубках корпусу. Перед цим здійснюється попереднє свердління отворів під різьбу, а потім — нарізання вручну або за допомогою мітчика, залежно від виробничих умов. У разі глухих отворів використовується послідовне застосування чернового та чистового мітчика.

Після формування основних отворів переходять до обробки зовнішніх поверхонь. Якщо корпус має циліндричну або фланцеву частину, вона підлягає обточуванню на токарному верстаті. Ця операція виконується з використанням попередньо сформованої базової поверхні, що забезпечує точну центровку деталі. Залежно від вимог до шорсткості, після обточування може застосовуватись шліфування.

На завершальному етапі виконується обробка допоміжних елементів — фасок, отворів під кріплення, прорізів під ущільнення, канавок тощо. Вони формуються шляхом фрезерування, довбання або ручної доробки. Якщо технічні вимоги передбачають маркування виробу або нанесення технологічних отворів для складання — ці операції виконуються наприкінці.

Особливу увагу при побудові послідовності обробки приділяють вибору технологічної бази. Вона повинна бути стабільною на всіх етапах і не змінюватися без необхідності, щоб уникнути похибок у взаємному розташуванні елементів. Як базові поверхні, найчастіше, використовують одну з торцевих площин фланця (для осьової фіксації) та центральний отвір або його частину (для центрівки).

Весь маршрут обробки повинен бути організований таким чином, щоб перехід від чорнової до чистової обробки був логічним і не створював зворотних деформацій, перенапружень або перекосів. Для забезпечення технологічної точності важливо також передбачити проміжний контроль розмірів після відповідальних операцій, зокрема — після свердління центрального отвору, нарізання різьб і фрезерування посадочних площин.

3.2 Проектування операційного технологічного процесу

Основною метою проектування операційного технологічного процесу є забезпечення ефективного, економічно доцільного та технічно обґрунтованого перетворення заготовки у готову деталь із дотриманням усіх вимог технічної документації, стандартів і нормативів.

Побудова технологічного процесу передбачає насамперед визначення повної сукупності операцій, які необхідно виконати для виготовлення деталі з необхідними розмірами, шорсткістю, геометричною точністю та іншими параметрами якості. Процес проектується на основі креслення деталі, технічного завдання, характеристик матеріалу, а також умов і можливостей конкретного виробництва.

На початковому етапі аналізується конструкція деталі: її геометрія, наявність базових та оброблюваних поверхонь, допуски, вимоги до твердості, шорсткості та точності. Це дозволяє визначити раціональну схему обробки, встановити необхідну послідовність технологічних операцій та обрати типові маршрути виготовлення.

Далі виконується розробка операцій — структурних одиниць процесу, що включають повну обробку одного або кількох елементів деталі на одному

робочому місці. Для кожної операції визначається її мета (наприклад, чорнова або чистова обробка), обирається відповідне устаткування, ріжучий інструмент, пристосування, режими обробки та методи контролю. Важливим є і вибір технологічних баз — поверхонь або точок, від яких здійснюється базування деталі під час обробки. (Косілова І.І., Мещеряков Ю.П.)

При проектуванні також враховується принцип стабільності базування, мінімізації переналагоджень та скорочення кількості установок, оскільки це суттєво впливає на точність і продуктивність процесу. Усі операції об'єднуються в логічну послідовність — від підготовки заготовки (очищення, базове фрезерування тощо) до остаточної обробки та технічного контролю.

Крім основних обробних операцій, у процес можуть бути включені допоміжні (розмічування, контроль, транспортування), а також проміжні — зняття напружень, термічна обробка, калібрування. Усі дії документуються в операційних картах, де зазначаються параметри обробки, режими різання, позначення інструменту та вимоги до результату.

Завершується проектування оцінкою ефективності запропонованого технологічного процесу — зокрема, визначенням тривалості циклу, трудомісткості, коефіцієнтів завантаження обладнання та рівня використання матеріалу. Весь процес проектування повинен відповідати принципам стандартизації, взаємозамінності, технологічності та безпеки.

3.2.1 Перша операція - Штампкування заготовки корпусу

Початком виготовлення деталі корпусу стане штампкування його на гвинтовому фрикційнийному пресі методом гарячого відкритого штампкування, так як квалітет обробленої поверхні має бути 14-тим, що задовольняє умовам даного виду штампку. Оброблена поверхня наведена на рисунку 3.1.

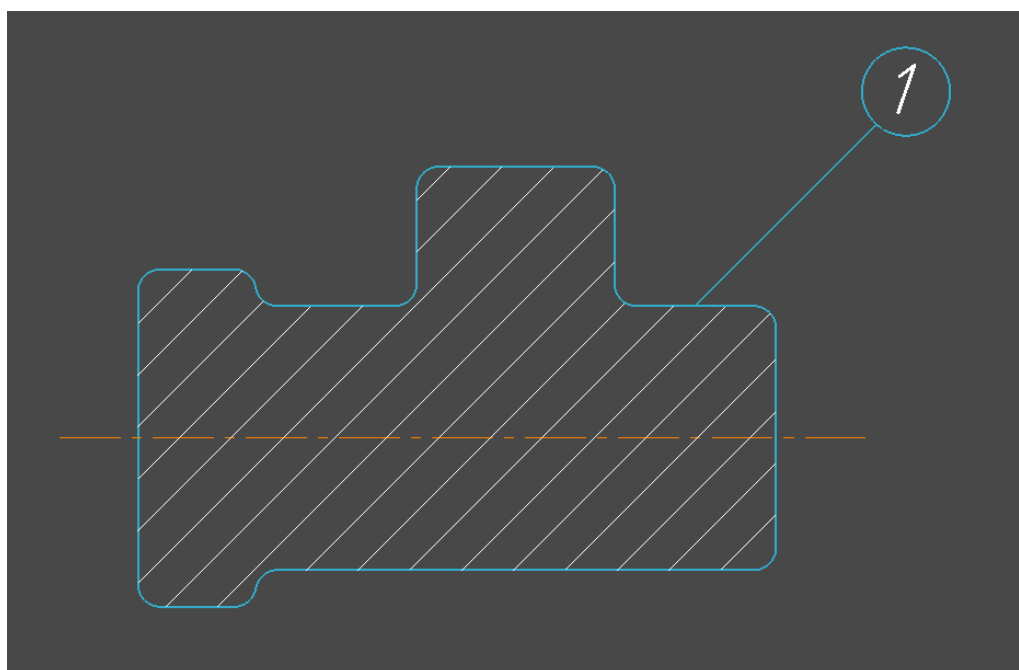


Рис. 3.1 Штампування заготовки

3.2.2 Друга операція - перша токарна операція

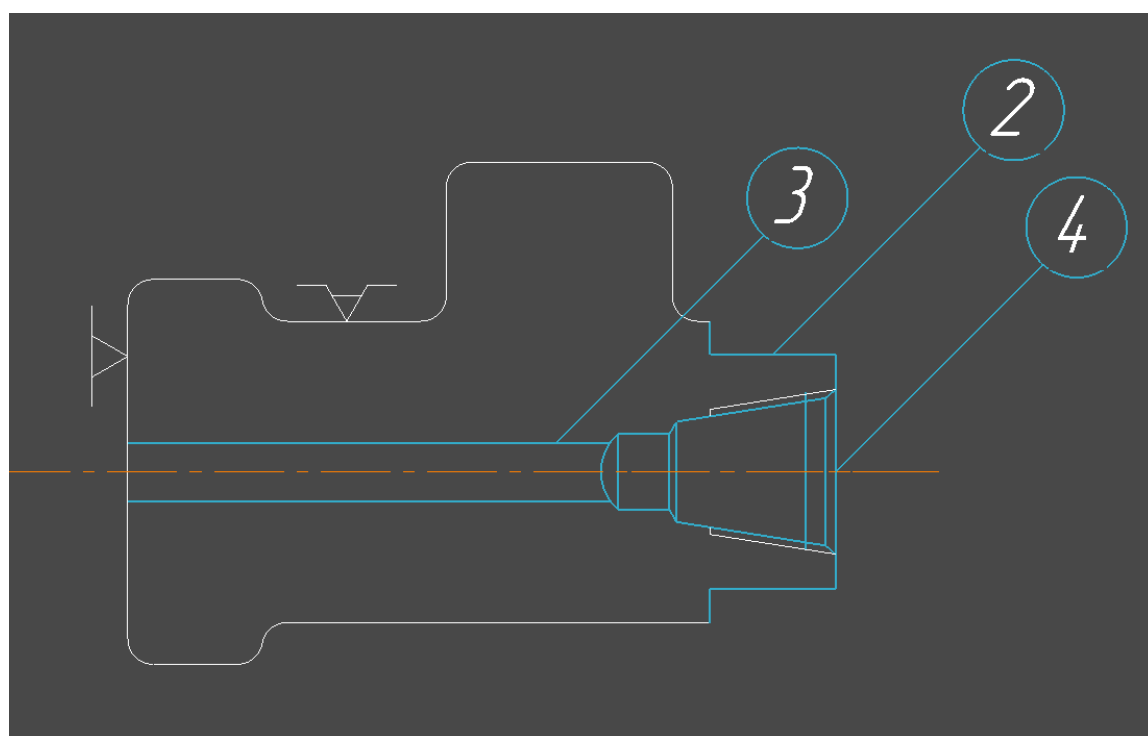
Цей етап буде складатись з таких операцій:

- 1) обточування торця.
- 2) свердління отвору діаметром 7 мм.
- 3) розточування цього отвору до 10 мм.
- 4) нарізання трубним конічним метчиком.

Деталь надійно закріплюється в трикулачковому патроні токарного верстата та ретельно центрується для забезпечення точної обробки. Першим етапом виконується обточування торця (2), під час якого токарний різець підводиться до торцевої поверхні деталі, а потім здійснюється чистове обточування, що забезпечує отримання рівної площини відповідно до необхідного 14 квалітету точності.

Далі проводиться свердління отвору (3) діаметром 7 мм. У шпиндель встановлюється свердло відповідного розміру, після чого здійснюється свердління на задану глибину 84 мм із дотриманням оптимальних режимів різання та використанням мастильно-охолоджувальної рідини. Після цього виконується розточування отвору (3) до діаметра 10 мм за допомогою розточного різця. Операція виконується поступово, із точним контролем діаметра штангенциркулем або нутрометром, забезпечуючи необхідний 14 квалітет точності.

На завершальному етапі виконується нарізання трубного кінцевого різьблення (4) за допомогою спеціального мітчика, який закріплюється в патроні або тримачі. Нарізання здійснюється в обертовому режимі з обов'язковим використанням мастила для зменшення тертя та поліпшення якості різьби. Отримані різбові поверхні контролюються калібром або пробною гайкою, після чого проводиться зняття задилок та очищення деталі, що завершує процес обробки.



Рис

. 3.2 Перша токарна обробка заготовки

3.2.3 Третя операція - друга токарна операція

Цей етап буде складатись з таких операцій:

- 1) Свердління отвору Ø15 мм
- 2) Свердління отвору Ø20 мм
- 3) Розточування отвору до Ø24 мм
- 4) Вирізання канавки
- 5) Обточування торця
- 6) Нарізання різьби М42

7) Розточування фасок

Деталь надійно закріплюється в трикулачковому самоцентруючому патроні токарного верстата, після чого виконується свердління отвору (5) діаметром 15 мм. Для цього встановлюється свердло відповідного діаметра, а свердління здійснюється на оптимальних режимах різання. Після цього проводиться наступне свердління отвору (5) діаметром 20 мм, яке розширює попередній отвір, забезпечуючи необхідну глибину та концентричність. Далі встановлюється розточний різець, яким отвір (5) розточується до діаметра 24 мм, при цьому контролюється його точність за допомогою нутрометра.

Наступним етапом є вирізання канавки (6) спеціальним канавочним різцем відповідного розміру. Ця операція виконується з точним дотриманням заданої глибини та ширини, а отримані розміри перевіряються штангенциркулем. Після цього проводиться обточування торця (7) виробу, під час якого знімається надлишковий матеріал для отримання рівної та чистої поверхні відповідно до заданого 14 квалітету точності.

Далі виконується нарізання метричної різьби М42 (7) за допомогою різбового різця. Операція здійснюється в кілька проходів, з ретельним контролем глибини профілю різьби, при цьому використовуються відповідні режими різання для запобігання задиркам та деформаціям. Після завершення різьблення проводиться розточування фасок фасковим різцем або зенкером під заданим кутом, що забезпечує плавний перехід між поверхнями та полегшує подальший монтаж деталі. Наприкінці всі розміри перевіряються, проводиться зняття задирок і очищення поверхонь, після чого деталь готова до подальшого використання.

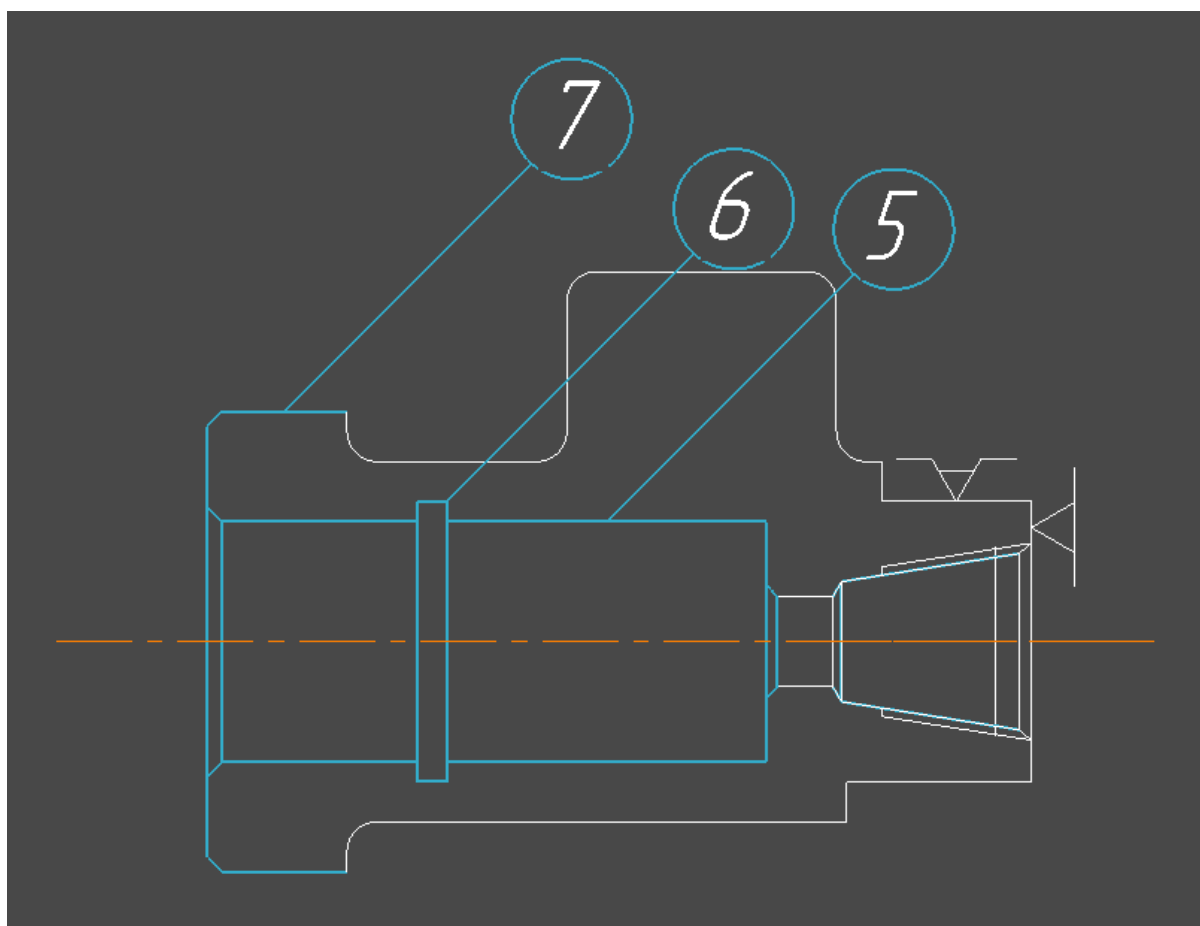


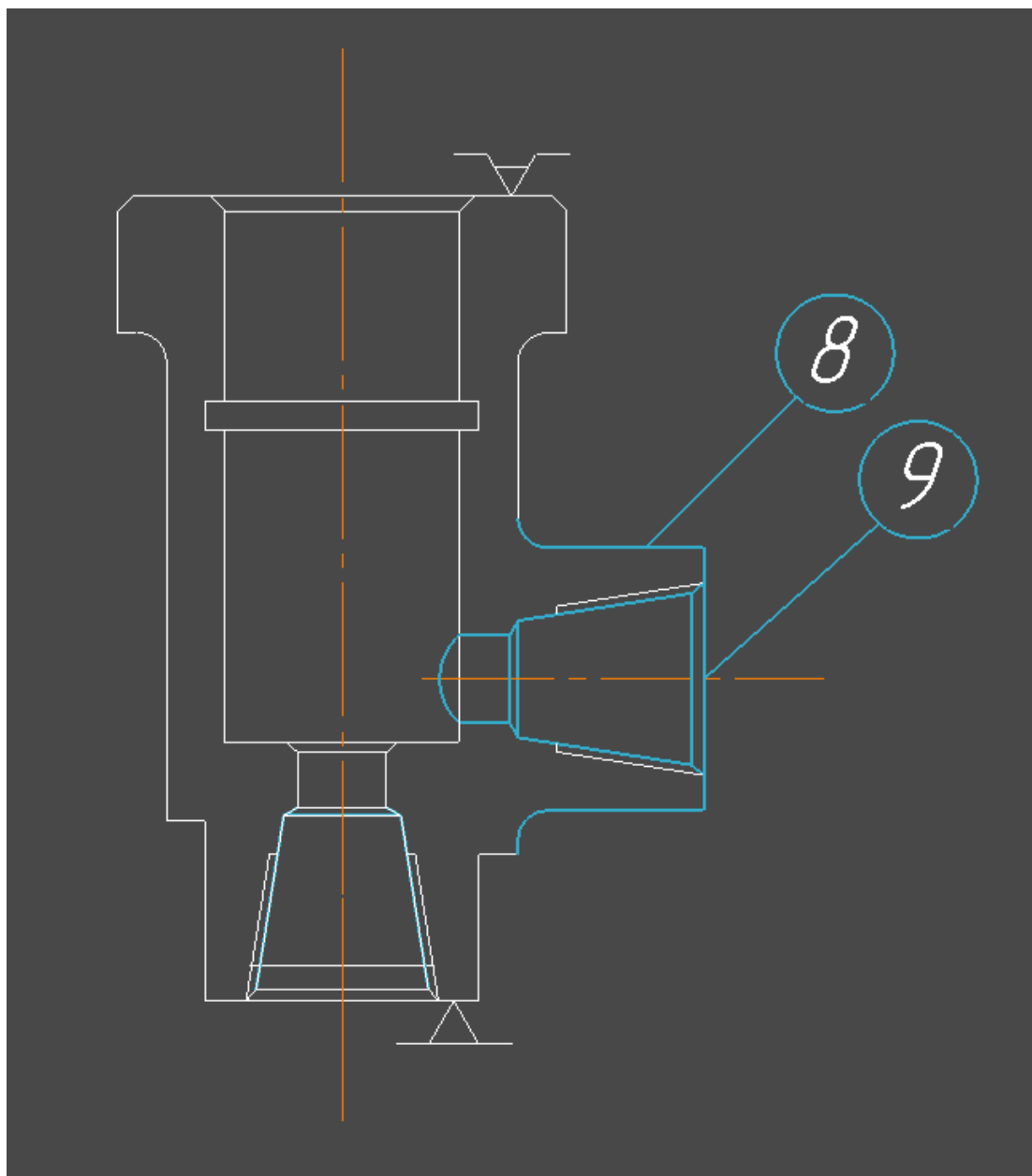
Рис. 3.3 Друга токарна обробка заготовки

3.2.4 Четверта операція - третя токарна операція.

Деталь надійно закріплюється в двокулачковому патроні токарного верстата та ретельно центрується для забезпечення точної обробки. Першим етапом виконується обточування торця, під час якого токарний різець підводиться до торцевої поверхні деталі, після чого здійснюється чистове обточування, що забезпечує отримання рівної площини відповідно до необхідного квалітету точності.

Далі проводиться свердління отвору діаметром 7 мм. У шпиндель встановлюється свердло відповідного розміру, після чого здійснюється свердління на задану глибину із дотриманням оптимальних режимів різання та використання мастильно-охолоджувальної рідини. Після цього виконується розточування отвору до діаметра 10 мм за допомогою розточного різця або зенкера. Операція виконується поступово, із точним контролем діаметра штангенциркулем або нутрометром, забезпечуючи необхідну точність.

На завершальному етапі виконується нарізання різьби за допомогою мітчика, який закріплюється в патроні або тримачі. Нарізання здійснюється в обертовому режимі з обов'язковим використанням мастила для зменшення тертя та покращення якості різьби. Отримані різьбові поверхні контролюються калібром або пробною гайкою, після чого проводиться зняття задилок та очищення деталі, що завершує процес



обробки.

Рис. 3.4 Третя токарна обробка заготовки

3.3 Вибір обладнання та інструментів

Операційний технологічний процес виготовлення деталі передбачає послідовне виконання механічних операцій, що забезпечують отримання необхідних геометричних параметрів, точності обробки та якості поверхонь. Основна мета операційного процесу – забезпечення ефективного використання верстатного обладнання, оптимізація витрат часу та досягнення необхідних експлуатаційних характеристик деталі. У випадку корпусу, що розглядається в даній роботі, технологічний процес включає токарні, свердлильні та нарізні операції, виконані на відповідних верстатах із застосуванням спеціалізованих інструментів.

Вибір інструментів та режимів різання

Для виконання операцій використовуються:

- Розточний різець T15K6 (рис. 3.5) – для чорнового та чистового точіння.
- Канавочний різець для внутрішньої обробки T15K6 (рис 3.6) – для виточення канавки.
- Свердла спіральні по металу P6M5 (рис. 3.7) – для виконання попереднього отвору.
- Торцевий різець P18 (рис. 3.8) – для витачування торців.
- Різьбовий різець SER (рис.3.9) – для нарізання різьби M42.
- Мітчик (рис. 3.10) – для виконання різьбових з'єднань.



Рис. 3.5 Розточний різець T15K6



Рис. 3.6 Канавочний різець для внутрішньої обробки T15K6



Рис. 3.7 Свердло спіральне для металлу



Рис. 3.8 Торцевий різець P18



Рис. 3.9 Різьбовий різець SER



Рис. 3.10 Мітчик

Проектування операційного процесу дозволяє забезпечити точне та ефективне виготовлення корпусу, оптимізувати витрати часу та підвищити якість продукції. Завдяки ретельному вибору послідовності технологічних

операцій досягається висока точність і відповідність усім вимогам конструкторської документації.

3.4 Короткий опис вибору верстатного обладнання

Для виконання всіх технологічних операцій було обрано токарні верстати з двокулачковими патронами, що забезпечують жорстке та надійне закріплення заготовки під час обробки.

Основними критеріями вибору верстатного обладнання є:

- Жорсткість конструкції – забезпечує відсутність вібрацій під час обробки, що підвищує точність виготовлення деталі.
- Можливість виконання кількох операцій на одному верстаті – дозволяє зменшити кількість переналагоджень та підвищити ефективність виробничого процесу.
- Автоматизація та ЧПК-керування – сучасні верстати оснащені числовим програмним керуванням (ЧПК), що підвищує повторюваність розмірів та знижує ймовірність похибок.
- Сумісність із застосовуваними інструментами – верстати повинні бути адаптовані для використання торцевих, розточувальних і різьбових різців, а також спіральних свердел.

Обране верстатне обладнання ЧПК 16K20ФЗ– дозволяє виконувати точні операції з високою продуктивністю та автоматизацією процесу, що значно скорочує витрати часу на обробку.

Завдяки ретельно підбраному верстатному обладнанню та інструментам забезпечується висока точність виготовлення корпусу, зниження витрат матеріалу та підвищення продуктивності виробництва. Використання сучасних верстатів дозволяє досягти стабільної якості деталей та оптимізувати виробничий процес.

Розділ 4. Розрахунок припусків та технологічних переходів

4.1 Обробка внутрішньої циліндричної поверхні Ø24

Початковий стан заготовки має досить великі допуски та відхилення розмірів, що не відповідають вимогам до чистової поверхні. Тому обробка цієї поверхні здійснюється у два етапи.

1. Напівчистове розточування.

На першому етапі виконується напівчистове розточування, за допомогою якого значно зменшується початковий припуск. При цьому формується базова геометрія отвору з дещо покращеними показниками точності, але вона ще не відповідає остаточним вимогам. Цей етап готує поверхню до подальшої обробки.

2. Чистове розточування.

Після напівчистового розточування здійснюється чистова обробка, яка забезпечує досягнення необхідного номінального розміру, допуску та якості поверхні. На цьому етапі знімається мінімальна кількість матеріалу, що дозволяє досягти високої точності та чистоти обробки.

Завдяки двоступеневій обробці забезпечується плавне зменшення припуску та гарантоване дотримання заданого допуску.

(Kosilova_P2_1986_496. – Технологія машинобудування. Том 2. Київ, 1986.)

Таблиця 4

Данні для обробки поверхні Ø24h7

1	2	3	4	5	6	7	8
	припуск, мм	розрахунковий розмір, мм	допуск, мкм	розмір, мм		заготовка	
				d max	d min	z min	z max
заготовка		22	520	22,52	21,48		
розточування напівчистове	1,2	23,2	084	23,284	23,116	0,764	1,636
розточування чистове	0,8	24	021	24,021	23,979	0,737	0,863

Аналогічно до попереднього прикладу, торцева поверхня також

обробляється у два етапи.

1. Напівчистове підрізання торця.

Заготовка має значне відхилення розмірів, тому першочергово виконується підрізання торця з більшим припуском. На цьому етапі формується загальний контур торця та усуваються основні похибки поверхні після лиття або ковки.

2. Чистове підрізання торця.

На другому етапі знімається тонкий шар матеріалу, завдяки чому досягається необхідна точність розмірів і якість поверхні. Всі нерівності, які залишилися після попереднього етапу, усуваються саме на цій стадії.

Обробка виконується послідовно, з урахуванням зменшення припуску на кожному етапі, що дозволяє ефективно досягти вимог до геометрії та шорсткості поверхні.

Таблиця 5

Данні для обробки поверхні Ø84

1	2	3	4	5	6	7	8
	припуск, мм	расчетный размер, мм	допуск, мкм	размер, мм		заготовка	
				d max	d min	min	max
заготовка		87	3500	90,5	83,5		
підрізка торцю напівчистове	2	85	870	85,87	84,13	0,63	4,63
підрізка торцю чистове	1	84	350	84,35	83,65	0,48	1,52

4.2 Розрахунок режиму різання

Розрахунок режиму різання виконується для забезпечення ефективної та безпечної обробки поверхні, з урахуванням параметрів інструмента, матеріалу заготовки та вимог до якості поверхні.

У цьому випадку мова йде про чистову обробку внутрішньої циліндричної поверхні з посадкою h7, що потребує високої точності. Для визначення оптимального режиму обробки враховуються такі параметри, як швидкість різання, подача, глибина різання та тривалість інструменту.

Основна формула для розрахунку частоти обертання виглядає так:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v \quad (4.1)$$

C_v , m , x , y - константи;

T - середнє значення стійкості при одноінструментальній обробці;

t - глибина різання;

s - подача на оберт;

K_v - поправочний коефіцієнт на режими різання;

Спочатку розраховується поправочний коефіцієнт на режим різання. Він враховує такі значення, як:

$$K_{mv} - \text{поправка на матеріал заготовки}; K_{mv} = K_2 * \left(\frac{750}{\sigma_s}\right)^{n_v} = 1 * \left(\frac{750}{400}\right)^{-1} = 0,53 \quad (4.2)$$

K_g - коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю.

K_{pv} - поправка на положення інструмента.

K_{iv} - поправка на інструмент.

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} = 1,875 \times 1 \times 1 = 1,875 \quad (4.3)$$

Підставляючи необхідні значення у формулу, отримують кількість обертів шпинделя, яка дозволить забезпечити необхідну швидкість різання.

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v = \frac{350}{45^{0,2} * 0,8^{0,15} * 0,51^{0,35}} \times 0,53 = 113,39 \text{ м/хв} \quad (4.4)$$

Після врахування усіх параметрів визначають оптимальні режими обробки, які дозволяють досягти необхідної точності та чистоти поверхні без перевантаження ріжучого інструмента або втрати його ресурсу.

Також варто визначити кількість обертів шпинделя, що зможе забезпечити таку швидкість для обробки. Використовуємо формулу x .

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} \quad (4.5)$$

де:

1. v — швидкість різання, м/хв (метрів за хвилину);
2. d — діаметр ріжучого інструмента або заготовки, мм;
3. $\pi \approx 3.1416$

Тепер підставимо значення у формулу:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 113}{3,14 * 24} = 1499 \text{ об/хв}$$

4.3 Розрахунок сили різання:

Розрахунок сили різання є необхідним етапом у плануванні процесу механічної обробки, оскільки він забезпечує ефективну, точну та безпечну роботу як ріжучого інструмента, так і всього обладнання. Значення цієї сили впливає на багато аспектів виробничого процесу. Вона визначає, які режими різання можуть бути застосовані, зокрема швидкість, подача та глибина різання, а також дозволяє підібрати оптимальний тип і матеріал інструмента.

Завдяки розрахунку сили різання можна уникнути передчасного зношування інструменту, зламів або перегріву, що підвищує його довговічність і знижує витрати на обслуговування. Крім того, це дозволяє зменшити ймовірність виникнення вібрацій та деформацій як самого інструмента, так і заготовки, що є критично важливим для збереження точності обробки й забезпечення високої якості поверхні.

Ще одним важливим аспектом є оцінка здатності верстата витримувати навантаження, яке виникає під час обробки. Якщо сила різання перевищує допустимі значення, це може призвести до перевантаження обладнання або його виходу з ладу. Крім того, розрахунок допомагає правильно організувати систему кріплення заготовки, адже від сили різання залежить, наскільки надійно вона повинна бути зафіксована, щоб уникнути зміщення або вібрацій під час обробки.

У результаті правильний розрахунок сили різання дозволяє забезпечити точність розмірів, належну якість поверхні, економічність виробництва та безперебійну роботу всього технологічного процесу.

$$P_{xyz} = 10 C_p t^x s^y v^n K_{pxyz} \quad (4.6)$$

Для цього розрахунку визначаються коефіцієнти та показники степеней для складових формул тангенціальної, радіальної та осьової сили, далі P_x , P_y , P_z відповідно. Для визначення сили різання використовується загальна емпірична формула, що враховує геометричні та фізичні характеристики процесу обробки. Вона має вигляд:

$$K_{pxyz} = K_{mp} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} \quad (4.7)$$

$$K_{pz} = K_{mp} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0.75} * 1,08 * 1,15 * 1 * 0,9 = 0,7$$

$$K_{py} = K_{mp} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0.75} * 0,44 * 1,6 * 1,25 * 0,75 = 0,4$$

$$K_{px} = K_{mp} * K_{\phi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0.75} * 1,82 * 1,7 * 0,85 * 1 = 1,64$$

Після визначення усіх необхідних коефіцієнтів, можемо перейти до обчислення складових сили різання: тангенціальної (P_x), радіальної (P_y) та осьової (P_z).

$$P_{xyz} = 10 C_p t^x s^y v^n K_{pxyz} \quad (4.8)$$

$$P_x = 10 C_p t^x s^y v^n K_{px} = 10 * 67 * 0,4^{1,2} * 0,51^{0,65} * 113,39^0 * 1,64 = 236,22$$

$$P_y = 10 C_p t^x s^y v^n K_{py} = 10 * 125 * 0,4^{0,9} * 0,51^{0,75} * 113,39^0 * 0,4 = 132,28$$

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_{pz} = 10 * 200 * 0,4^1 * 0,51^{0,75} * 113,39^0 * 0,7 = 337,96$$

Таким чином, отримані значення складових сили різання дозволяють оцінити навантаження на інструмент та оброблювану деталь. Це є важливою складовою підбору режимів різання та забезпечення стабільного процесу обробки. (Kosilova_P2_1986_496. – Технологія машинобудування. Том 2. Київ, 1986.)

4.4 Розрахунок ріжучого інструмента

Формула, яка описує співвідношення між прикладеною силою та прогином, використовується для оцінки жорсткості конструкції або матеріалу. Вона дозволяє визначити, наскільки сильно об'єкт опирається деформації під дією навантаження. У загальному вигляді ця залежність записується як:

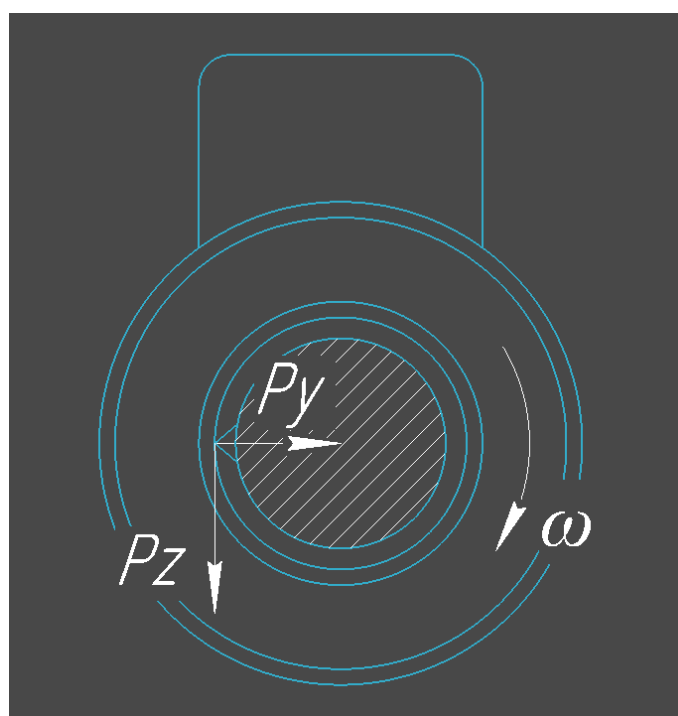
$$k = \frac{F}{\delta} \quad (4.9)$$

де F – прикладена сила, δ – прогин.

1. Прогин (Максимальний прогин при різних видах навантаження),

Ця формула дозволяє визначити, наскільки сильно вигинається балка під дією рівномірно розподіленого навантаження.

$$\delta_{max} = \frac{5qL^4}{3EI} \quad (4.10)$$



Рисунок

2. Момент інерції перерізу

Це формула для обчислення моменту інерції круглого перерізу. Момент інерції показує, наскільки добре поперечний переріз чинить опір вигину. Чим він більший — тим жорсткіша балка.

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \text{ (для круглого перерізу)} \quad (4.11)$$

q – рівномірно розподілене навантаження (Н/м), тобто сила, яка діє на одиницю довжини балки.

Ця формула використовується для обчислення навантаження, яке рівномірно розподіляється по довжині балки. Вона дозволяє визначити, яка частина сили припадає на кожен метр балки.

$$q = \frac{F}{L} \quad (4.12)$$

де F – загальна сила (Н), а L – довжина.

Це обчислення загальної сили, яка складається з двох компонент (наприклад, по горизонталі та вертикалі).

Метод використовується для отримання сумарної (результируючої) сили, яка потім підставляється у попередні формули.

$$P_{\text{різ}} = \sqrt{\square}$$

$$L = 56 + 5 = 61 \text{ мм} \quad (0.061 \text{ м})$$

E – модуль пружності (Юнга) – визначає жорсткість матеріалу при розтягуванні/стисканні.

Вимірюється в Паскалях (Па, Н/м²).

Для твердосплавного матеріалу Т15К6 модуль Юнга становить:

$$E \approx 5,5 \dots 6,5 \times 10^{11} \text{ Па}$$

Це означає, що матеріал має високу жорсткість, що характерно для твердих сплавів на основі карбіду вольфраму.

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,14 * 0,020^4}{64} = 7,9 * 10^{-9} \text{ м} \quad (4.14)$$

$$\delta_{\text{max}} = \frac{P_{\text{різ}} L^3}{3EI} = \frac{363 * 0.061^3}{3 * 6,5 * 10^{11} * 7,9 * 10^{-9}} = 10,3 * 10^{-6} \quad (4.15)$$

Отримане значення прогину становить $\delta_{\text{max}} = 10,3 * 10^{-6}$ що є надзвичайно малим. Це свідчить про достатню жорсткість системи, а також про те, що конструкція здатна витримувати навантаження під час обробки без суттєвих деформацій. Отже, умови точності та стабільності технологічного процесу виконуються.

Розділ 5. Охорона праці та безпека в умовах виробництва

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

У машинобудівному виробництві, особливо в умовах металообробних дільниць, працівники зазнають впливу значної кількості виробничих факторів, які можуть становити небезпеку для їхнього життя, здоров'я та працездатності. Це середовище вимагає високої концентрації уваги, координації рухів, роботи з важким устаткуванням, гострим інструментом, високотемпературними зонами та джерелами електричної енергії.

Усі виробничі фактори поділяються на небезпечні — ті, що можуть призвести до раптової травми чи загибелі, та шкідливі — ті, які не викликають миттєвого ураження, але поступово впливають на організм людини, знижуючи її функціональні можливості.

У контексті виготовлення корпусної деталі на токарно-механічній дільниці найбільш типовими і значущими є такі фактори:

1. Рухомі частини обладнання (механічна небезпека)

Під час обробки корпусу на токарному або фрезерному верстаті виникає постійний контакт із обертовими частинами — патронами, шпинделями, різцями, свердлами. Якщо працівник нехтує правилами техніки безпеки (наприклад, працює без огорожень або з незакріпленою заготовкою), є ризик потрапляння одягу, волосся, рук у зону обертання. Це може призвести до травмування кінцівок, а іноді — навіть до смертельного випадку.

Окрім того, при обробці великих деталей — таких як корпус — ускладнюється контроль рівномірності обертання, балансування, що підвищує ризик зсуву заготовки або її виривання з патрона.

2. Металеві стружки та їх ураження

Під час механічної обробки утворюється велика кількість гарячої, гострої та довгої стружки (особливо при обробці сталі). Вона має високу температуру, може розлітатися в різні боки на великій швидкості й потрапляти в очі, на шкіру або в одяг. Порізи від стружки, опіки, ураження очей — типові травми на виробництві.

Особливо небезпечною є довга безперервна спіральна стружка — її необхідно вчасно прибирати, інакше вона може намотуватись на інструмент або заготовлю, викликаючи аварійну ситуацію.

3. Небезпека від падіння та перекидання важких заготовок

Корпусні деталі мають чималу масу. Їх переміщення вручну або за допомогою тельферів, кран-балок, кранів вимагає строгої координації дій. Порушення правил підйому і переміщення тягарів може призвести до травм спини, вивихів, розтягнень, а у випадку падіння заготовки — до важких ушкоджень ніг або грудної клітки.

Також існує ризик защемлення пальців між деталлю і елементами верстата при неправильному встановленні або зміщенні центра маси заготовки.

4. Надмірний рівень шуму

Механічна обробка металів супроводжується інтенсивним акустичним впливом. Джерелами шуму є не лише обертальні частини верстата, але й процес різання, вібрації, падіння металу, пневматичні пристрої, компресори тощо. Постійна дія шуму понад 80–85 дБ викликає головний біль, втому, порушення сну, а з часом — професійні втрати слуху. На практиці шум на виробництві часто перевищує навіть 95 дБ.

5. Вібрації та мікровібрації

Тривала робота з ручним інструментом, а також на зношеному верстатному обладнанні викликає вібраційне навантаження. Воно передається через руки та тулуб, впливаючи на нервову та опорно-рухову системи. Результатом стає вібраційна хвороба, судинні спазми, зниження чутливості пальців і кистей.

6. Удари, падіння, ковзання

У виробничому цеху існує ризик зіткнення з елементами обладнання, торкання гострих кутів деталей, падіння через слизькі підлоги, розлиту МОР або скупчення стружки. Нерідко працівники ковзають на маслянистій поверхні, отримуючи удари, забої, переломи.

7. Електричне ураження

Усі верстати працюють від електромережі, часто під напругою 380 В. При порушенні ізоляції проводів, відсутності заземлення, несправності електрошаф або відкритих контактів виникає пряма загроза ураження електричним струмом. Особливо небезпечно це у вологому середовищі — наприклад, у присутності охолоджувальної рідини.

8. Хімічне забруднення повітря (МОР, аерозолі, випаровування)

Під час обробки застосовуються мастильно-охолоджувальні рідини, що

містять мінеральні оливи, присадки, інгібітори корозії. При нагріванні вони утворюють аерозольний туман, який працівник вдихає. Це викликає подразнення слизової, алергії, бронхіти та зниження легеневої функції при тривалому впливі.

9. Недостатнє або неправильне освітлення

Недостатній рівень освітлення призводить до перенапруження зору, уповільнення реакцій оператора, помилок у вимірюваннях. При чистовій обробці або контролі геометрії точність візуального сприйняття критично важлива. Крім того, погане освітлення підвищує ризик потрапляння частин тіла в зону дії ріжучого інструменту.

10. Психофізіологічне навантаження

Механічна обробка вимагає концентрації уваги, особливо коли мова йде про точне базування або обробку до мікронних допусків. При постійному емоційному напруженні та монотонній роботі спостерігається втома, зниження швидкості реакції, ризик помилок. Це може призвести до аварійної ситуації, навіть якщо всі інші фактори контрольовані.

5.2 Заходи безпеки при роботі на верстатах

Безпека праці на металообробних дільницях безпосередньо пов'язана з організацією роботи на верстатах. У процесі обробки корпусних деталей, що мають складну геометрію, великі габарити та вагу, оператор постійно взаємодіє з обертовими, рухомими, гострими та нагрітими елементами обладнання. Тому заходи безпеки мають бути спрямовані на усунення або мінімізацію основних ризиків.

Технічні засоби захисту

Основною категорією профілактики травматизму є конструктивні елементи безпеки на самих верстатах. До них належать:

- захисні кожухи та екрани, які закривають патрон, різальний інструмент або частину зони обробки. Вони запобігають потраплянню рук або сторонніх предметів у небезпечну зону;
- блокувальні пристрої — вимикачі, які не дозволяють вмикати обладнання при відкритому кожусі або при відсутності заготовки. Сучасні ЧПК-верстати часто мають вбудовані системи автоматичного блокування;
- аварійні кнопки (грибки), розміщені в межах досяжності оператора, що

дозволяють миттєво зупинити верстат у разі нештатної ситуації;

– системи гальмування шпинделя, які швидко зупиняють обертання після завершення операції;

– індикатори роботи обладнання (світлові та звукові), що сигналізують про запуск, обертання шпинделя, аварійні стани.

Організаційні заходи

Незалежно від технічної досконалості обладнання, рівень безпеки значною мірою залежить від дій оператора. З цією метою впроваджуються наступні правила організації робочого процесу:

1. Проходження інструктажів — усі працівники зобов'язані проходити первинний, повторний, цільовий і позаплановий інструктаж з охорони праці. Їх проведення фіксується у спеціальному журналі, підписується майстром та працівником.
2. Дотримання техніки безпеки — забороняється працювати без спецодягу, зніматись із місця без вимкнення верстата, залишати працююче обладнання без нагляду, запускати верстат з незакріпленою заготовкою, працювати з пошкодженим інструментом або патроном.
3. Регулярне технічне обслуговування обладнання — передбачає планову перевірку справності електроізоляції, заземлення, огляд елементів кріплення, мастила, стану систем охолодження та вентиляції верстата.
4. Чистота та порядок на робочому місці — видалення стружки, відпрацьованої МОР, мастила, уламків матеріалу. Захаращене робоче місце є прямою причиною падінь, ковзання, пожеж.
5. Контроль за станом інструменту — використання тупих, пошкоджених або невідповідних інструментів підвищує ризик поломки, викиду заготовки, загоряння або перекоосу.

Правила поводження із заготовками

Оскільки корпусна деталь може мати значну вагу й складну форму, обов'язковими є:

- використання підйимально-транспортних засобів для переміщення заготовок (тельфери, кран-балки, візки);
- використання спеціальних лещат, призм або патронів для фіксації корпусу під час обробки;
- контроль центру ваги та симетрії установки, аби запобігти вириванню деталі з патрона на високих обертах.

Вимоги до робочої зони

Робоче місце токаря або оператора ЧПК має бути:

- добре освітленим (не менше 300 лк);
- обладнаним витяжною вентиляцією або локальною аспірацією для видалення аерозолів МОР;
- забезпеченим гумовими протиковзкими килимками або решітками під ногами;
- вільним від сторонніх предметів, які можуть бути втягнуті в зону обертання.

5.4 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

У машинобудівному виробництві, зокрема при обробці корпусних деталей на токарно-механічних дільницях, використання засобів індивідуального захисту є не просто вимогою нормативної бази, а реальним засобом збереження здоров'я працівників. На таких дільницях присутні численні шкідливі та небезпечні фактори — механічні ураження, термічні опіки, хімічні речовини, надмірний шум, вібрації та інші. Відповідно, кожен працівник, задіяний у виробничому процесі, має бути оснащений індивідуальними засобами захисту відповідно до характеру робіт.

У першу чергу важливо забезпечити захист голови та обличчя. Під час обробки корпусів з металу утворюється стружка — іноді дрібна, іноді довга і спіралеподібна. Вона може відлітати з великою швидкістю, а також бути розпеченою. Очі працівника залишаються в зоні ризику навіть при дотриманні дистанції. Саме тому необхідно використовувати захисні окуляри з міцного прозорого матеріалу, який не тріскається при зіткненні зі стружкою. Для додаткового захисту, особливо в умовах інтенсивного пиловиділення чи при фрезеруванні, доцільне застосування лицевих щитків.

Спецодяг також виконує важливу функцію — захист шкіри від термічного, механічного або хімічного ураження. Робочий костюм повинен щільно прилягати до тіла, не мати звисаючих елементів, бути виготовленим із тканини, стійкої до займання й розривів. Особливо це актуально під час обробки деталей з використанням мастильно-охолоджувальних рідин або при роботі зі швидко обертовим шпинделем. У деяких випадках — наприклад, при чистовій обробці габаритних корпусів — застосовують додаткові фартухи зі шкіри для захисту грудей і живота від стружки чи ударів.

Ще одним критичним елементом є захисне взуття. В умовах, коли

працівник має справу з важкими металевими корпусами, падіння заготовки на стопу може призвести до серйозної травми. Саме тому взуття повинно мати жорсткий носок, здатний витримати удар, а також нековзну підошву, щоб уникнути падіння на мастильній або мокрій підлозі.

Руки — найбільш вразлива частина тіла при механічній обробці. Їхнє ураження — найпоширеніший тип виробничих травм. Під час завантаження або перенесення корпусів працівник має використовувати щільні рукавиці, бажано з шкіряною вставкою. Проте варто пам'ятати, що безпосередньо під час роботи на верстаті — особливо при контакті з обертовими частинами — використання рукавиць категорично заборонено, адже є ризик їх затягування в зону різання.

Шумове навантаження в цехах часто перевищує допустимі рівні. Постійне перебування в такому середовищі без відповідного захисту поступово призводить до порушення слуху. Для захисту від цього фактора застосовуються беруші або протишумові навушники. Їх вибір залежить від рівня звукового тиску та тривалості зміни. При одночасній роботі кількох верстатів навушники забезпечують кращий захист, ніж внутрішні вставки.

Органи дихання також перебувають під загрозою, особливо при роботі з мастильно-охолоджувальними рідинами, які при перегріванні випаровуються або утворюють аерозоль. Якщо в цеху немає ефективної витяжної вентиляції, працівник вдихає ці речовини постійно, що з часом негативно впливає на легені. У таких випадках обов'язковим є використання респіраторів, які фільтрують як механічні частинки, так і газоподібні речовини.

У деяких ситуаціях, коли обробка корпусів відбувається в зоні пересування кранів або підйомних механізмів, працівник повинен бути забезпечений каскою. Це особливо актуально при підйомі корпусу до рівня верстатного столу, коли навіть незначне зісковзування заготовки або тросів може призвести до травмування голови.

Додатково можуть використовуватись антивібраційні устілки, наколінники для роботи в низьких положеннях, спеціальні килимки під ноги для зменшення навантаження на суглоби при тривалому стоянні. Також рекомендоване використання захисних кремів, які створюють бар'єр на шкірі рук — зменшуючи проникнення агресивних речовин і полегшуючи очищення після зміни.

Таким чином, засоби індивідуального захисту — це не просто формальна вимога, а практичний інструмент збереження здоров'я працівника. Усі вони мають відповідати типу виконуваних робіт, умовам виробничого

середовища й особливостям технологічного процесу. Впровадження та контроль використання ЗІЗ на ділянках обробки корпусних деталей — одна з основних складових ефективної системи охорони праці.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі було виконано повний цикл технологічно-конструкторської підготовки виготовлення корпусної деталі, що застосовується у гідروпневматичних системах. Теоретичне дослідження включало аналіз конструкції, класифікацію корпусних деталей, вимоги до точності, шорсткості та методи виготовлення заготовок. Практична частина охоплювала проектування заготовки, побудову технологічного маршруту обробки, вибір обладнання, інструменту, режимів різання та виконання необхідних розрахунків.

У процесі роботи проведено техніко-економічне обґрунтування вибору гарячого відкритого штампування як способу отримання заготовки та обґрунтовано застосування сталі СтЗкп завдяки її добрим механічним і технологічним властивостям. Розроблений технологічний процес враховує вимоги до точності, базування та послідовності обробки, а також мінімізує похибки й втрати часу в умовах серійного виробництва.

Проаналізовані джерела та нормативно-технічна документація дозволили сформулювати об'єктивну методичну основу для проектування процесу. Власні розрахунки підтвердили ефективність обраних параметрів обробки та раціональність запропонованих рішень.

У результаті роботи сформульовано такі пропозиції:

- Використання заготовки, отриманої методом гарячого штампування, забезпечує зниження витрат на обробку та підвищення точності;
- Впровадження розробленого технологічного процесу дозволяє скоротити виробничий цикл і забезпечити стабільну якість продукції;
- Рекомендовано застосування верстатів з ЧПУ (зокрема 16K20Ф3) для підвищення точності та автоматизації обробки корпусних деталей.

Розроблена технологія може бути впроваджена на підприємствах машинобудівної галузі для підвищення ефективності виготовлення відповідальних деталей корпусного типу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 10902-77
2. *Справочное пособие по назначению операционных припусков на механическую обработку табличным методом*, Київ, 2012.
3. Kosilova_P2_1986_496. – Технологія машинобудування. Том 2. Київ, 1986.
4. ГОСТ 18882-73
5. ГОСТ 18885-73
6. Приходько В.П. *Розроблення та розрахунок конструкцій верстатних пристроїв*. Метод. матеріали. – ХНТУ, 2020.
7. ГОСТ 18871-73
8. Косілова І.І., Мещеряков Ю.П. *Довідник технолога-машинобудівника*. – К.: Вища школа, 2009.
9. ГОСТ 18885-73