

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

---

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

---

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

---

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня  
**бакалавр**

---

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення  
деталі "Фланець ОЛВ 52.11".

---

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МП-41  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)

---

	<hr/> <small>(підпис)</small>	<u>Безкоровайний Д.О.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Керівник	<hr/> <small>(підпис)</small>	<u>Васильків В.В.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Нормоконтроль	<hr/> <small>(підпис)</small>	<u>Дячун А.Є.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Завідувач кафедри	<hr/> <small>(підпис)</small>	<u>Окіпний І.Б.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Рецензент	<hr/> <small>(підпис)</small>	<hr/> <small>(прізвище та ініціали)</small>

Тернопіль

2026

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Окіпний І.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2026 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 "Прикладна механіка"  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Безкоровайному Дмитру Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення  
деталі "Фланець ОЛВ 52.11"

Керівник роботи Васильків Василь Васильович, доктор технічних наук, професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » 01 2026 року № 4/9 -26

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, інформація про технологічні можливості машинобудівного підприємства (перелік устаткування тощо), дрібносерійний тип виробництва

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Розробити ТП виготовлення деталі та вибрати необхідне спорядження.
2. Розробити ескізи операцій
3. Вибрати пристосування для контролю торцевого биття
4. Розробити схему наладки
5. Визначити показники кількості засобів пожежогашіння для розміщення на ділянці виготовлення фланця та виконати структуру заходів щодо обезпилення повітря на ділянці виготовлення деталі

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

1. Креслення заготовки – 1 лист А3,
2. Верстатно-інструментальна наладка – 2 листа А1;
- 3 Креслення калібра-скоби – 1 лист А4,
4. Креслення контрольного пристрою – 1 лист А1,
- 5 Креслення калібра-пробки – 1 лист А4
6. Креслення деталі – 1 лист А1

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Комар Р.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій		

7. Дата видачі завдання 22.01.2026

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Загально-технічна частина</i>	02.02.2026	
	<i>Технологічна частина</i>	14.22.2026	
	<i>Конструкторська частина</i>	09.03.2026	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	06.03.2026	
	<i>Виконання графічної частини</i>	14.05.2026	
	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	18.05.2026	
	<i>Подання роботи до кафедри та попередній захист</i>		
	<i>Захист бакалаврської роботи</i>	25.06.2026	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Безкоровайний Д.О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Васильків В.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Зміст кваліфікаційної роботи на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення фланця ОЛБ52.11 висвітлено у чотирьох розділах та додатках, а також проілюстровано графічним матеріалом. Загальний обсяг основної частини кваліфікаційної роботи – 70 сторінок формату А4. Графічний блок роботи охоплює 4,5 аркушів формату А1. У додатках подано специфікацію та комплект технологічної документації стосовно механічної обробки фланця: маршрутно-операційна карта, карта ескізів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення фланця ОЛВ 52.11, який би забезпечував відповідність вимогам технічної документації та умовам крупносерійного виробництва з урахуванням технологічних можливостей підприємства.

Для досягнення поставленої мети у роботі розглянуто: аналіз службового призначення та конструкції фланця; виконано оцінку його технологічності; проведено вибір та проектування заготовки; побудований маршрут механічної обробки; розраховано режими різання та пронормовано технологічні операції; виконано обґрунтування вибраної конструкції для контролю торцевого биття; а також описано заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності на ділянці виготовлення такого виробу.

Пояснювальна записка в основній частині містить 6 таблиць та перелік посилань з 29-ти одиниць.

Ключові слова: корпус, технологічний процес, універсально-складальне спорядження, механічне оброблення, інструмент, заготовка.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз службового призначення та конструкції фланця	9
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Фланець ОЛВ 52.11»	10
1.3 Аналіз хімічного складу та фізико-механічних властивостей сталі 34Cr4	14
1.4 Висновки до розділу та задачі розроблень	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Вибір способу отримання заготовки	18
2.2 Техніко – економічне обґрунтування вибору початкової заготовки	18
2.3 Проектування заготовки деталі «Фланець ОЛВ 52.11»	20
2.4 Структура технологічного маршруту виготовлення фланця та операцій	21
2.5 Обґрунтування вибору горизонтального двошпиндельного токарно-фрезерного оброблювального центру з контршпинделем Haas DS-30Y	26
2.6 Обґрунтування вибору вертикального оброблювального центру HAAS Mini Mill для послідовного свердління та зенкування 8-ми отворів	27
2.7 Опис технології виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» на операції 010	29
2.8 Базування та закріплення деталі на операції 010	31
2.9 Опис технології виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» на операції 015	32
2.10 Базування та закріплення деталі на операції 015	34
2.11 Контроль розмірів і параметрів якості	35
2.12 Розрахунок режимів різання та технічне нормування ТП	36
2.12.1 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø14,5H13 і зенкуванні фасок	36
2.12.2 Вибір інструменту та розрахунок режимів різання та нормування при точінні торцевих поверхонь	39

2.12.3 Розрахунок режимів різання при нарізанні внутрішньої гвинтової канавки	40
2.12.4 Розрахунок режимів різання при точінні шийки Ø 75k6	42
2.13 Висновки до розділу	44
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	46
3.1 Опис токарного гідравлічного трикулачкового патрону Kitagawa В-210	46
3.2 Цанговий затискний пристрій Kitagawa SS1452	47
3.2.1 Опис конструкції та принципу затиску	47
3.2.2 Розрахунок сили затиску заготовки цанговим патроном	48
3.3 Розрахунок та проектування калібра-пробки для контролю отвору Ø58,1 <sub>+0,05</sub> мм	50
3.4 Розрахунок та проектування калібра-скоби для контролю діаметра Ø207,9h12	52
3.5 Пристосування контрольне для перевірки торцевого биття	54
3.5.1 Опис конструкції та принципу роботи	54
3.5.2 Обґрунтування вибору індикатора годинникового типу ІЧ-02 кл. 1 ГОСТ 577-68	55
3.5.3 Розрахунок точності контрольного пристосування методом накопичення похибок	56
3.6 Висновки до розділу	58
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	59
4.1. Характеристика показників кількості та особливостей розміщення засобів пожежогасіння на ділянці виготовлення фланця	59
4.2 Структуризація заходів щодо обезпилення повітря на ділянці виготовлення деталі	62
4.3 Висновки до розділу	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
ДОДАТКИ	71

## ВСТУП

Сучасний розвиток машинобудування характеризується постійним підвищенням вимог до якості продукції, точності виготовлення деталей, продуктивності виробництва та ефективності використання матеріальних ресурсів. В умовах конкурентного ринку особливого значення набуває впровадження прогресивних технологічних процесів, сучасного високопродуктивного обладнання з числовим програмним керуванням, автоматизованих систем контролю та технологічного спорядження, що забезпечують стабільну якість продукції та зниження собівартості її виготовлення.

Одним із важливих напрямів удосконалення машинобудівного виробництва є розроблення раціональних технологічних процесів виготовлення відповідальних деталей машин і механізмів. Значна частина таких деталей належить до класу тіл обертання та містить складні конструктивні елементи, до яких висуваються підвищені вимоги щодо точності розмірів, взаємного розташування поверхонь та якості обробки.

Деталь «Фланець ОЛВ 52.11» є відповідальним елементом складального вузла, що забезпечує з'єднання суміжних деталей та передачу навантажень під час роботи механізму. Конструкція деталі містить посадочні циліндричні поверхні, центральний отвір підвищеної точності, систему кріпильних отворів та внутрішню гвинтову канавку, що обумовлює необхідність застосування сучасних методів механічної обробки та високоточного обладнання.

Актуальність роботи полягає у розробленні ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» із використанням сучасних токарно-фрезерних оброблювальних центрів з ЧПК, що дозволяють забезпечити необхідну точність обробки, скоротити тривалість виробничого циклу та підвищити продуктивність виготовлення.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11», який забезпечує виконання вимог

креслення щодо точності, шорсткості та взаємного розташування поверхонь при мінімальних витратах часу і ресурсів.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11».

Предметом дослідження є методи забезпечення точності, продуктивності та економічної ефективності механічної обробки фланця в умовах серійного виробництва.

Практичне значення роботи полягає у розробленні технологічного процесу, який забезпечує виготовлення деталі із заданими параметрами точності та якості при використанні сучасного обладнання з числовим програмним керуванням, а також у розробленні контрольного спорядження для перевірки відповідальних параметрів деталі.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз службового призначення та конструкції фланця

Деталь «Фланець ОЛВ 52.11» належить до класу тіл обертання типу фланців і є складовою частиною вузла шнекового устаткування. Основним службовим призначенням деталі є забезпечення надійного з'єднання елементів механізму, передача крутного моменту та фіксація взаємного положення складових вузла під час експлуатації.

Конструкція фланця передбачає наявність центрального посадкового отвору, який забезпечує встановлення деталі на валу вентилятора оприскувача. Для передачі крутного моменту між фланцем та валом у центральному отворі виконана внутрішня гвинтова канавка. Така конструкція дозволяє передавати значні навантаження та забезпечує надійне осьове і кутове позиціонування деталей вузла.

Фланець має розвинену фланцеву частину діаметром 220 мм із шістьма рівномірно розташованими отворами, виконаними по колу діаметром 164 мм. Отвори призначені для кріплення фланця до суміжних деталей за допомогою болтового з'єднання. Рівномірне розташування отворів забезпечує симетричне сприйняття навантажень і рівномірний розподіл зусиль у з'єднанні.

Основними конструкторськими базами деталі є зовнішня циліндрична поверхня діаметром 212 мм та торцева поверхня фланця. Саме відносно цих поверхонь забезпечується взаємне розташування більшості функціонально важливих елементів деталі. Для забезпечення точності складання до центрального отвору та торцевих поверхонь висуваються підвищені вимоги щодо співвісності, перпендикулярності та шорсткості поверхонь.

З конструктивної точки зору деталь є технологічною для виготовлення на сучасних токарних центрах з числовим програмним керуванням. Більшість поверхонь являють собою поверхні обертання, що дозволяє виконувати їх обробку за один або два установи. Наявність внутрішньої гвинтової канавки

потребує застосування спеціального інструменту або використання можливостей синхронізованої інтерполяції осей сучасного токарно-фрезерного устаткування.

Матеріалом деталі є сталь 34Cr4 згідно EN 10083-3 з твердістю 240...280 НВ. Даний матеріал характеризується підвищеною міцністю, достатньою пластичністю та хорошою оброблюваністю різанням, що дозволяє забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики деталі після механічної обробки.

Аналіз конструкції показує, що найбільш відповідальними поверхнями є центральний посадковий отвір з внутрішньою гвинтовою канавкою, торцеві поверхні фланця та кріпильні отвори. Саме ці поверхні визначають працездатність вузла в цілому та потребують забезпечення встановлених кресленням вимог щодо точності та якості обробки.

Отже, деталь «Фланець ОЛВ 52.11» є технологічною деталлю типу тіл обертання, конструкція якої дозволяє застосувати високопродуктивну обробку на двошпindelному токарному центрі з ЧПК із використанням автоматичного перехоплення деталі контршпindelом, що забезпечує підвищення точності взаємного розташування поверхонь та скорочення тривалості технологічного циклу.

## **1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Фланець ОЛВ 52.11»**

Технологічність конструкції деталі визначається сукупністю властивостей, які забезпечують можливість її виготовлення, ремонту та контролю із заданими показниками якості при мінімальних витратах праці, матеріалів і часу (таблиця 1.1).

Деталь «Фланець ОЛВ 52.11» за конструктивними ознаками належить до класу тіл обертання фланцевого типу. Основну частину поверхонь деталі становлять циліндричні, конічні та торцеві поверхні, які можуть бути оброблені на токарних верстатах з числовим програмним керуванням за один або два установи. Така форма є технологічною та забезпечує можливість застосування високопродуктивних методів механічної обробки.

Конструкція деталі характеризується наявністю центрального посадкового отвору, зовнішніх циліндричних поверхонь, фланцевої частини та кріпильних отворів, рівномірно розташованих по колу. Симетричність конструкції відносно осі обертання сприяє спрощенню процесів базування, закріплення та контролю.

Аналіз креслення показує, що більшість розмірів задано з економічно обґрунтованими допусками. Високі вимоги висуваються лише до функціонально важливих поверхонь: посадкового отвору, поверхонь базування та елементів внутрішньої гвинтової канавки. Це відповідає принципу диференційованого призначення точності та позитивно впливає на технологічність конструкції.

Особливістю деталі є наявність внутрішньої гвинтової канавки в центральному отворі. З точки зору технологічності цей елемент дещо ускладнює процес виготовлення, оскільки потребує застосування спеціального інструменту та програмування синхронного руху осей верстата. Однак використання сучасного токарного центру Haas DS-30Y з віссю C та приводним інструментом дозволяє виконувати обробку канавки без додаткових установок, що істотно знижує трудомісткість виготовлення.

Конструкція фланця забезпечує можливість використання раціональних технологічних баз. При механічній обробці як чорнові бази можуть використовуватися зовнішня циліндрична поверхня заготовки та торець фланця. Як чистові технологічні бази доцільно використовувати зовнішній діаметр  $\varnothing 212$  мм та торцеву поверхню фланця, що забезпечує виконання принципу суміщення технологічних і конструкторських баз.

Деталь виготовляється зі сталі 34Cr4 відповідно до EN 10083-3. Матеріал характеризується достатньою міцністю, хорошою оброблюваністю різанням та можливістю забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей після механічної обробки. Твердість матеріалу в межах 240–280 НВ не створює значних труднощів під час точіння, свердління та фрезерування сучасним твердосплавним інструментом.

Таблиця 1.1 – Оцінка технологічності конструкції деталі «Фланець ОЛВ 52.11»

Показники технологічності	Характеристика деталі	Оцінка
Конструктивна ферма	Деталь належить до тіл обертання, більшість поверхень є циліндричними та торцевими	Висока
Симетричність конструкції	Конструкція симетрична відносно осі обертання	
Матеріал	Сталь 34Cr4 EN 10083-3, добре обробляється твердосплавним інструментом	
Можливість отримання раціональної заготовки	Можливе виготовлення із поковки або штампованої заготовки	
Зручність базування	Наявні зручні циліндричні та торцеві базові поверхні	
Доступність поверхонь для обробки	Усі основні поверхні доступні для різального інструменту	
Можливість обробки на верстатах з ЧПК	Забезпечується поєдна обробка на токарному центрі Haas DS-30Y	
Необхідність спеціального інструменту	Для внутрішньої гвинтової канавки потрібен спеціальний інструмент та спеціалізований цикл обробки	Середн
Точність і шорсткість поверхонь	Вимоги відповідають можливостям сучасного устаткування з ЧПК	Висока
Контролепридатність	Поверхні доступні для вимірювання стандартними засобами контролю	
Можливість автоматизації процесу	Передбачено перехоплення деталі кентршпинделем без повторного встановлення	
Загальна оцінка технологічності	Конструкція придатна для високопродуктивного серійного виготовлення на верстатах з ЧПК	

Важливою перевагою конструкції є можливість виконання більшості операцій на одному верстаті без зміни технологічних баз. Використання двошпindelного токарного центру Haas DS-30Y дозволяє здійснювати автоматичне перехоплення деталі контршпindelом після обробки першого торця та завершувати обробку другого торця без повторного встановлення. Це підвищує точність взаємного розташування поверхонь та скорочує допоміжний час.

З точки зору заготівельного виробництва конструкція деталі є придатною для виготовлення із поковки або штампованої заготовки. Конфігурація деталі не містить важкодоступних внутрішніх порожнин або складних фасонних поверхонь, що сприяє зменшенню коефіцієнта використання матеріалу та обсягу механічної обробки.

Контроль розмірів деталі не викликає труднощів, оскільки більшість поверхонь є відкритими та доступними для вимірювання стандартними засобами контролю: штангенциркулями, мікрометрами, нутромірами та індикаторними пристроями.

Таким чином, аналіз конструкції показує, що деталь «Фланець ОЛВ 52.11» має достатньо високий рівень технологічності. Конструкція забезпечує можливість застосування сучасного високопродуктивного устаткування з ЧПК, раціонального базування, автоматизації процесу обробки та отримання заданих показників точності й якості поверхонь при мінімальних виробничих витратах.

Аналіз технологічності показав, що конструкція деталі «Фланець ОЛВ 52.11» відповідає вимогам сучасного машинобудівного виробництва. Деталь характеризується раціональною формою, наявністю зручних технологічних баз, можливістю комплексної обробки на токарному центрі з ЧПК та високим рівнем автоматизації технологічного процесу. Основним елементом, що підвищує складність виготовлення, є внутрішня гвинтова канавка, однак її обробка забезпечується функціональними можливостями обраного устаткування.

### 1.3 Аналіз хімічного складу та фізико-механічних властивостей сталі 34Cr4

Матеріалом деталі «Фланець ОЛВ 52.11» є конструкційна легована сталь 34Cr4 відповідно до стандарту EN 10083-3. Дана сталь належить до групи середньовуглецевих хромистих сталей, які широко використовуються для виготовлення деталей машин, що працюють в умовах значних статичних і змінних навантажень.

Хімічний склад сталі 34Cr4 підібраний таким чином, щоб забезпечити оптимальне поєднання міцності, пластичності, в'язкості та зносостійкості. Основним легувальним елементом є хром, який підвищує міцність, загартовуваність та опір зношуванню. Вміст вуглецю забезпечує необхідний рівень твердості та міцності після термічної обробки.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 34Cr4 згідно EN 10083-3

Структурний елемент	Вміст, %
C	0.30-0,37
Si	<0,40
Mn	0.60-0.30
P	<0,025
S	<0,035
Cr	0.90-1,20

Вуглець є основним елементом, що визначає рівень міцності та твердості сталі. Кремній використовується як розкислювач та сприяє підвищенню межі пружності. Марганець підвищує міцність і загартовуваність сталі, а також зменшує шкідливий вплив сірки. Хром забезпечує підвищення твердості, зносостійкості та корозійної стійкості матеріалу. Вміст фосфору та сірки обмежується стандартом через їх негативний вплив на пластичність і ударну в'язкість сталі.

Для деталі «Фланець ОЛВ 52.11» застосовується сталь у стані поліпшення з твердістю 240–280 НВ, що відповідає вимогам креслення. Такий стан матеріалу забезпечує достатню міцність деталі при одночасному збереженні доброї оброблюваності різанням.

Основні фізико-механічні властивості сталі 34Cr4 наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Фізико-механічні властивості сталі 34Cr4 EN 10083-3

Показник	Значення
Тимчасовий опір розриву $\sigma_b$	800-1000 МПа
Межа текучості $\sigma_T$	550-800 МПа
Відносне видовження $\delta_5$	12-16 %
Відносне звуження $\psi$	45-60 %
Ударна в'язкість $KCU$	50-80 Дж/см <sup>2</sup>
Твердість	240-280 НВ
Густина $\rho$	7850 кг/м <sup>3</sup>
Модуль пружності II роду (модуль Юнга E)	2,1-10 <sup>5</sup> МПа

Високі показники міцності та достатня пластичність забезпечують надійну роботу фланця під дією змінних навантажень. Наявність хрому у складі сталі підвищує її зносостійкість, що є важливим для деталей транспортуючих та технологічних машин.

З технологічної точки зору сталь 34Cr4 характеризується доброю оброблюваністю різанням при використанні сучасного твердосплавного інструменту. При твердості 240–280 НВ обробка може ефективно виконуватися на токарних центрах з ЧПК із застосуванням пластин групи P за класифікацією ISO.

Аналіз хімічного складу та фізико-механічних властивостей показує, що сталь 34Cr4 повністю відповідає умовам роботи деталі «Фланець ОЛВ 52.11» та забезпечує необхідне поєднання міцності, довговічності, зносостійкості й технологічності виготовлення.

## 1.4 Висновки до розділу та задачі розроблень

У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз службового призначення та конструкції деталі «Фланець ОЛВ 52.11». Встановлено, що деталь належить до класу тіл обертання типу фланців і використовується як елемент вузла для з'єднання та передачі навантажень між суміжними деталями. Конструкція фланця містить відповідальні зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні, центральний отвір, посадочну шийку, систему кріпильних отворів та внутрішню гвинтову канавку, що висуває підвищені вимоги до точності їх виготовлення та взаємного розташування.

У результаті аналізу технологічності конструкції встановлено, що деталь є технологічною для виготовлення в умовах серійного виробництва. Основна частина поверхонь може бути оброблена на сучасному токарно-фрезерному обладнанні з числовим програмним керуванням. Наявність центрального отвору дозволяє використовувати його як технологічну базу на подальших етапах обробки, забезпечуючи високу точність співвісності відповідальних поверхонь. Разом з тим наявність внутрішньої гвинтової канавки та посадочної поверхні  $\varnothing 75k6$  потребує застосування високоточного устаткування та спеціалізованого різального інструменту.

Проведений аналіз матеріалу деталі показав, що для її виготовлення використовується конструкційна легована сталь 34Cr4, яка характеризується достатньою міцністю, зносостійкістю та хорошою оброблюваністю різанням. Комплекс фізико-механічних властивостей даної сталі забезпечує надійну роботу деталі в умовах експлуатації та дозволяє застосовувати сучасні твердосплавні інструменти для її механічної обробки.

На підставі виконаного аналізу сформульовано основні задачі розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11»:

– обґрунтувати та вибрати раціональний спосіб отримання заготовки;

- виконати проектування заготовки з урахуванням вимог до точності та економічності виробництва;
- розробити структуру технологічного маршруту виготовлення деталі;
- вибрати різальний, допоміжний та вимірювальний інструменти, технологічне устаткування, які забезпечують виконання всіх вимог креслення щодо точності та якості поверхонь;
- розробити технологію виконання токарної та свердлильно-фрезерної операцій;
- обґрунтувати схеми базування та закріплення деталі на основних операціях обробки;
- виконати розрахунок режимів різання та технічне нормування технологічного процесу;
- розробити засоби контролю відповідальних розмірів і геометричних параметрів деталі;
- забезпечити досягнення заданої точності, якості поверхонь та економічної ефективності виготовлення деталі в умовах серійного виробництва
- опрацювати питання безпеки праці та виробничої санітарії при виготовленні деталі.

Результати проведеного аналізу є вихідними даними для розроблення технологічної та конструкторської частин кваліфікаційної роботи.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Вибір способу отримання заготовки

Важливим етапом розроблення технологічного процесу є вибір раціонального способу отримання заготовки. Від правильності вибору заготовки залежать коефіцієнт використання матеріалу, трудомісткість механічної обробки, собівартість виготовлення деталі та її експлуатаційні властивості.

Деталь «Фланець ОЛВ 52.11» виготовляється зі сталі 34Cr4 згідно EN 10083-3 та являє собою тіло обертання фланцевого типу із зовнішнім діаметром 220 мм, центральним отвором та кріпильними отворами, розташованими по колу. Конструкція деталі характеризується наявністю масивної фланцевої частини та ступінчастих поверхонь обертання.

Для виготовлення даної деталі можуть бути розглянуті такі способи отримання заготовки: заготовка з прокату; вільнокована поковка; штампована поковка; відливка.

Використання круглого прокату для отримання заготовки є технологічно можливим, проте супроводжується значними втратами металу через необхідність видалення великого обсягу припусків при формуванні фланцевої частини. Крім того, при такому способі погіршується коефіцієнт використання матеріалу та збільшується трудомісткість механічної обробки.

Отримання заготовки литтям для даної деталі є недоцільним, оскільки сталь 34Cr4 належить до конструкційних легованих сталей, для яких більш характерним є використання поковок. Крім того, литі заготовки поступаються поковкам за механічними властивостями та втомною міцністю.

### 2.2 Техніко – економічне обґрунтування вибору початкової заготовки

Деталь «Фланець ОЛВ 52.11» виготовляється зі сталі 34Cr4 та має форму тіла обертання з розвиненою фланцевою частиною. Аналіз конструкції показує, що для отримання заготовки можуть бути використані такі способи:

- заготовка з круглого прокату;
- вільнокована поковка;
- штампована поковка.

Застосування круглого прокату є найпростішим способом отримання заготовки, проте для формування фланцевої частини необхідно видаляти значний обсяг металу механічною обробкою. Це призводить до збільшення витрат матеріалу, часу різання та зносу інструменту.

Використання вільнокованої поковки дозволяє частково наблизити форму заготовки до конфігурації готової деталі, однак характеризується порівняно великими припусками на механічну обробку та нижчою точністю отримуваних розмірів.

Найбільш раціональним способом отримання заготовки для даної деталі є гаряче об'ємне штампування. Штампована поковка забезпечує форму, максимально наближену до конфігурації готової деталі, що дозволяє істотно скоротити обсяг механічної обробки та підвищити коефіцієнт використання матеріалу.

Основними перевагами застосування штампованої поковки є зменшення припусків на механічну обробку, зниження витрат металу, підвищення коефіцієнта використання матеріалу, покращення механічних властивостей за рахунок сприятливого розташування волокон металу, зниження трудомісткості виготовлення деталі, підвищення продуктивності виробництва.

Крім економії матеріалу, застосування штампованої поковки забезпечує покращення експлуатаційних характеристик фланця. У процесі штампування формується сприятлива волокниста структура металу, яка підвищує міцність та опір втомному руйнуванню. Це особливо важливо для деталей, що працюють під дією змінних навантажень та крутних моментів.

Враховуючи конструкцію деталі, матеріал, вимоги до механічних властивостей та серійний характер виробництва, для виготовлення фланця ОЛВ 52.11 приймається заготовка у вигляді штампованої поковки зі сталі 34Cr4. Використання даного способу забезпечує найкраще співвідношення між технічними та

економічними показниками виробництва, дозволяє зменшити собівартість виготовлення деталі та підвищити ефективність технологічного процесу.

Отже, за результатами техніко-економічного аналізу для виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» доцільно використовувати штамповану поковку, яка забезпечує мінімальні витрати матеріалу та механічної обробки при збереженні необхідних показників якості та надійності виробу.

### 2.3 Проектування заготовки деталі «Фланець ОЛВ 52.11»

Відповідно до креслення деталі її початкову заготовку доцільно отримувати як гаряче штамповану поковку, що виготовляється згідно з вимогами ГОСТ 7505-89. Основні розміри заготовки становлять: зовнішній діаметр 212 мм, діаметр центрального отвору 55 мм та загальна довжина 69 мм. На поверхнях передбачені технологічні ухили та заокруглення радіусами R2 і R3, що забезпечують нормальне заповнення порожнини штампа та полегшують видалення поковки зі штампа (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Основні розміри деталі та поковки

Поверхня	Розмір деталі, мм	Розмір поковки, мм	Загальний припуск, мм	Припуск на сторону, мм
Зовнішній діаметр фланця	$\varnothing 207,9_{h12}$	$\varnothing 212(+1,1/-0,7)$	4,0	2,0
Зовнішній діаметр бурта	$\varnothing 172$	$\varnothing 170(-1,0/-0,6)$	2,0	1,0
Зовнішній діаметр посадкової поверхні	$\varnothing 118$	$\varnothing 120(+1,0/-0,6)$	2,0	1,0
Центральний отвір	$\varnothing 60,1$	$\varnothing 55(+1,0/-0,6)$	5,0	2,5
Довжина деталі	$65_{-0,74}$	$69(+0,5/-0,3)$	4,0	2,0
Товщина фланця	$26_{-0,62}$	$30,2(+0,5/-0,2)$	4.2	2,1

Для заготовки встановлено такі технологічні вимоги: допуски на невказані розміри  $\pm 0,3$  мм; допустиме зміщення по площині роз'єму штампа 0,3 мм; допустима не співвісність отвору  $\varnothing 55$  відносно зовнішніх поверхонь до 0,5 мм; допустимі заусенці відповідно до вимог ГОСТ 7505-89.

Прийняті припуски забезпечують повне видалення дефектного поверхневого шару після штампування та отримання необхідної точності й шорсткості оброблених поверхонь.

#### **2.4 Структура технологічного маршруту виготовлення фланця та операцій**

На основі інформації про існуючий парк технологічний парк машинобудівного підприємства розроблено відповідний технологічний маршрут (табл. 2.2). Структуризація характеристик обробки окремих поверхонь наведена у таблиці 2.3.

Структура ТП є такою.

005 Переміщення

*Зміст операції:* переміщення заготовки на дільницю механічної обробки.

*Устаткування:* Електрокар ЕК-2. *Технологічне спорядження:* Піддон 390-578 7 ОСТ 23.4.97-81.

Операція 010. Токарна з ЧПК

*Зміст операції:* Установити заготовку в патрон головного шпинделя. Підрізати торець. Розточити отвір  $\varnothing 58,1^{+0,05}$  мм. Нарізати внутрішню гвинтову канавку. Обробити зовнішні циліндричні поверхні, уступи та фаски. Виконати автоматичне перехоплення і закріплення деталі контршпинделем. Обробити другий торець, конічну поверхню, кільцеві заглиблення, зовнішні діаметри та фаски. Провести контроль оброблених поверхонь.

*Устаткування:* двошпиндельний горизонтальний токарно-фрезерний центр з контршпинделем Haas DS-30Y.

*Технологічне спорядження:*

Таблиця 2.2 – Технологічний маршрут виготовлення фланця

№ операції	Назва операції та її зміст	Базова поверхня	Технологічне устаткування та спеціальне спорядження
1	2	4	5
005	Переміщення		Електрокар ЕК-2. Піддон 390-578
010	Токарна з ЧПК Обробка за два установи: обробка торців, отвору, фасок, нарізання гвинтової канавки, перехоплення деталі другим шпинделем, обробка торців, фасок та зовнішнього діаметру деталі	Внутрішня циліндрична поверхня та торець	Горизонтальний двошпindelний токарно-фрезерний оброблювальний центр з контршпинделем (sub-spindle) мод. Haas DS 30Y. Пристосування контрольне КРБ 22-001.05.00
015	Токарна з ЧПК Послідовне свердління 8-ми отворів. Послідовне зенкування 8-ми фасок.	Внутрішня циліндрична поверхня та торець	Вертикальний оброблювальний центр HAAS Mini Mill.
025	Слюсарна Зачищення заусениць		Верстак 4690-89
030	Промивання		Ванна 349-057 Мийна машина 560-8934
040	Контрольна		Підставка 459-857 Стіл ВТК 59-997

Таблиця 2.3 – Структуризація характеристик обробки відповідальних поверхонь

Поверхня (конструктивний елемент)	Розміри- ідентифікатори поверхні	Зміст переходів	Інструмент
1	2	3	4
Циліндрична охоплююча (шийка)	Ø75k6, довжина 23 мм	Вихідний діаметр заготовки - Ø95 мм	Упорний різець. Для чорнового точіння: дер- жавка PCLNR 2525M12; пластина CNMG 120408- PM GC4325. Для чистового точіння Ø75 k6: державка SDJCR 2525M11; пластина DCMT 11T304-PF GC4325.
Торцева	між діаметрами Ø95 мм та Ø55 мм	Чорнове торцювання - зняття 1,5 мм.	Універсальний прохідний різець: державка PCLNR 2525M12, пластина CNMG 120408-PM GC4325.
		Чистове торцювання – зняття 0,5 мм.	Універсальний прохідний різець: державка SDJCR 2525M11, пластина DCMT 11T304-PF GC4325.
Внутрішня гвинтова канавка на циліндричній поверхні отвору Ø60 <sub>+0,05</sub> мм	Довжина гвин- тової канавки $L =$ 46 мм; крок гвинтової лінії $P$ $= 22$ мм; профіль канавки – напів- круглий; діаметр профілю канавки $d = 3$ мм.	Чорновий і чистовий проходи	Внутрішній канавковий різець Sandvik CoroCut® 1- 2 фірми Sandvik Coromant. Державка CoroCut 1-2 A16R-SCLCR09. Пластина: CoroCut N123G2-0300- 0002-GF 1125.

### Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4
Отвір	Ø14,5H13, 8 шт.	Послідовне свердління	Свердло Sandvik CoroDrill 860, робочий матеріал пластин - твердий сплав GC34, тип оброблюваного матеріалу - ISO P
Фаска отвору	Ø14,5H13, 8 шт.	Послідовне зенкування	Зенківка Sandvik CoroMill 495 Chamfer

- гідравлічний трикулачковий патрон Kitagawa B-210;
- цанговий затискний пристрій контршпинделя Kitagawa SS1452;
- револьверна головка BMT65, різцедержавка 6500-4690.

#### *Різальний інструмент:*

- прохідний різець BMT65 з пластиною CNMG 120408-PM GC4325 (чорнове точіння);
- прохідний різець BMT65 з пластиною DCMT 11T304-PF GC4325 (чистове точіння);
- розточувальна оправка Sandvik CoroTurn 107 A20R-SCLCR09 з пластиною CCMT 09T304-PF GC4325;
- внутрішній канавковий різець Sandvik CoroCut 1-2 з пластиною N123G2-0300-0002-GF;
- канавковий різець Sandvik CoroCut 1-2 для обробки уступів та канавок;
- фасковий різець з пластиною VBMT 110304.

#### *Вимірювальний інструмент:*

- штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05;
- мікрометр МК 50–75;
- нутромір індикаторний НІ 50–100;
- калібр – пробка КРБ22-001.07.00.
- пристосування контрольне КРБ 22-001.05.00 для перевірки торцевого

биття з індикатором годинникового типу ІЧ-10;

– профілометр 456-036;

– універсальний кутомір 567-890.

Додатково: щітка ЩТР ОСТ 17.830-80; окуляри 012-72 ГОСТ 12.4.013-85, емульсія 5% Ц2520000003.

Операція 015. Свердлильно-фрезерна з ЧПК.

*Зміст операції:* Установити деталь на оправку пристрою з базуванням по отвору  $\text{Ø}58,1^{+0,05}$  мм та торцю. Виконати свердління восьми наскрізних отворів  $\text{Ø}14,5\text{H}13$ . Виконати зенкування восьми фасок. Провести контроль розмірів і взаємного розташування отворів.

*Устаткування:* вертикальний оброблювальний центр мод. Haas Mini Mill.

*Технологічне спорядження:*

– оправка 678-980 для базування по отвору  $\text{Ø}58,1^{+0,05}$  мм;

– притискний пристрій 789-0456 для закріплення деталі на столі верстата;

– комплект Т-подібних пазових прихватів 302-045.

*Різальний інструмент:*

– твердосплавне свердло Sandvik CoroDrill 860  $\text{Ø}14,5$  мм, матеріал GC34, група оброблюваних матеріалів ISO P;

– фаскова зенківка Sandvik CoroMill 495 Chamfer;

– щуп 456-908 для прив'язки інструменту.

*Вимірювальний інструмент:*

– центрувальний індикатор Haimer 3D Sensor;

калібр-пробка гладка КРБ 22-001.07.00 (прохідна ПР  $\text{Ø}14,5\text{H}13$ ; непрохідна НЕ  $\text{Ø}14,5\text{H}13$ );

– штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05;

– шаблон 790-456 для контролю фасок  $45^\circ$ ;

– координатно-вимірювальний прилад 789-46 (при вибіркового контролю).

Інші засоби: окуляри 012-70 ГОСТ124.013-85, щітка ЩТР ОСТ 17.830-80? емульсія 5% Ц2520000003.

## **2.5 Обґрунтування вибору горизонтального двошпindelного токарно-фрезерного оброблювального центру з контршпindelем Haas DS-30Y**

Для виконання операції 010 обробки деталі «Фланець ОЛВ 52.11» обрано горизонтальний двошпindelний токарно-фрезерний оброблювальний центр з контршпindelем Haas DS-30Y. Вибір даного устаткування обумовлений конструктивними особливостями деталі, вимогами до точності взаємного розташування поверхонь та необхідністю забезпечення високої продуктивності виготовлення.

Деталь має складну конфігурацію, що включає зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні, центральний отвір  $\varnothing 58,1+0,05$  мм, посадочну шийку  $\varnothing 75k6$ , конічну поверхню, кільцеві заглиблення, фаски та внутрішню гвинтову канавку. Високі вимоги до співвісності центрального отвору та зовнішніх поверхонь обумовлюють необхідність виконання максимальної кількості переходів за одну установку.

Токарний центр Haas DS-30Y оснащений двома незалежними шпindelями, що дозволяє виконувати повну обробку деталі з двох сторін без її повторного встановлення на інший верстат. Після завершення обробки першої сторони контршпindel автоматично перехоплює деталь за оброблений отвір, після чого виконується обробка другої сторони. Така схема усуває похибки повторного базування, забезпечує високу співвісність поверхонь та скорочує допоміжний час.

Важливою перевагою верстата є можливість використання контршпинделя з цанговим затискним пристроєм Kitagawa SS1452. Закріплення по обробленому центральному отвору дозволяє реалізувати принцип єдності технологічних і конструкторських баз, що позитивно впливає на точність виготовлення деталі.

Конструкцією Haas DS-30Y передбачена наявність осі C та приводного інструменту. Це дає можливість виконувати обробку внутрішньої гвинтової канавки методом інтерполяції координат C і Z без застосування

спеціалізованого устаткування. На універсальних токарних верстатах виконання такої операції є значно складнішим або взагалі неможливим.

Верстат оснащений револьверною головкою типу ВМТ65 на 12 інструментальних позицій, що забезпечує встановлення необхідного комплекту різального інструменту для виконання всіх переходів без додаткових переналагоджень. Жорстка конструкція інструментальних блоків ВМТ забезпечує високу точність позиціонування та стабільність процесу різання.

Максимальний діаметр обробки верстата становить 349 мм, а максимальна довжина обробки – 806 мм, що значно перевищує габаритні розміри деталі «Фланець ОЛВ 52.11» і забезпечує необхідний запас технологічних можливостей. Потужність головного шпинделя та діапазон частот обертання дозволяють ефективно виконувати як чорнову, так і чистову обробку сталі 34Cr4.

Додатковими перевагами верстата є наявність транспортера стружки, системи подачі мастильно-охолоджувальної рідини під високим тиском, автоматичного уловлювача деталей та сучасної системи числового програмного керування Haas. Застосування цих систем сприяє підвищенню продуктивності, покращенню умов різання та зменшенню часу обслуговування устаткування.

Таким чином, токарно-фрезерний оброблювальний центр Haas DS-30Y найбільш повно відповідає вимогам технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11». Його використання забезпечує обробку всіх основних поверхонь за одну операцію, підвищує точність взаємного розташування елементів деталі, скорочує тривалість виробничого циклу та створює умови для ефективного серійного виробництва.

## **2.6 Обґрунтування вибору вертикального оброблювального центру HAAS Mini Mill для послідовного свердління та зенкування 8-ми отворів**

Для виконання операції свердління восьми отворів Ø14,5 мм, розташованих на ділільному колі Ø156 мм, а також формування фасок на їхніх кромках, обрано вертикальний оброблювальний центр HAAS Mini Mill.

Вибір даного устаткування обумовлений конструктивними особливостями деталі «Фланець ОЛВ 52.11» та вимогами до точності взаємного розташування отворів. Діаметр фланця становить 220 мм, тому габарити деталі повністю відповідають робочій зоні верстата. Робочі переміщення по осях X, Y та Z забезпечують вільний доступ інструмента до всіх точок обробки без додаткових перевстановлень деталі.

Основною перевагою використання оброблювального центру є можливість виконання свердління та формування фасок за один установ деталі. Це дозволяє виключити похибки повторного базування, підвищити точність розташування отворів та скоротити допоміжний час.

Отвори розташовані рівномірно на колі Ø156 мм з кутовим кроком 45°. Координати центрів отворів легко визначаються програмними засобами системи ЧПК, що забезпечує високу точність їх взаємного розташування без застосування спеціальних кондукторів і розмічальних операцій.

Використання автоматичної зміни інструмента дозволяє послідовно виконати: центрування отворів, свердління Ø14,5 мм, зняття фасок та контрольне проходження інструментом за необхідності.

Таким чином, усі переходи операції виконуються в автоматичному циклі без участі оператора.

Застосування верстата HAAS Mini Mill також є економічно доцільним, оскільки для даної операції не потрібне використання більш дорогих багатокоординатних оброблювальних центрів. Технічні характеристики верстата повністю забезпечують необхідну точність обробки та продуктивність при виготовленні деталі «Фланець ОЛВ 52.11».

Отже, використання вертикального оброблювального центру HAAS Mini Mill для свердління восьми отворів Ø14,5 мм і виконання фасок є технологічно та економічно обґрунтованим рішенням, яке забезпечує високу точність взаємного розташування отворів, скорочення тривалості обробки та підвищення ефективності виробництва.

## 2.7 Опис технології виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» на операції 010

Операція 010 є основною формоутворюючою операцією технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11». На цій операції формується більшість відповідальних поверхонь деталі, включаючи базовий отвір  $\varnothing 58,1+0,05$  мм, посадочну шийку  $\varnothing 75k6$ , зовнішні циліндричні поверхні, торці, фаски та внутрішню гвинтову канавку профілю М5.1. Операція виконується на двошпindelному токарно-фрезерному центрі з контршпindelем Haas DS-30Y. Конструкція верстата дозволяє виконати повну обробку деталі за два установи без ручного перевстановлення заготовки, що забезпечує високу точність взаємного розташування поверхонь та скорочує тривалість виробничого циклу.

Для закріплення заготовки під час першого установу використовується гідравлічний трикулачковий патрон Kitagawa B-210 діаметром 254 мм, встановлений на головному шпindelі. Після завершення обробки першої сторони деталь автоматично перехоплюється контршпindelем, оснащеним цанговим затискним пристроєм Kitagawa SS1452, який здійснює базування по обробленому отвору. Така схема виключає похибки повторного базування та забезпечує співвісність усіх оброблюваних поверхонь.

*Перший установ:* виконуються переходи, наведені на листі наладки КРБ 07-001.03.00.

Спочатку проводиться підрізання першого торця заготовки чорновим та чистовим проходами до отримання базової торцевої поверхні. Для виконання операції використовується прохідний токарний різець із пластиною CNMG 120408-PM GC4325 для чорнової обробки та різець із пластиною DCMT 11T304-PF GC4325 для чистового проходу.

Після формування базового торця виконується розточування центрального отвору до розміру  $\varnothing 58,1+0,05$  мм. Для обробки використовується розточувальна оправка Sandvik CoroTurn 107 A20R-SCLCR09 з пластиною CCMT 09T304-PF GC4325. Розточування здійснюється чорновим та чистовим

проходами із забезпеченням шорсткості Ra 2,5.

Наступним переходом є нарізання внутрішньої гвинтової канавки профілю M5.1. Обробка виконується методом інтерполяції осей C та Z за допомогою внутрішнього канавкового різця Sandvik CoroCut 1-2 із пластиною N123G2-0300-0002-GF шириною 3 мм. Наявність осі C та приводного інструменту на верстаті Haas DS-30Y дозволяє формувати гвинтову канавку без застосування спеціального різьбонарізного інструменту.

Далі здійснюється точіння посадочної шийки  $\varnothing 75_{k6}$  довжиною 23 мм. Обробка виконується двома чорновими та одним чистовим проходом. Для забезпечення поля допуску k6 остаточний припуск на чистове точіння не перевищує 0,2 мм на сторону.

Після цього формуються зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 95$  мм та  $\varnothing 122$  мм, переходи між поверхнями, фаски  $1,6 \times 45^\circ$  та галтелі радіусом R1,5. Завершальним переходом першого установу є обробка торця фланця та підготовка базової поверхні для перехоплення деталі контршпинделем.

Після завершення обробки головний і контршпиндель синхронізуються за частотою обертання. Контршпиндель підводиться співвісно до деталі, цанга входить в оброблений отвір та виконує її затиск. Після розтискання головного патрона контршпиндель відводить деталь у робочу зону другого установу.

*Другий установ:* виконуються переходи, наведені на листі наладки КРБ 22-001.04.00.

Першим переходом здійснюється підрізання другого торця до остаточного розміру по довжині деталі. Після цього формується конічна поверхня під кутом  $30^\circ$  та обробляються зовнішні діаметри фланця.

Наступним переходом виконується розточування кільцевих заглиблень та формування уступів відповідно до креслення деталі. Для цих переходів використовується той самий розточувальний інструмент CoroTurn 107.

Далі проводиться чистове точіння зовнішнього діаметра  $\varnothing 207_{9h12}$ , торцевої поверхні фланця та допоміжних циліндричних поверхонь. Завершальними переходами є обробка фасок  $0,48 \times 45^\circ$  та  $1 \times 45^\circ$ , а також

видалення задирок.

Після завершення другого установу деталь автоматично відокремлюється від контршпинделя та вивантажується уловлювачем готових деталей.

Для виконання операції використовується револьверна головка типу ВМТ65 на 12 позицій.

Склад різального інструменту описано вище.

## **2.8 Базування та закріплення деталі на операції 010**

Операція 010 виконується на двошпиндельному токарно-фрезерному оброблювальному центрі Haas DS-30Y за два установи із автоматичним перехопленням деталі контршпинделем. Вибір схеми базування обумовлений необхідністю забезпечення високої точності взаємного розташування зовнішніх та внутрішніх поверхонь фланця, а також вимогами до співвісності посадочної шийки  $\text{Ø}75\text{k}6$  та центрального отвору  $\text{Ø}58,1^{+0,05}$  мм.

Під час першого установу заготовка закріплюється за зовнішню циліндричну поверхню в трикулачковому гідравлічному патроні Kitagawa В-210 головного шпинделя. Базування здійснюється за зовнішньою поверхнею заготовки та торцем, що впирається у кулачки патрона. На даному етапі використовується чорнова технологічна база, оскільки заготовка отримана литтям і не має оброблених поверхонь.

У процесі першого установу формується основна конструкторська база деталі - центральний отвір  $\text{Ø}58,1^{+0,05}$  мм та прилеглий торець. Після завершення обробки першої сторони виконується автоматичне перехоплення деталі контршпинделем. Контршпиндель оснащений цанговим затискним пристроєм Kitagawa SS1452, який забезпечує закріплення деталі по вже обробленому центральному отвору.

Під час другого установу базування здійснюється за внутрішньою циліндричною поверхнею отвору  $\text{Ø}58,1^{+0,05}$  мм та обробленим торцем. Таким чином технологічні бази максимально наближені до конструкторських баз

деталі. Така схема реалізує принцип єдності баз і дозволяє забезпечити необхідну співвісність зовнішніх поверхонь  $\text{Ø}75\text{k}6$ ,  $\text{Ø}122$  мм,  $\text{Ø}207,9\text{h}12$  та центрального отвору.

Використання контршпинделя виключає похибки, які виникають при повторному ручному встановленні деталі на іншому верстаті або в іншому пристрої. Обидва шпинделі працюють у єдиній системі координат верстата, тому після перехоплення зберігається взаємне положення всіх раніше оброблених поверхонь. Це дозволяє зменшити похибку співвісності, підвищити точність обробки та скоротити тривалість виробничого циклу.

Прийнята схема базування відповідає принципам суміщення та постійності баз, забезпечує необхідну точність виготовлення деталі та є найбільш раціональною для умов серійного виробництва.

Таким чином, на першому установі використовується чорнова база (зовнішня поверхня литої заготовки), а на другому — чистова база (оброблений отвір  $\text{Ø}58,1^{+0,05}$  мм і торець). Це забезпечує отримання посадочної шийки  $\text{Ø}75\text{k}6$  та всіх зовнішніх поверхонь відносно єдиної осі базового отвору, що є головною вимогою креслення деталі «Фланець ОЛВ 52.11».

## **2.9 Опис технології виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» на операції 015**

Операція 015 призначена для формування восьми рівномірно розташованих наскрізних отворів  $\text{Ø}14,5\text{H}13$  та фасок на їх вході. Обробка виконується на вертикальному оброблювальному центрі Haas Mini Mill з числовим програмним керуванням.

Вибір даного устаткування обумовлений необхідністю забезпечення високої точності взаємного розташування отворів відносно центральної осі деталі та можливістю автоматизованого виконання всіх переходів за одну установку. Верстат обладнаний магазином інструменту, системою автоматичної зміни інструменту та забезпечує позиціонування по осях X, Y та Z з високою точністю.

Перед початком обробки деталь встановлюється на стіл верстата у спеціальному пристрої або машинних лещатах. Базування здійснюється по центральному отвору  $\varnothing 58,1^{+0,05}$  мм за допомогою оправки та по базовому торцю фланця. Така схема забезпечує суміщення технологічних і конструкторських баз та дозволяє отримати необхідну точність розташування отворів на ділильному колі.

Після встановлення деталі виконується прив'язка системи координат та виклик керуючої програми. Обробка здійснюється послідовно по всіх восьми координатах отворів.

Для свердління використовується твердосплавне свердло Sandvik CoroDrill 860 діаметром 14,5 мм з матеріалом різальної частини GC34, призначеним для обробки сталей групи ISO P. Свердло забезпечує високу продуктивність, стабільне відведення стружки та отримання отворів із точністю, достатньою для поля допуску H13 без виконання додаткових операцій розгортання.

Обробка виконується за такою послідовністю:

- швидке позиціонування інструмента над центром першого отвору;
- свердління наскрізного отвору  $\varnothing 14,5H13$  на глибину 17 мм;
- відведення інструмента у безпечне положення;
- автоматичний перехід до наступної координати;
- повторення циклу до завершення обробки всіх восьми отворів.

Після завершення свердління виконується автоматична зміна інструмента.

Для формування фасок використовується зенківка Sandvik CoroMill 495 Chamfer. Конструкція інструмента дозволяє отримувати фаски високої якості з мінімальним утворенням задирок. Зенкування виконується послідовно по всіх восьми отворах після завершення операції свердління.

На кожному отворі формується фаска розміром  $1 \times 45^\circ$  відповідно до вимог креслення. Використання фаскового інструмента CoroMill 495 забезпечує стабільність геометричних параметрів фаски та однакову якість обробки всіх отворів.

Завершальним етапом операції є контроль отриманих розмірів і взаємного

розташування отворів. Контроль діаметра отворів  $\text{Ø}14,5\text{H}13$  здійснюється за допомогою калібра-пробки прохідного та непрохідного типу. Додатково допускається застосування штангенциркуля ШЦ-П-250-0,05 або нутроміра для вибіркового контролю.

Контроль розташування отворів відносно центрального отвору виконується за допомогою координатно-виміральної машини або універсального контрольованого спорядження. Якість сформованих фасок перевіряється візуально та шаблоном фасок. Особлива увага приділяється відсутності задирок на виході свердла та рівномірності фасок по всіх отворах.

Виконання операції 015 на вертикальному оброблювальному центрі Haas Mini Mill дозволяє забезпечити високу продуктивність обробки, точне взаємне розташування отворів та стабільну якість поверхні при серійному виготовленні деталі «Фланець ОЛВ 52.11».

## **2.10 Базування та закріплення деталі на операції 015**

На операції 015 виконується свердління восьми наскрізних отворів  $\text{Ø}14,5\text{H}13$  та формування фасок на вертикальному оброблювальному центрі Haas Mini Mill. Основною вимогою до даної операції є забезпечення точного розташування отворів відносно осі деталі та рівномірного кутового розміщення їх на фланці.

Для забезпечення необхідної точності використовується схема базування, за якої технологічні бази максимально суміщені з конструкторськими. Деталь встановлюється в спеціальному пристрої на оправку, що входить в центральний оброблений отвір  $\text{Ø}58,1^{+0,05}$  мм. Отвір, сформований на попередній токарній операції, використовується як основна подвійна напрямна база, що позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності та забезпечує співвісність оброблених отворів відносно осі фланця.

Осьове положення деталі визначається опорою на попередньо оброблений торець фланця, який використовується як установча база. Торцева поверхня

усуває переміщення вздовж осі оправки та забезпечує стабільне положення деталі по координаті Z.

Від повертання навколо осі оправки деталь фіксується притискним елементом пристрою, який створює необхідне зусилля закріплення та виключає зміщення під дією сил різання. Остаточне закріплення здійснюється притискною шайбою та гайкою або гідравлічним затискачем залежно від конструкції пристрою.

Прийнята схема базування реалізує принцип єдності баз, оскільки всі отвори обробляються відносно центрального отвору, який одночасно є основною конструкторською базою деталі. Це дозволяє забезпечити точне розташування отворів на ділильному колі, мінімізувати похибку співвісності та підвищити точність складання фланця з суміжними деталями.

Перевагою вибраної схеми є також можливість виконання всіх восьми отворів та фасок за одну установку без переналагодження деталі, що підвищує продуктивність обробки та забезпечує стабільність геометричних параметрів у серійному виробництві.

## **2.11 Контроль розмірів і параметрів якості**

Контроль параметрів деталі виконується безпосередньо на робочому місці та на ділянці технічного контролю.

Для контролю лінійних та діаметральних розмірів використовуються:

- штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05;
- мікрометр гладкий МК 50–75 мм для контролю шийки  $\text{Ø}75_{k6}$  та мікрометр гладкий МК 200–225 мм для контролю зовнішнього діаметра  $\text{Ø}207,9_{h12}$ ;
- нутромір індикаторний НІ 50–100 мм для контролю отвору  $\text{Ø}58,1+0,05$  мм та індикатор годинникового типу ІЧ-10 для перевірки биття та співвісності;
- універсальний кутомір УН для контролю кінчної поверхні  $30^\circ$ ;

- профілометр типу TR-200 або Mitutoyo SJ-210 для контролю параметра Ra 2,5.
- пристосування контрольне КРБ 22-001.05.00 для перевірки торцевого биття з індикатором годинникового типу ІЧ-10;
- калібр-скоба КРБ 22-001.06.00, калібр-пробка КРБ 22-001.07.00.

Контроль восьми отворів Ø14,5H13 здійснюється калібром-пробкою прохідного та непрохідного типу, розрахованим відповідно до вимог ДСТУ ISO 1938. Отвори перевіряються після операції фрезерування (020).

Контроль гвинтової канавки виконується візуально та за допомогою спеціального шаблону профілю або на координатно-вимірвальній машині. Додатково перевіряється відсутність задирок та забезпечення плавності профілю канавки.

Співвісність посадочної шийки Ø75k6 відносно базового отвору контролюється індикаторним методом на оправці. Завдяки обробці за два установи на одному верстаті із перехопленням контршпинделем забезпечується виконання вимог креслення щодо співвісності та радіального биття.

Такий технологічний маршрут дозволяє отримати всі відповідальні поверхні деталі за один цикл на одному верстаті, забезпечуючи високу продуктивність, стабільність точності та мінімізацію похибок базування.

## **2.12 Розрахунок режимів різання та технічне нормування ТП**

### **2.12.1 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø14,5H13 і зенкуванні фасок**

Для виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» необхідно виконати вісім наскрізних отворів діаметром 14,5H13, рівномірно розташованих на ділильному колі Ø156 мм, а також сформувати фаски діаметром 15 мм на вході отворів.

Обробка виконується на вертикальному оброблювальному центрі HAAS Mini Mill за один установ деталі. Матеріал деталі - сталь 34Cr4 згідно з EN

10083-3. Товщина матеріалу в зоні свердління становить 17 мм.

Вибір різального інструмента

Для отримання отворів Ø14,5H13 обрано твердосплавне свердло Sandvik CoroDrill 860 (діаметр свердла - 14,5 мм, робочий матеріал пластин - твердий сплав GC34, тип оброблюваного матеріалу - ISO P (леговані сталі)).

Для зенкування фасок використовується зенківка Sandvik CoroMill 495 Chamfer (кут при вершині - 90°, діаметр інструмента - 16 мм).

Застосування твердосплавного інструмента забезпечує високу продуктивність, стабільність розмірів та необхідну якість поверхні отворів.

Розрахунок режимів різання при свердлінні є таким.

Для свердла Ø14,5 мм при обробці сталі 34Cr4 приймаємо швидкість різання  $V = 80$  м/хв, подача  $S = 0,22$  мм/об.

Частота обертання шпинделя визначається за формулою

$$n = (1000 V) / (3,14 D);$$

$$n = (1000 \times 80) / (3,14 \times 14,5) = 1757 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 1750$  об/хв.

Хвилинна подача  $S_m = S n$ ,  $S_m = 0,22 \times 1750 = 385$  мм/хв.

Розрахункова довжина проходу

$$L = l + l_{ep} + l_{nep},$$

де  $l$  – товщина деталі  $l = 17$  мм;

$l_{ep}$  – довжина врізання  $l_{ep} = 3$  мм;

$l_{nep}$  – довжина перебігу  $l_{nep} = 2$  мм

Тоді

$$L = 17 + 3 + 2 = 22 \text{ мм.}$$

Основний час свердління одного отвору

$$t_0 = L / S_m$$

$$t_0 = 22 / 385 = 0,057 \text{ хв.}$$

Для восьми отворів

$$t_{0\Sigma} = 8 \times 0,057 = 0,456 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання при зенкуванні є таким.

Фаска формується зенківкою  $90^\circ$  до діаметра 15 мм.

Для зенкування сталі 34Cr4 приймаємо швидкість різання  $V = 60$  м/хв, подачу  $S = 0,12$  мм/об.

Частота обертання шпинделя  $n = (1000 \times 60) / (3,14 \times 16) = 1194$  об/хв.

Приймаємо  $n = 1200$  об/хв.

Хвилинна подача  $S_m = 0,12 \times 1200 = 144$  мм/хв.

Глибина фаски невелика, тому розрахункова довжина ходу інструмента приймаємо  $L = 2$  мм.

Основний час зенкування одного отвору  $t_o = 2 / 144 = 0,014$  хв.

Для восьми отворів  $t_{o\Sigma} = 8 \times 0,014 = 0,112$  хв.

Визначення норми часу є таким.

Сумарний основний час операції

$$t_{ocn} = 0,456 + 0,112 = 0,568 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на позиціонування інструментів, автоматичну зміну інструмента та переміщення між отворами приймають  $t_d = 0,35$  хв.

Штучний час операції

$$t_{um} = t_{ocn} + t_d$$

$$t_{um} = 0,568 + 0,35 = 0,918 \text{ хв.}$$

Приймаємо  $t_{um} = 0,92$  хв. = 55 с.

Таким чином, для отримання восьми наскрізних отворів  $\varnothing 14,5H13$  та фасок діаметром 15 мм на деталі «Фланець ОЛВ 52.11» обрано вертикальний оброблювальний центр HAAS Mini Mill. Як різальний інструмент використано твердосплавне свердло CoroDrill 860 діаметром 14,5 мм та фаскову зенківку CoroMill 495. Розраховані режими різання забезпечують отримання необхідної точності отворів і якості поверхні при штучному часі виконання операції 0,92хв на деталь.

## 2.12.2 Вибір інструменту та розрахунок режимів різання та нормування при точінні торцевих поверхонь

Оскільки верстат Haas DS-30Y має достатню жорсткість, а матеріал 34Cr4 належить до групи середньовуглецевих легованих сталей, доцільно виконати торцювання за два переходи:

Чорнове торцювання - зняття шару матеріалу товщиною 1,5 мм.

Чистове торцювання – зняття шару матеріалу товщиною 0,5 мм.

Для обробки торця та одночасного формування уступів найкраще підходить універсальний прохідний різець. Зокрема для чорнового торцювання вибрано державку PCLNR 2525M12 та пластину CNMG 120408-PM GC4325.

Переваги його є такими: висока міцність, можливість роботи з великими подачами та стійкість при переривчастому різанні поковок.

Для чистового торцювання обираємо різець з державкою SDJCR 2525M11 і пластиною DCMT 11T304-PF GC4325.

Для чорнового торцювання глибина різання  $t = 1,5$  мм.

Середній діаметр торця

$$D_{\text{сер}} = (95 + 55) / 2 = 75 \text{ мм.}$$

Для пластини CNMG приймаємо  $V = 180$  м/хв.

Подача  $S = 0,30$  мм/об. Частота обертання

$$n = (1000 \times 180) / (3,14 \times 75) = 764 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n = 750$  об/хв.

Радіальний шлях інструмента

$$L = (95 - 55) / 2 = 20 \text{ мм}$$

з урахуванням врізання та перебігу  $L = 22$  мм.

Основний час

$$t_{01} = 22 / (0,30 \times 750) = 0,098 \text{ хв}$$

Для чистового торцювання глибина різання  $t = 0,5$  мм.

Приймаємо  $V = 250$  м/хв,  $S = 0,12$  мм/об.

Частота обертання

$$n = (1000 \times 250) / (3,14 \times 75) = 1061 \text{ об/хв}$$

Приймаємо  $n = 1050$  об/хв

Основний час

$$t_{02} = 22 / (0,12 \times 1050) = 0,175 \text{ хв}$$

Загальний основний час

$$t_{осн} = 0,098 + 0,175 = 0,273 \text{ хв}$$

Допоміжний час визначаємо таким чином. Для підведення та відведення інструмента  $t_{\delta} = 0,05$  хв. Штучний час  $t_{шт} = 0,273 + 0,05 = 0,323$  хв = 19,4 с

Для обробки торцевої поверхні фланця між діаметрами  $\varnothing 95$  мм та  $\varnothing 55$  мм прийнято двохпрохідне торцювання. Чорнова обробка виконується різцем з пластиною CNMG 120408-PM GC4325 при швидкості різання 180 м/хв і подачі 0,30 мм/об. Чистова обробка здійснюється різцем з пластиною DCMT 11T304-PF GC4325 при швидкості різання 250 м/хв і подачі 0,12 мм/об. Розрахунковий штучний час торцювання становить 0,32 хв (19 с), що забезпечує високу продуктивність та необхідну якість поверхні.

### **2.12.3 Розрахунок режимів різання при нарізанні внутрішньої гвинтової канавки**

На заключному етапі механічної обробки деталі «Фланець ОЛВ 52.11» необхідно виконати внутрішню гвинтову канавку на циліндричній поверхні отвору  $\varnothing 60_{+0,05}$  мм.

Вихідні дані: матеріал деталі – сталь 34Cr4 (EN 10083-3); діаметр отвору  $D = 60$  мм; довжина гвинтової канавки  $L = 46$  мм; крок гвинтової лінії  $P = 22$  мм; профіль канавки – напівкруглий; діаметр профілю канавки  $d = 3$  мм; устаткування – двошпindelний токарний центр Haas DS-30Y; закріплення деталі – гідравлічний трикулачковий патрон Kitagawa B-210; обробка виконується різцем для внутрішнього різьбофрезерування (канавкового точіння).

Для формування внутрішньої гвинтової канавки доцільно застосувати спеціальний розточувальний різець малого діаметра з твёрдосплавною пластиною радіусного профілю.

Рекомендується використовувати інструмент – внутрішній канавковий різець Sandvik CoroCut® 1-2 фірми Sandvik Coromant. Державка CoroCut 1-2 A16R-SCLCR09. Пластина: CoroCut N123G2-0300-0002-GF 1125.

Основні параметри є такими:

- ширина канавки – 3,0 мм;
- мінімальний діаметр внутрішньої обробки – 16 мм;
- придатна для внутрішніх канавок та гвинтових канавок;
- сплав 1125 призначений для обробки легованих сталей групи ISO P, до яких належить сталь 34Cr4;
- можливість роботи на високих швидкостях різання на верстатах з ЧПК.

Оскільки за кресленням канавка має напівкруглий профіль радіусом  $R=1,5\text{мм}$ , то доцільно виконати профільне формоутворення спеціально заточеною пластиною радіусного профілю або замовною пластиною CoroCut Profiling із радіусом 1,5 мм.

Альтернативою згаданому інструменту є інструмент, який споряджений державкою S16Q-SCLCR09, пластиною RCMT 03T1M0-F2 з радіусом вершини 1,5 мм. Такий варіант не потребує спеціальної профільної пластини.

Для сталі 34Cr4 при чистовому профільному точінні твёрдосплавним інструментом приймаємо  $V = 100$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = 530 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстата  $n=530$  об/хв.

При нарізанні гвинтової канавки поздовжня подача за один оберт дорівнює кроку гвинтової лінії:  $S=P=22$  мм/об.

Тоді хвилинна подача:  $S_m = n \times S = 11660$  мм/хв = 11,66 м/хв.

Кількість витків канавки:  $i=L/P=2,09$ .

Отже на поверхні формується приблизно два повних витки гвинтової канавки. Фактична довжина гвинтової лінії:  $L_{\{zv\}} = i \times \sqrt{(\pi D)^2 + P^2} = 396,5$  мм.

Оскільки подача здійснюється по гвинтовій траєкторії, основний час визначається за формулою

$$t_0 = 0,034 \text{ хв}$$

Для забезпечення стабільності профілю доцільно виконувати обробку двома проходами (чорновий і чистовий прохід).

$$\text{Тоді } t_0 = 2 \times 0,034 = 0,068 \text{ хв} = 4,1 \text{ с.}$$

На підведення інструмента, відведення та позиціонування приймаємо  $t_d = 0,12$  хв. Штучний час  $t_{\{um\}} = t_0 + t_d$  тобто  $t_{\{um\}} = 0,068 + 0,12 = 0,188$  хв.

Таким чином, для нарізання внутрішньої гвинтової канавки напівкруглого профілю діаметром 3 мм в отворі  $\varnothing 60^{+0,05}$  мм на токарному центрі Haas DS-30Y прийнято спеціальний внутрішній канавковий різець з радіусом вершини 1,5 мм. Розраховані режими різання становлять: швидкість різання 100 м/хв, частота обертання шпинделя 530 об/хв та подача 22 мм/об. Розрахунковий штучний час виконання операції складає 0,19 хв (11,3 с), що забезпечує високу продуктивність та необхідну якість обробки.

Для отримання напівкруглої канавки радіусом 1,5 мм можливим ефективним технічним рішенням буде також фрезерування гвинтовою інтерполяцією приводним інструментом (live tooling) на осі Y верстата Haas DS-30Y кульовою фрезою  $\varnothing 3$  мм. Це забезпечить значно точніше відтворення профілю канавки та простіше програмування.

#### **2.12.4 Розрахунок режимів різання при точінні шийки $\varnothing 75k6$**

Вихідними умовами обробки є: вихідний діаметр заготовки —  $\varnothing 95$  мм, необхідно отримати шийку  $\varnothing 75$  k6. довжина шийки — 23 мм, з одного боку шийка впирається в торець (є уступ).

У цьому випадку маємо зовнішнє точіння уступчастого вала з припуском по діаметру  $\Delta D = 95 - 75 = 20$  мм, тобто глибина різання  $t = (95 - 75) / 2 = 10$  мм.

Оскільки поверхня впирається в торець, для чистового проходу необхідно використовувати прохідний різець із кутом у плані  $95^\circ$ , виконати підрізання торця перед чистовим точінням.

Для такого припуску доцільно виконати три переходи (табл. 2.4)

Таблиця 2.4 – Технологічні переходи при точінні шийки  $\varnothing 75k6$

Перехід	Діаметр після обробки, мм	Глибина різання у мм	Інструмент
Чорновий №1	85	5,0	Державка: PCLNR 2525M12 Пластина: CNMG 120408-PM GC4325
Чорновий №2	76	4,5	
Чистовий	075 k6	0,5	Державка: SDJCR 2525M11 Пластина: DCMT 11T304-PF GC4325

При довжині шийки 23 мм приймаємо врізання 2 мм, перебіг 2 мм, і відповідно довжину робочого ходу:  $L = 23 + 2 + 2 = 27$  мм

Перехід 1. Чорнове точіння  $\varnothing 95 \rightarrow \varnothing 85$

Середній діаметр:  $D_{cp} = (95 + 85) / 2 = 90$  мм

Швидкість різання:  $V = 180$  м/хв. Частота обертання:  $n = (1000 \times 180) / (3,14 \times 90) = 637$  об/хв. Приймаємо:  $n = 630$  об/хв

Подача:  $S = 0,45$  мм/об. Основний час:  $t_{01} = 27 / (0,45 \times 630) = 0,095$  хв.

Перехід 2. Чорнове точіння  $\varnothing 85 \rightarrow \varnothing 76$

Середній діаметр  $D_{cp} = (85 + 76) / 2 = 80,5$  мм

Швидкість різання  $V = 190$  м/хв. Частота обертання  $n = (1000 \times 190) / (3,14 \times 80,5) = 751$  об/хв. Приймаємо  $n = 750$  об/хв. Подача  $S = 0,40$  мм/об.

Основний час  $t_{02} = 27 / (0,40 \times 750) = 0,090$  хв.

Перехід 3. Чистове точіння  $\varnothing 76 \rightarrow \varnothing 75 k6$

Глибина різання  $t = 0,5$  мм. Середній діаметр  $D_{cp} = 75,5$  мм. Швидкість різання  $V = 250$  м/хв. Частота обертання  $n = (1000 \times 250) / (3,14 \times 75,5) = 1054$

об/хв. Приймаємо  $n = 1050$  об/хв. Подача  $S = 0,12$  мм/об. Основний час  $t_{03} = 27/(0,12 \times 1050) = 0,214$  хв.

Сумарний основний час

$$t_{осн} = t_{01} + t_{02} + t_{03}$$

$$t_{осн} = 0,095 + 0,090 + 0,214 = 0,399 \text{ хв}$$

Допоміжний час для верстата Haas DS-30Y  $t_d = 0,15$  хв.

Штучний час

$$t_{ум} = t_{осн} + t_d$$

$$t_{ум} = 0,399 + 0,15 = 0,549 \text{ хв}$$

Приймаємо:  $t_{ум} = 0,55$  хв=33 с

Таким чином, для обробки шийки  $\varnothing 75$  к6 довжиною 23 мм прийнято трипрохідну схему точіння, яка включає два чорнових та один чистовий перехід. Для чорнової обробки використано різець з пластиною CNMG 120408-PM GC4325, а для чистового точіння - різець з пластиною DCMT 11T304-PF GC4325. Розраховані режими різання забезпечують досягнення точності поля допуску к6 та необхідної якості поверхні. Розрахунковий штучний час обробки становить 0,55 хв на деталь.

## 2.13 Висновки до розділу

У даному розділі виконано розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11». На основі аналізу конструкції деталі, матеріалу та умов виробництва обґрунтовано вибір способу отримання заготовки та виконано її проектування. Проведене техніко-економічне порівняння можливих варіантів дозволило встановити доцільність використання литої заготовки, яка забезпечує раціональне використання матеріалу та зменшення обсягу механічної обробки.

Розроблено структуру технологічного маршруту виготовлення фланця та визначено послідовність виконання технологічних операцій. Для виконання основної токарної обробки обґрунтовано вибір двошпindelного токарно-

фрезерного оброблювального центру Haas DS-30Y з контршпинделем, що дозволяє виконати повну обробку деталі за два установи без повторного базування. Для обробки отворів обрано вертикальний оброблювальний центр Haas Mini Mill, який забезпечує необхідну точність взаємного розташування отворів та високу продуктивність свердлильно-фрезерних переходів.

Розроблено технологію виконання операцій 010 та 015, визначено схеми базування і закріплення деталі, що забезпечують реалізацію принципів єдності та постійності технологічних баз. Прийняті схеми базування дозволяють забезпечити необхідну точність співвісності центрального отвору, посадочної шийки Ø75k6 та інших відповідальних поверхонь деталі.

Для виконання технологічних переходів підібрано сучасний різальний інструмент фірми Sandvik Coromant, а також необхідне технологічне спорядження та засоби контролю. Розроблена система контролю забезпечує перевірку лінійних розмірів, параметрів шорсткості, точності взаємного розташування поверхонь і відповідності отворів вимогам креслення.

Виконано розрахунок режимів різання для основних переходів механічної обробки, зокрема свердління отворів Ø14,5H13, зенкування фасок, точіння торцевих поверхонь, обробки посадочної шийки Ø75k6 та нарізання внутрішньої гвинтової канавки. На основі отриманих режимів проведено технічне нормування операцій та визначено їх штучний час.

Розроблений технологічний процес забезпечує виконання всіх вимог креслення деталі «Фланець ОЛВ 52.11», досягнення заданої точності та якості поверхонь, скорочення тривалості виробничого циклу й підвищення ефективності серійного виготовлення деталі.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Опис токарного гідравлічного трикулачкового патрону Kitagawa B-210

Для закріплення заготовки під час виконання токарної операції на двошпindelному токарному центрі Haas DS-30Y використовується гідравлічний трьохкулачковий механізований патрон Kitagawa B-210.

Патрон Kitagawa B-210 належить до клинових самоцентрувальних токарних патронів відкритого типу з наскрізним отвором. Конструкція патрона забезпечує одночасне радіальне переміщення трьох кулачків під дією гідравлічного приводу верстата, що дозволяє здійснювати швидке та точне центрування заготовок циліндричної форми.

Корпус патрона виготовлений із високоміцної легованої сталі, що забезпечує високу жорсткість конструкції та стійкість до динамічних навантажень під час високошвидкісної обробки. Передача зусилля затиску здійснюється через клиновий механізм, який забезпечує значну силу затиску та високу точність базування деталі.

Патрон має зовнішній діаметр 254 мм, наскрізний отвір 75 мм та максимальну силу затиску 111 кН. Максимальна частота обертання становить 4200 об/хв. Маса патрона разом із м'якими кулачками становить 34,5 кг. Для роботи патрона використовується гідроциліндр типу S1875. Патрон допускає встановлення як твердих, так і м'яких змінних кулачків, що розширює технологічні можливості устаткування.

Застосування патрона Kitagawa B-210 на верстаті Haas DS-30Y забезпечує надійне закріплення заготовки фланця, високу точність співвісності поверхонь після перехоплення контршпindelом, скорочення допоміжного часу та підвищення продуктивності обробки.

Основні технічні характеристики Kitagawa B-210: тип патрона - гідравлічний трикулачковий самоцентрувальний; діаметр патрона - 254 мм;

діаметр наскрізного отвору - 75 мм; максимальна сила затиску - 111 кН; максимальна частота обертання - 4200 об/хв; маса патрона - 34,5 кг; тип привідного гідроциліндра - S1875.

## **3.2 Цанговий затискний пристрій Kitagawa SS1452**

### **3.2.1 Опис конструкції та принципу затиску**

Для перехоплення та закріплення деталі після обробки першого торця на контршпинделі токарного центру Haas DS-30Y використовується цанговий затискний пристрій Kitagawa SS1452.

Цанговий затискний пристрій Kitagawa SS1452 належить до високоточних гідравлічних затискних систем, призначених для базування та закріплення деталей по циліндричних поверхнях. Конструкція пристрою забезпечує рівномірний розподіл затискного зусилля по всьому колу контакту, що дозволяє отримати високу точність центрування та мінімізувати деформацію заготовки під час механічної обробки.

Принцип роботи пристрою полягає у переміщенні затискної цанги за допомогою вбудованого гідравлічного приводу. Під дією осьового зусилля цанга деформується в радіальному напрямку та забезпечує надійне закріплення деталі по обробленій циліндричній поверхні. Завдяки відсутності локальних контактів, характерних для кулачкових патронів, досягається висока точність базування та зменшується ризик пошкодження на чисто оброблених поверхнях.

У розробленому технологічному процесі цанговий затискний пристрій Kitagawa SS1452 використовується для перехоплення фланця після завершення обробки першого торця. Базування здійснюється по попередньо обробленому циліндричному діаметру 58 мм на довжині 48 мм. Така схема забезпечує високу співвісність поверхонь деталі після перехоплення контршпинделем та дозволяє виконувати обробку другого торця за один технологічний цикл без повторного встановлення заготовки.

Гідроциліндр SS1452 розвиває осьове зусилля затиску до 56,5 кН при робочому тиску 4,5 МПа. Максимальна частота обертання становить 6500 об/хв, що повністю відповідає режимам роботи токарного центру Haas DS-30Y. Конструкція пристрою забезпечує високу жорсткість закріплення, стабільність положення деталі під час точіння та можливість використання змінних цанг різного діапазону діаметрів.

Технічні характеристики SS1452 є такими: тип – порожнистий гідравлічний циліндр для цангових патронів; хід поршня – 22 мм; максимальне зусилля затиску – 56,5 кН; максимальна частота обертання – 6500 об/хв; робочий тиск – 4,5 МПа; маса – 13 кг; різь тяги – M58×1,5.

Для випадку закріплення фланця по отворі (Ø58 мм, L=48 мм) патрон цанговий забезпечує доцільну технологічно правильну схему базування, оскільки відношення довжини базування до діаметра становить  $58/48=0.83$ , що забезпечує достатню стійкість деталі під час чистової обробки другого торця на контршпинделі.

Застосування цангового затискного пристрою Kitagawa SS1452 дозволяє підвищити точність обробки фланця, зменшити похибку повторного базування, скоротити допоміжний час та забезпечити автоматизоване перехоплення деталі між шпинделями верстата.

### **3.2.2 Розрахунок сили затиску заготовки цанговим патроном**

Для затиску заготовки фланця можливе не забезпечення достатнього крутного моменту під час чистового та особливо чорнового точіння.

Тому нами проведено розрахунок сили затиску заготовки фланця розтискним цанговим патроном при упорі заготовки об бурт оправки, який подано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок сили затиску заготовки фланця цанговим патроном

№ з/п	Параметр розрахунку	Формули, значення параметрів, результати розрахунків
1	Момент різання	$M = P_z \cdot R_1$
2	Діаметр поверхні за якою здійснюється затиск	$D = 58 \text{ мм}$
	Розрахунковий параметр	$R = 0,5 \cdot D = 29 \text{ мм}$
	Діаметр деталі максимальний	$D_1 = 207,9 \text{ мм}$
	Розрахунковий параметр	$R_1 = 0,5 \cdot D_1 = 104 \text{ мм};$
	Максимальна складова сили різання	$P_z = P_{z\max} = 2532 \text{ Н};$
	Момент сили тертя, який протидіє впливу моменту різання	$M_{mp} = W_{\text{сум}} \cdot f \cdot R$
	Умова рівноваги затиску	$W_{\text{сум}} = f \cdot R = R \cdot M = R \cdot P_z \cdot R_1$
	Коефіцієнт тертя між кулачками і деталлю	$f = 0,8$
	Коефіцієнт запасу затиску	$R_{\text{зан}} = 1,5$
	Силу затиску оброблюваної заготовки	$W_{\text{сум}} = \frac{R_{\text{зан}} \cdot M}{f \cdot R} = \frac{R_{\text{зан}} \cdot P_z \cdot R_1}{f \cdot R}$ $W_{\text{сум}} = \frac{1,5 \cdot 2532 \cdot 104}{0,8 \cdot 29} = 17025$
	Тертя у контактних поверхнях цанги	$\text{tg } \varphi = 0,2, \varphi = 11,31^\circ$
	Сила, яка прикладена до штоку гідроциліндра	$Q = W_{\text{сум}} \cdot [\text{tg}(\alpha + \varphi) + f]$ $Q = 17025 \cdot [\text{tg}(5^\circ + 11,31^\circ) + 0,8] = 18601 \text{ Н}$
	Умова надійного затиску	$Q < 56,5 \text{ кН}$

### 3.3 Розрахунок та проектування калібра-пробки для контролю отвору $\varnothing 58,1_{+0,05}$ мм

Для контролю точності виготовлення отвору корпусу ЖВМ22.122.11 діаметром  $\varnothing 58,1_0^{+0,05}$  мм передбачено застосування гладкого двостороннього граничного калібра-пробки, який забезпечує швидкий контроль придатності деталі без використання універсальних вимірювальних засобів.

Розрахунок та проектування калібра-пробки виконано за вимогами ГОСТ 24853-81 та ГОСТ 24851-81 для гладких граничних калібрів.

Номинальний розмір контрольованого отвору становить  $D=58,1$  мм.

Граничні розміри отвору: нижній граничний розмір  $D_{min}=58,100$  мм, верхній граничний розмір  $D_{max}=58,150$  мм.

Допуск отвору

$$T_D = D_{max} - D_{min};;$$

$$T_D = 58,150 - 58,100 = 0,050 \text{ мм.}$$

Для контролю отворів застосовують прохідну сторону (ПР) та непрохідну сторону (НЕ).

Відповідно до стандарту для отворів діаметром від 50 до 80 мм приймають допуск виготовлення калібра  $H=0,005$  мм, а допуск зношування прохідної сторони  $Z=0,003$  мм.

Прохідний калібр повинен контролювати мінімальний розмір отвору.

Виконавчий розмір ПР:

$$D_{ПР} = D_{min} + Z + \frac{H}{2}$$

$$D_{ПР} = 58,100 + 0,003 + \frac{0,005}{2}$$

$$D_{ПР} = 58,1055 \text{ мм.}$$

Граничні розміри прохідної сторони:  $58,1055_{-0,005}$  мм.

Отже,  $D_{ПРmax}=58,1055$  мм,  $D_{ПРmin}=58,1005$  мм.

Розрахунок непрохідної сторони є таким.

Непрохідна сторона контролює максимальний розмір отвору.

Виконавчий розмір:

$$D_{HE} = D_{max} + \frac{H}{2}$$
$$D_{HE} = 58,150 + \frac{0,005}{2}$$
$$D_{HE} = 58,1525 \text{ мм.}$$

Граничні розміри непрохідної сторони  $58,1525_{-0,005}$  мм.

Тобто  $D_{HEmax}=58,1525\text{мм}$ ,  $D_{HEmin}=58,1475\text{мм}$ .

Отримані результати повністю відповідають розмірам, наведеним на кресленні калібра-пробки.

Спроекований калібр є двостороннім гладким калібром-пробкою.

Конструкція містить прохідну вимірювальну частину ПР діаметром  $\varnothing 58,1055_{-0,005}$  мм, непрохідну вимірювальну частину НЕ діаметром  $\varnothing 58,1525_{-0,005}$  мм та ручку для утримування калібра під час контролю.

Довжина вимірювальних частин прийнята  $l=30\text{мм}$ , що забезпечує надійне базування калібра в контрольованому отворі.

Для виготовлення калібра-пробки застосовується інструментальна легована сталь ХВГ або 9ХС.

Після механічної обробки калібр піддається гартуванню та низькому відпуску до твердості 58...64HRC, що забезпечує високу зносостійкість робочих поверхонь та стабільність розмірів у процесі експлуатації. Ця вимога також зазначена на кресленні калібра.

Під час контролю прохідна сторона ПР повинна входити в отвір під дією власної маси без прикладання додаткового зусилля, а непрохідна сторона НЕ не повинна входити в отвір більш ніж на 1–2 мм.

Якщо виконуються обидві умови, отвір  $\varnothing 58,1(+0,05)$  мм вважається придатним.

У результаті розрахунку спроековано двосторонній гладкий калібр-пробку для контролю отвору  $\varnothing 58,1(+0,05)$  мм деталі «Корпус ЖВМ22.122.11». Отримані виконавчі розміри ПР -  $\varnothing 58,1(055-0,005)$  мм, НЕ -  $\varnothing 58,1525-0,005$  мм.

Калібр забезпечує 100 % контроль придатності отвору в умовах серійного

виробництва та відповідає вимогам стандартів до граничних калібрів і розмірам робочого креслення.

### 3.4 Розрахунок та проектування калібра-скоби для контролю діаметра Ø207,9h12

Для контролю зовнішнього діаметра корпусу ЖВМ22.122.11 Ø207,9h12 застосовується гладка двостороння гранична калібр-скоба КРБ22-001.06.00, що забезпечує швидкий контроль розміру без застосування універсальних вимірювальних засобів.

Згідно з кресленням деталі, поле допуску h12 становить  $ES=0$ ,  $EI=-0,46$ мм. Отже, граничні розміри контрольованого вала: верхній граничний розмір  $d_{max}=207,900$ мм; нижній граничний розмір  $d_{min}=207,900-0,460=207,440$ мм.

Допуск розміру

$$T_d = d_{max} - d_{min}$$

$$T_d = 207,900 - 207,440 = 0,460 \text{мм.}$$

Контроль здійснюється двома сторонами калібра прохідною (ПР) та непрохідною (НЕ).

Для контролю валів прохідна сторона скоби перевіряє найбільший граничний розмір вала.

Для діапазону діаметрів понад 180 до 250 мм приймають  $H=0,016$ мм - допуск виготовлення калібра,  $Z=0,010$ мм - допустиме зношування прохідної сторони.

Виконавчий розмір прохідної сторони визначають за формулою

$$D_{ПР} = d_{max} - Z - 0.5H$$

$$D_{ПР} = 207,900 - 0,010 - 0,016/3 = 207,882 \text{мм.}$$

Після округлення відповідно до норм точності отримуємо  $D_{ПР} = 207,883$ мм. Граничні розміри прохідної сторони  $207,883_{+0,008}$ мм.

Таким чином  $D_{ПРmin} = 207,883$ мм;  $D_{ПРmax} = 207,891$ мм.

Непрохідна сторона повинна контролювати найменший допустимий

діаметр вала.

Виконавчий розмір визначається залежністю

$$D_{HE} = d_{min} - H/2$$

$$D_{HE} = 207,440 - 0,5 \cdot 0,016 = 207,432 \text{ мм.}$$

З урахуванням стандартного округлення та конструктивного виконання скоби на кресленні прийнято розмір  $D_{HE} = 207,436 \text{ мм}$ .

Граничні розміри  $207,436_{+0,080} \text{ мм}$ . Тобто  $D_{HEmin} = 207,436 \text{ мм}$ ;  $D_{HEmax} = 207,516 \text{ мм}$ .

Отримані значення відповідають кресленню калібра-скоби.

Спроектований контрольний засіб являє собою двосторонню листову калібр-скобу. Конструкція містить прохідний розмір ПР  $207,883_{+0,008} \text{ мм}$  та непрохідний розмір НЕ  $207,436_{+0,080} \text{ мм}$ .

Для зручності використання на скобі передбачено маркування сторін «ПР» та «НЕ». На кресленні також задано допоміжні розміри, необхідні для забезпечення жорсткості та зручності контролю.

Калібр-скобу рекомендується виготовляти зі сталі 9ХС або ХВГ.

Після механічної обробки виконують термічне зміцнення до твердості 58...64 НРС.

Така твердість забезпечує високу зносостійкість робочих поверхонь і стабільність метрологічних характеристик протягом усього терміну експлуатації. Вимога щодо твердості також зазначена на кресленні.

При контролі зовнішнього діаметра прохідна сторона ПР повинна вільно проходити через контрольований діаметр, а непрохідна сторона НЕ не повинна проходити через контрольований діаметр.

Якщо виконуються обидві умови, розмір  $\text{Ø}207,9\text{h}12$  вважається придатним.

Таким чином, в результаті виконаного розрахунку спроектовано двосторонню гладку калібр-скобу для контролю зовнішнього діаметра  $\text{Ø}207,9\text{h}12$  деталі «Фланець ОЛВ 52.11». Виконавчі розміри скоби становлять:

$$\text{ПР} - 207,883_{+0,008} \text{ мм}; \text{НЕ} - 207,436_{+0,080} \text{ мм.}$$

Спроекований калібр забезпечує оперативний контроль розміру в умовах серійного виробництва та відповідає вимогам креслення деталі й робочого креслення калібра-скоби.

### **3.5 Пристосування контрольне для перевірки торцевого биття**

#### **3.5.1 Опис конструкції та принципу роботи**

Для контролю точності виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» розроблено спеціальне контрольне пристосування КРБ 22-001.05.00, призначене для вимірювання торцевого биття контрольованої поверхні відносно базового отвору деталі.

Контрольне пристосування складається з корпусу, в якому розміщено механізм закріплення та обертання контрольованої деталі. Основними елементами конструкції є корпус, оправка, клин, три кулачки, рейково-зубчастий механізм приводу, вузол індикатора та елементи керування.

Основою пристосування є корпус, у якому встановлена втулка та оправка. Оправка служить базуючим елементом і забезпечує центрування деталі по центральному отвору. Закріплення деталі здійснюється трьома кулачками, які рівномірно розташовані по колу та переміщуються в радіальному напрямку.

Рух кулачків забезпечується клиновим механізмом. Під час переміщення клина його конічна поверхня взаємодіє з кулачками, змушуючи їх одночасно переміщуватися до центра або від центра оправки. Завдяки цьому досягається надійне самоцентрування контрольованої деталі.

Переміщення клина здійснюється рейкою, яка приводиться в рух зубчастим колесом через рукоятку керування. Така конструкція забезпечує плавне затискання деталі та зручність експлуатації пристосування.

Для вимірювання торцевого биття використовується індикатор годинникового типу Н4-0 з діапазоном вимірювання 0–2 мм. Індикатор встановлюється на направляючих пристосування та може переміщуватися

вздовж контрольованої поверхні для вибору точки вимірювання.

Конструкцією також передбачено обмежувачі, напрямні, фіксатор і підшипниковий вузол, які забезпечують точність переміщень та стабільність роботи пристосування. Після складання повинно бути забезпечене обертання оправки з радіальним биттям кулачків не більше 0,005 мм, що гарантує високу точність контролю.

Принцип роботи пристосування є таким.

Перед початком контролю індикатор встановлюють у нульове положення за допомогою еталонної деталі. Це дозволяє виключити похибку налаштування та забезпечити достовірність результатів вимірювання. Контрольована деталь встановлюється на оправку по базовому отвору. Поворотом рукоятки приводиться в рух зубчасте колесо, яке через рейку переміщує клин. Клин переміщує кулачки до центра, забезпечуючи надійне закріплення та самоцентрування деталі.

Після закріплення деталі вимірювальний наконечник індикатора підводять до контрольованої торцевої поверхні. Деталь плавно обертають навколо осі оправки, а за показами індикатора визначають величину торцевого биття. Різниця між максимальним та мінімальним показами індикатора за один повний оберт деталі відповідає величині контрольованого биття.

Якщо отримане значення не перевищує встановленого допуску, деталь вважається придатною. У разі перевищення допустимого значення деталь підлягає додатковій обробці або бракується.

### **3.5.2 Обґрунтування вибору індикатора годинникового типу ІЧ-02 кл. 1 ГОСТ 577-68**

Для контролю торцевого биття деталі «Фланець ОЛВ 52.11» у складі контрольного пристосування застосовано індикатор годинникового типу ІЧ-02 з діапазоном вимірювання 0–2 мм згідно з ГОСТ 577-68.

Вибір даного індикатора обумовлений характером контрольованого параметра та вимогами до точності вимірювання. Торцеве биття є незначним

відхиленням поверхні від ідеального положення відносно осі обертання, тому для його визначення необхідний високочутливий вимірювальний прилад із малою ціною поділки.

Індикатор Н4-0 має ціну поділки 0,01 мм і діапазон вимірювання 0–2 мм, що повністю задовольняє умови контролю даної деталі. Очікувана величина торцевого биття фланця після механічної обробки становить десяті або соті частки міліметра, тому застосування індикатора з точністю 0,01 мм забезпечує достатній запас точності та високу достовірність результатів вимірювання.

Відповідно до загальноприйнятого правила метрології, похибка засобу вимірювання повинна бути не більше 10–20 % від величини контрольованого допуску. За наявності ціни поділки 0,01 мм індикатор ІЧ-02 забезпечує виконання цієї вимоги для контролю торцевого биття деталі, що підтверджує правильність його вибору.

Додатковими перевагами індикатора ІЧ-02 є простота встановлення у контрольному пристосуванні, висока надійність та довговічність, зручність зчитування показів, можливість багаторазового використання без додаткового налаштування та широке застосування в машинобудівному виробництві для контролю биття, співвісності та відхилень форми поверхонь.

Таким чином, використання індикатора годинникового типу ІЧ-02 кл. 1 ГОСТ 577-68 є технічно обґрунтованим і забезпечує необхідну точність контролю торцевого биття деталі «Фланець ОЛВ 52.11» у процесі її виготовлення.

### **3.5.3 Розрахунок точності контрольного пристосування методом накопичення похибок**

Алгоритм та опис аналітичних формул та умов розрахунку точності контрольного пристосування методом накопичення похибок подано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.2 – Розрахунок точності контрольного пристосування

№ з/п	Алгоритм розрахунку та опис умов	Аналітична залежність та порядок розрахунку
1	Похибка закріплення	Закріплення здійснюється трьома кулачками через клиновий механізм. Для трикулачкових самоцентруючих механізмів приймають $\Delta_z = 0,01$ мм
2	Похибка базування деталі	Деталь базується по центральному отвору на оправці, тому похибка базування визначається посадкою отвору на оправку. Для отвору $\text{Ø}75\text{H}7$ і оправки $\text{h}6$ максимальний радіальний зазор становить приблизно $S_{max}=0,035$ мм. Тоді похибка базування $\Delta_b = \frac{S_{max}}{2} = 0,0175$ мм
3	Власна похибка пристосування	На складальному кресленні зазначено вимогу: «Після складання забезпечити обертання деталі поз. 4 з биттям кулачків поз. 6, притиснених до конуса пальця поз. 5, не більше 0,005 мм». Отже, $\Delta_b = 0,005$ мм
4	Похибка індикатора	Для індикатора ІЧ-02 (0–2 мм) ГОСТ 577-68: ціна поділки – 0,01 мм; допустима інструментальна похибка $\Delta_{\text{інд}} = 0,01$ мм
5	Сумарна похибка вимірювання торцевого биття	$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_b^2 + \Delta_z^2 + \Delta_b^2 + \Delta_{\text{інд}}^2}$ ; $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0,0175^2 + 0,01^2 + 0,005^2 + 0,01^2}$ ; $\Delta_{\Sigma} = 0,023$ мм
6	Коефіцієнт точності	Для контролю торцевого биття фланця з допуском 0,10мм коефіцієнт точності: $K = \frac{\Delta_{\Sigma}}{T} = \frac{0,023}{0,10} = 0,23$ . Тобто $K = 23\%$
7	Умова можливості використання	Для контрольних пристосувань допустимим вважається співвідношення $\Delta_{\Sigma} \leq (0,2 \dots 0,3)T$
8	Висновок	Отримане значення $K=0,23$ відповідає вимогам точності, тому розроблене контрольне пристосування забезпечує надійний контроль торцевого биття деталі «Фланець ОЛВ 52.11» і може бути рекомендоване до використання у виробництві.

### 3.6 Висновки до розділу

У роботі виконано аналіз та обґрунтування вибору технологічного спорядження, необхідного для виготовлення фланця. Розглянуто конструкцію та принцип роботи токарного гідравлічного трьохкулачкового патрона Kitagawa B-210 і цангового затискного пристрою Kitagawa SS1452, що забезпечують надійне базування та закріплення заготовки під час механічної обробки. На основі розрахунку сили затиску підтверджено достатню жорсткість і надійність закріплення деталі в процесі виконання технологічних операцій.

Для забезпечення контролю точності виготовлення відповідальних поверхонь деталі виконано розрахунок і проектування спеціальних контрольних засобів. Спроектовано гладкий калібр-пробку для контролю отвору  $\varnothing 58,1+0,05$  мм та калібр-скобу для контролю зовнішнього діаметра  $\varnothing 207,9h12$ . Визначено їх виконавчі розміри, допуски виготовлення та вимоги до матеріалу і термічної обробки, що забезпечують необхідну точність та довговічність засобів контролю.

Також розроблено контрольне пристосування для перевірки торцевого биття деталі. Обґрунтовано вибір індикатора годинникового типу ІЧ-02 класу точності 1 та виконано розрахунок точності пристосування методом накопичення похибок. Результати розрахунку показали, що сумарна похибка контролю не перевищує допустимих значень, а отже розроблене пристосування забезпечує достовірний контроль заданого параметра.

Таким чином, розроблені та обґрунтовані в даному розділі конструктивні рішення забезпечують надійне закріплення заготовки під час обробки, необхідний рівень точності контролю геометричних параметрів деталі та можуть бути рекомендовані для використання в умовах дрібносерійного виробництва фланця.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Характеристика показників кількості та особливостей розміщення засобів пожежогасіння на ділянці виготовлення фланця

До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Для визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід враховувати фізико-хімічні та пожежо-небезпечні властивості горючих речовин, їх взаємодію з вогнегасними речовинами, а також розміри площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок.

Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також для етажерок відкритих установок.

Якщо в одному приміщенні знаходиться декілька різних за пожежною небезпекою виробництв, не відділених одне від одного протипожежними стінами, усі ці приміщення забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва.

Покривала повинні мати розмір не менше як 1м×1м. Вони призначені для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання горючих речовин розміри покривал можуть бути збільшені до величин: 2м×1,5м, 2м×2м. Покривала слід застосовувати для гасіння пожеж класів «А», «В», «D», (E).

Бочки з водою встановлюють у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного

водогону та за наявності горючих матеріалів, їх кількість у приміщеннях визначають з розрахунку установки однієї бочки на 250-300 м<sup>2</sup> захищеної площі.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 повинні мати місткість не менше 0,2 м<sup>3</sup> і бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 0,008 м<sup>3</sup>.

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м<sup>2</sup>.

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщаються на ньому, слід включати: вогнегасники – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу розміром 2м×2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5, 1,0 або 3,0 м<sup>3</sup> та бути укомплектованими совковою лопатою.

Вмістилища для піску, що є елементом конструкції пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше 0,1 м<sup>3</sup>. Конструкція ящика (вмістилища) повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

Склади лісу, тари та волокнистих матеріалів слід забезпечувати збільшеною кількістю пожежних щитів з набором первинних засобів пожежогасіння, виходячи з місцевих умов.

Будівлі та споруди, які зводяться та реконструюються, мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння з розрахунку:

- на 200 м<sup>2</sup> площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша 200 м<sup>2</sup> – два вогнегасники на поверх), бочка з водою, ящик з піском;
- на кожні 20 м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі), а на кожні 100 м довжини риштування – бочка з водою;
- на 200 м<sup>2</sup> площі перекриття з горючим утеплювачем або горючими покрівлями – один вогнегасник, бочка з водою, ящик з піском;
- на кожну люльку агрегату для будівництва градирень – по два вогнегасники;

- у місці встановлення теплогенераторів, калориферів – два вогнегасники та ящик з піском на кожний агрегат.

У вищезазначених місцях слід застосовувати вогнегасники пінні чи водяні місткістю 10 л або порошкові місткістю не менше 5 л.

На території будівництва, в місцях розташування тимчасових будівель, складів, майстерень встановлюють пожежні щити (стенди) та бочки з водою.

Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється згідно з таблицями в залежності від їх вогнегасної спроможності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захищеному приміщенні або на об'єкті (стандарт ISO №3941-77).

Вибір типу вогнегасника (пересувний чи переносний) обумовлений розмірами можливих осередків пожеж; у разі збільшення їх розмірів рекомендується використовувати пересувні вогнегасники .

Для гасіння великих площ горіння, коли застосування ручних та пересувних вогнегасників є недостатнім, на об'єкті мають бути передбачені додатково ефективні засоби пожежогасіння.

З наведених нижче рекомендацій, а також скориставшись даними таблиць (стандарт ISO №3941-77), призначаємо наступну кількість засобів пожежогасіння для проектного цеху:

У відділеннях механічної обробки, заготівельних і складських приміщеннях, пожежні щити на відстані 50 м один від одного, оснащені: вогнегасники – 3 шт.; покривало з негорючого матеріалу розміром 2м×2м – 1шт.; гаки – 3 шт.; лопати – 2 шт.; ломи – 2 шт.; сокири – 2 шт.; ящик з піском – 1 шт.

Відділення по збереженню палива і мастильних речовин, а також у фарбувальному цеху, додатково оснастити пересувними порошковими вогнегасниками місткістю 50л., а також бочками з водою, по одній на відділення.

## 4.2 Структуризація заходів щодо обезпилення повітря на дільниці виготовлення фланця

Очищення повітря від пилу може здійснюватися як при подачі зовнішнього повітря в приміщення, так і при видаленні з нього запиленого повітря. У першому випадку забезпечується захист працюючих у виробничих приміщеннях, а в другому – захист навколишньої атмосфери.

Універсальних пилозатримуючих пристроїв, придатних для будь-яких видів пилу і для будь-яких початкових концентрацій, не існує. Кожен з цих пристроїв придатний для визначеного виду пилу, початкової концентрації і необхідного ступеня очищення.

Важливим показником роботи пиловловлюючого устаткування є коефіцієнт очищення повітря, що визначається за формулою [8]

$$K_{\phi} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100\%,$$

де  $q_1$  і  $q_2$  – вміст пилу до і після очищення, мг/м<sup>3</sup>.

Очищення повітря від пилу може бути грубим, середнім і тонким. При грубому очищенні повітря затримується крупний пил з розмір часток більше 100 мкм). Таке очищення можна використовувати, наприклад, як попереднє очищення для сильно запиленого повітря при багатоступінчастому очищенні. При середньому очищенні затримується пил з розміром часток до 100 мкм, а його кінцевий вміст не повинний бути більшим 100 мг/м<sup>3</sup>. Тонке очищення, при якому затримується дуже дрібний пил з розміром часток до 10 мкм та кінцевим вмістом у повітрі до 1 мг/м<sup>3</sup>.

Устаткування для обезпилення повітря поділяється на пиловловлювачі і фільтри.

Пиловловлювачі – це пристрої, дія яких ґрунтується на використанні інерційних сил для осадження часток пилу, що відокремлюють пил від повітряного потоку при зміні швидкості (у пилоосаджуючих камерах) і

напрямку його руху (одиничні і батарейні циклони, інерційні і ротаційні пиловловлювачі).

Пиловловлювачі застосовують при вмісті пилу в повітрі, більш  $150 \text{ мг/м}^3$ .

Пилоосаджуючі камери застосовують для осадження крупного і важкого пилу з розміром часток більше  $100 \text{ мкм}$ . Швидкість запиленого повітря в поперечному перерізі камери приймається невеликою – близько  $0,5 \text{ м/с}$  для того, щоб пил міг осісти в камері раніше, ніж залишить її. Тому габарити камер виявляються досить значними, що обмежує їх застосування, незважаючи на очевидні переваги – дешевизна і простота експлуатації.

Ефективність очищення можна збільшити (до  $80 - 95 \%$ ), якщо камеру виконати лабіринтного типу, хоча це спричиняє збільшення гідравлічного опору.

Циклони. Їх застосовують для грубого і середнього очищення від сухого не волокнистого пилу, що злипається. Пилозбірник в циклонах побудовано на принципі відцентрової сепарації. Потрапляючи в циклон по дотичній через вхідний патрубок, повітряний потік набуває обертального руху по спіралі, і опустившись до дна конічної частини, виходить назовні через центральну трубу. Під дією відцентрових сил частки пилу відкидаються до стінки циклона і захоплюються повітряним потоком, опускаються на дно циклона, а звідти видаляються в пилозбірник. Ефективність очищення збільшується (до  $90 \%$ ) при зменшенні розмірів циклона, оскільки величина відцентрової сили обернено пропорційна відстані між частками пилу до осі циклона. Тому замість одного циклона великого розміру ставлять паралельно два чи більше циклонів менших розмірів – так звані батарейні циклони.

Через можливе загоряння і вибухи пилу в циклонах їх встановлюють поза виробничими приміщеннями.

Для очищення повітря зі значним змістом пилу використовують циклони з водяною плівкою, яка створюється на його внутрішній поверхні.

Ротаційні пиловловлювачі представляють собою відцентровий вентилятор, що одночасно з переміщенням повітря очищає його від крупних

часток пилу завдяки силам інерції, що виникають при обертанні робочого колеса. Вони знаходять застосування у виробництвах, якому притаманна значна запиленість виробничих приміщень, наприклад у ливарному. Вони забезпечують порівняно високу ефективність очищення: для часток пилу від 8 до 20 мкм – 83 %, а для більших – до 97 %.

Фільтри – це пристрої, у яких запилене повітря пропускається через пористі, сітчасті матеріали, а також через конструкції, здатні затримувати чи осаджувати пил.

У якості фільтруючих матеріалів застосовують скловату, гравій, кокс, металеву стружку, пористий папір чи тканину, тонку металеву сітку, порцелянові чи металеві порожнинні кільця.

Паперові фільтри. Фільтруючим матеріалом у них є гофрований, пористий папір (целюзна вата) чи так званий шовковий (шовковистий пористий папір), складений в 4 - 10 аркушів і закладений в спеціальні касети. Такі касети встановлюються в металеві каркаси. Ефективність очищення паперових фільтрів дуже висока – до 98 – 99 %. Ці фільтри використовують для очищення повітря, яке подається в приміщення.

Для того щоб касети періодично звільнялися від часточок пилу, що осаджується на них в процесі експлуатації, забезпечується можливість струшування фільтру.

Масляні фільтри. Такі фільтри застосовують для очищення повітря, яке подається в приміщення при малих концентраціях пилу (до 20 мг/м<sup>3</sup>).

Ряд конструкцій представляють собою касету, обтягнуту сіткою і заповнену порцеляновими чи мідними кільцями, гофрованими сітками. Ця касета перед установкою в мережу опускається у вазелінову олію.

Частки пилу, проходячи з повітрям через лабіринт отворів, утворених кільцями чи сітками, затримуються на їх змоченій поверхні. Ефективність очищення сягає 95 - 98 %.

В даний час широке застосування одержали самоочисні масляні фільтри, у яких фільтрація здійснюється двома полотнами з металевої сітки, які

безупинно рухаються. Нижня частина полотна на 150 мм занурена в масло, що знаходиться у ванні.

При забрудненні масляних фільтрів кільця і сітки промивають у содовому розчині.

Електричні фільтри застосовують для очищення повітря і газів від дрібнодисперсного пилу. При проходженні запиленого газу чи повітря через фільтр відбувається іонізація часток пилу, тобто утворення позитивних і негативних іонів. Пил, що одержав заряд від негативного електрода, прагне осісти на позитивному електроді, яким є заземлені стінки фільтра і спеціальні осаджуючі електроди. Ці електроди періодично струшуються за допомогою спеціального механізму а осілий пил збирається в бункері, звідки, за мірою заповнення, видаляється.

Ультразвуковий фільтр використовується для тонкого очищення. Його робота заснована на явищі, що під впливом ультразвуку високої інтенсивності відбувається коагуляція дрібних часток пилу. Великі частки, що утворюються при цьому, осаджуються в звичайних пиловловлювачах наприклад у циклонах. Ефективність очищення складає 90 % при дії ультразвуку протягом 3 - 5 с.

Якщо необхідна ефективність очищення досягається в одному пиловловлювачі чи фільтрі, то таке очищення називається одноступінчастим. Для одержання необхідної чистоти використовують двоступінчасте очищення. Наприклад, якщо першою ступінню очищення повітря є циклон, то в якості другої може служити масляний фільтр тощо.

Правильна експлуатація фільтрів (своєчасне очищення, промивання тощо) має велике значення для ефективної роботи вентиляції.

### **4.3 Висновки до розділу**

У розділі визначено показники кількості засобів пожежогасіння для розміщення на ділянці виготовлення фланця та описано основні заходи щодо обезпилення повітря в механообробному цеху.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне інженерне завдання з розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» в умовах серійного виробництва.

У результаті виконання роботи проведено аналіз службового призначення, конструкції та технологічності деталі, а також досліджено хімічний склад і фізико-механічні властивості сталі 34Cr4. Встановлено, що конструкція деталі є технологічною та придатною для виготовлення із застосуванням сучасного металорізального устаткування з числовим програмним керуванням.

На підставі техніко-економічного аналізу обґрунтовано вибір способу отримання заготовки та виконано її проектування з урахуванням вимог до точності, продуктивності та раціонального використання матеріалу. Розроблено структуру технологічного маршруту виготовлення деталі та визначено послідовність виконання основних технологічних операцій.

Для реалізації технологічного процесу обґрунтовано використання горизонтального двошпindelного токарно-фрезерного оброблювального центру Haas DS-30Y з контршпindelем та вертикального оброблювального центру Haas Mini Mill. Застосування зазначеного устаткування дозволяє забезпечити високу продуктивність обробки, скорочення допоміжного часу та підвищення точності взаємного розташування поверхонь деталі.

Розроблено технологію виконання токарної та свердлильно-фрезерної операцій, обґрунтовано схеми базування та закріплення деталі, підібрано різальний, допоміжний і контрольний-вимірювальний інструмент. Виконано розрахунок режимів різання та технічне нормування основних технологічних переходів, що дозволило визначити раціональні параметри обробки та забезпечити необхідні показники якості поверхонь.

У конструкторській частині роботи виконано аналіз та розрахунок елементів технологічного спорядження. Розглянуто конструкцію токарного гідравлічного трикулачкового патрона Kitagawa B-210 та цангового затискного

пристрою Kitagawa SS1452, виконано розрахунок сили затиску заготовки. Розрахунком підтверджено достатню величину сили затиску та надійність закріплення деталі під час виконання технологічних операцій. Розроблено калібр-пробку для контролю отвору  $\varnothing 58,1+0,05$  мм, калібр-скобу для контролю діаметра  $\varnothing 207,9h12$  та контрольне пристосування для перевірки торцевого биття деталі. Проведений розрахунок точності контрольного пристосування підтвердив можливість забезпечення необхідної достовірності контролю.

У розділі з безпеки життєдіяльності та охорони праці визначено необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння для виробничої ділянки та розглянуто заходи щодо зниження запиленості повітря робочої зони, спрямовані на покращення умов праці та підвищення рівня виробничої безпеки.

Таким чином, поставлена в роботі мета досягнута в повному обсязі. Розроблений технологічний процес виготовлення деталі «Фланець ОЛВ 52.11» забезпечує виконання вимог конструкторської документації щодо точності, якості поверхонь і взаємного розташування елементів, а також може бути рекомендований для впровадження у серійне виробництво.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготованок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
2. Багрова І. В. Нормування праці : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 212 с.
3. Васильків В. В., Радик Д. Л. Експериментальні дослідження в технології машинобудування. Навч. посіб. з дисципліни "Наукові дослідження і теорія експерименту". Тернопіль : ТНТУ, 2012. 386 с.
4. Григурко І. О., Брендюля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
5. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль: ТДТУ, 2001. 277 с.
6. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
7. Дичковський М. Г., Радик М.Д. Розрахунок точності пристосувань. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 28 с.
8. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.
9. Жидецький В.Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.
10. Запорожець О. І. Основи охорони праці: Підручник / О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с
11. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
12. Кухарський О. М., Кущак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу "Технологія машинобудування". Тернопіль, 2001. 58 с.

13. Методичні вказівки для практичного заняття №1 на тему: Методи визначення ефективності інженерних рішень з дисципліни “Ефективність інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ігор Ярема. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 25 с.

14. Методичні вказівки для практичного заняття №2 на тему: Оцінка ефективності та обґрунтування методу отримання заготовок з дисципліни “Ефективність інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ліліана Джиджора. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 29 с.

15. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.

16. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.

17. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.

18. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

19. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль: ТДТУ, 2009. 108 с.  
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>

20. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 152 с.

21. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник – К.: ІСДО, 1996 – 300 с.

22. Терміни та визначення в технічній творчості та наукових дослідженнях. Методичний посібник / Уклад. Пилипець М.І, Васильків В.В., Радик Д.Л. – Тернопіль: Вид.-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2011. – 256 с.

23. Creating a 3D model. Study guides for lab classes № 4 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 40 p.

24. Creating a parametric drawing in the automatic parameterization mode. Study guides for lab classes № 3 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

25. Creating Parametric Drawing. Study guides for lab classes № 2 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 38 p.

26. Sketching by Non-parametric Drawing. Study guides for lab classes № 1 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

27. Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. Technological methods of workpieces manufacturing. Metal Casting: Manual / V. Vasylykiv, L. Danylchenko, D. Radyk. Edited by L. Dzhydzhora. – Ternopil: Osadtsa U.V., 2021. – 203 p.

28. Vasylykiv V., Pylypets M., Danylchenko L., Radyk D. (2021) Use of computer-integrated technologies in training of engineering specialists. In: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, Proceedings of the International Conference Advanced Applied Energy and Information Technologies, Ternopil, December 15-17, 2021, pp. 74-80.

29. Vasylykiv V.V. Technologies of workpieces manufacturing by casting: manual / V.V. Vasylykiv, L.M. Danylchenko, D.L. Radyk. – Ternopil : Published TNTU named after Ivan Puluj, 2023. – 492 p.