ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра
Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус
Назва теми
підшипника КП-427.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності

Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРМ.ФІТА.ПМ.25.02.ПЗ

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-24-1 _____ Олександр БУДЖЕРАК
Шифр Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент _____ Сергій БИСЬ
Науковий ступінь, звання Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент _____ Сергій БИСЬ
Науковий ступінь, звання Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри
технології машинобудування
Назва

Дата «29» 12 2025 _____ Віталій ТКАЧУК
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти другий (магістр)
Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва
Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТМ
Віталій ТКАЧУК
2 . 09 .2025

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Буджерак Олександру Миколайовичу
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК
керівник роботи Бись Сергій Степанович, к.т.н., доцент
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання
Затверджено наказом ректора університету від 25 серпня 2025 р. № 65
2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 грудня 2025
3 Вихідні дані до проекту (роботи) кресленик деталі Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 300 шт.
4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ
1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Дослідницький розділ
5. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А1); графотехнологія (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А1); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик контрольного пристрою (1 лист А1)

6 Консультанти розділів дипломної роботи (за наявності)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 1.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	01.10.2025	
2 Технологічний розділ	01.11.2025	
3 Конструкторський розділ	20.11.2025	
4 Дослідницький розділ	10.12.2025	
5 Охорона праці	15.11.2025	

Студент _____ Підпис Олександр БУДЖЕРАК Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи) _____ Підпис Сергій БИСЬ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Міністерство освіти і науки України
Хмельницький національний університет

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект студента Буджерак О. М.
Тема проекту: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект містить необхідні розділи, розрахунки та креслення згідно завдання.

У дипломному проекті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Вибрав (економічно обґрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення корпусу з використанням сучасного устаткування з ЧПК. Створено керуючу програму в CAM модулі для на токарного центра з ЧПК HAAS ST-30. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

В конструкторській частині розроблено конструкції пристрою для перевірки биття та вибрано вимірювальний пристрій. Всі конструкторські рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

В дослідницькому розділі провів дослідження перероблених алюмінієвих сплавів та відмічено кращий варіант сплаву. Були детально охарактеризовані мікроструктурні особливості цих сплавів та досліджено їх механічну поведінку після лиття.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на досить високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків в дипломному проекті не виявлено.

Дипломний проект, виконаний згідно завдання, у повному обсязі та на достатньому технічному рівні і заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: _____ Батак О. П.

«____» «_____» 2025 р.

Завідувачу кафедри
ТН
Віталію ТКАЧУКУ
здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)
Буфтерина О.М. ПНТм-24-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

23.12.25
дата

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлен-ня деталі „Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ" і дос-

Автор Буджерок Олександр Миколайович мод. верстатів з ЧПК.

Освітня програма Технології машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Науковий керівник: Бисов Сергій Степанович

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження:

Anti-Plagiarism – 2,0%

StrikePlagiat – 12,7%

Дата

Завідувач кафедри ______ (Підпис) Віталій Ткачук (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Гарант освітньої програми ______ (Підпис) Віталій Ткачук (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи ______ (Підпис) Сергій Бисов (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Буджерак Олександр Миколайович (прізвище, ім'я, по батькові) на захист дипломного проєкту (роботи)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету (підпис) ОЛЕГ ПОЛІЩУК (ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Буджерак О.М. з 2024 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 33,33 %, задовільно 66,67 %.
шкалою ЄКТС: A 0,00 %, B 0,00 %, C 26,67 %, D 33,33 %, E 40,00 %.

Методист факультету (підпис) (ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Буджерак О. проявив себе з продуктивної сторони, як освітчений спеціаліст. Робота виконана відповідно до встановлених строків і вимог. Інженерні рішення підтверджені розрахунками.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) рекомендую на оцінку добре

Керівник дипломного проєкту (підпис) Биць С.Г. (ім'я, прізвище)

"22" 12 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Буджерак О.М. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри технології машинобудування (назва)

В Ткачук (підпис, ім'я, прізвище)

"29" 12 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК

Пояснювальна записка містить 101 сторінку та додатки, до складу яких входять специфікації креслеників, технологічна документація та програма для верстата з ЧПК. Графічна частина роботи виконана на 9 аркушах формату А1. Відповідно до виданого завдання розроблено технологічний процес механічного оброблення для виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ».

Пояснювальна складається з усіх необхідних розділів, розрахунків та виконана відповідно до вимог до кваліфікаційних робіт.

У загальному розділі проведено аналіз технічних умов на виготовлення деталі, враховано її функціонального призначення, проаналізовано існуючи технологічний процес виготовлення деталі корпус підшипника, діючих на базовому підприємстві. На основі проведеного аналізу проведено проектування технологічного процес виготовлення деталі на сучасних верстатах з ЧПК. Створено керуючу програму в CAM модулі для токарної операцію на токарному центрі з ЧПК HAAS ST-30.

У роботі спроєктовано верстатний та контрольний пристрої. Проведено дослідження властивостей перероблених алюмінієвих сплавів. В розділі охорона праці проведено аналіз небезпек виникнення пожеж в металообробних цехах та запропоновано заходи захисту від них.

Автор роботи:

Олександр БУДЖЕРАК 2025 р.

/Підпис/ Дата

ABSTRACT:

Topic of the work: Development of a technological process for manufacturing a part "Bearing housing KP-427.010-SNTs" using CNC machines

The explanatory note contains 101 pages and appendices, which include specifications of drawings, technological documentation and a program for a CNC machine. The graphic part of the work is made on 9 sheets of A1 format. In accordance with the given task, a technological process for machining was develop The explanatory consists of all the necessary sections, calculations and is performed in accordance with the requirements for qualification work.

In the general section, an analysis of the technical conditions for the manufacture of the part was carried out, its functional purpose was taken into account, the existing technological process for manufacturing the bearing housing part operating at the base enterprise was analyzed. Based on the analysis, a design of the technological process for manufacturing the part on modern CNC machines was carried out. A control program was created in the CAM module for the turning operation on the HAAS ST-30 CNC turning center.ed for manufacturing a part "Bearing housing KP-427.010-SNTs".

The work designs a machine tool and control device. The properties of processed aluminum alloys are studied. In the section on labor protection, an analysis of the dangers of fires in metalworking shops is carried out and protective measures are proposed.

The author of the work

Oleksandr BUDZHERAK 2025 p.

/Signature/ Date

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ 9
1.1 Аналіз службового призначення виробу 9
1.2 Тип і організаційна форма виробництва 12
1.3 Режим роботи і фонди часу 13
1.4 Аналіз технологічності виробу 14
1.5 Матеріал деталі 17
1.6 Аналіз деталі на працездатність (SolidWorks Simulation) 19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 22
2.1 Аналіз базового технологічного процесу 22
2.2 Технологічні методи обробки поверхонь деталі 24
2.3 Технологічні операції 25
2.4 Засоби технологічного обладнання 27
2.5 Норми часу з технологічних операцій 32
2.6 Проектування технологічного процесу 33
2.7 Метод отримання заготовки 34
2.8 Технологічні бази 38
2.9 Технологічні методи обробки поверхонь 40
2.10 Технологічні операції 41
2.11 Вибір обладнання 43
2.12 Оцінка вибору верстатних пристроїв 45
2.13 Оцінка вибору мірного інструменту 46
2.14 Оцінка вибору ріжучого інструменту 47
2.15 Розрахунок припусків 50
2.16 Розрахунок режимів обробки 54
2.17 Визначення норм часу 58
2.18 Створення керуючої програми в CAM модулі 60
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ 63

3.1 Проектування верстатного пристрою 63
3.2 Розрахунок пристосування на точність 65
3.3 Силовий розрахунок пристосування 68
3.4 Проектування контрольного пристосування 70
3.4.1 Принцип роботи пристосування 70
3.4.2 Розрахунок пристосування 72
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ 74
4.1 Дослідження властивостей перероблених алюмінієвих сплавів 74
5 ОХОРОНА ПРАЦІ 88
5.1 Пожежна безпека машинобудівних підприємств 88
5.2 Вибір первинних засобів пожежогасіння 91
ВИСНОВОК 100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 101

ВСТУП

Сучасне машинобудування характеризується активним упровадженням верстатів з числовим програмним керуванням, що забезпечують високу точність, стабільність якості та конкурентоспроможність продукції. У цих умовах особливої актуальності набуває вдосконалення технологічних процесів механічної обробки деталей.

Корпус підшипниковий використовується для підшипникових вузлів електродвигунів постійного струму, до них ставлять підвищені вимоги щодо точності та якості базових і ущільнювальних поверхонь. Рівень їхнього виготовлення впливає на довговічність, герметичність та надійність експлуатації електродвигунів. Тому раціоналізація та покращення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ» виступає актуальним інженерним завданням.

Використання в новому технологічному процесі верстатів з ЧПК дає можливість зменшити вплив людського чинника, підвищити продуктивність, та скоротити допоміжний час за рахунок удосконаленого вибору маршрутів обробки поверхней деталі, вірного вибору верстатів, інструменту, режимів різання та базування.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ» із застосуванням верстатів з ЧПК шляхом оптимізації послідовності операцій, інструментального оснащення та режимів обробки для досягнення заданої точності та підвищення ефективності виробництва.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз службового призначення виробу

Корпус підшипниковий (щит) використовується для підшипникових вузлів електродвигунів постійного струму. Конструктивне призначення полягає в тому, що вони утримують підшипники, в яких обертається ротор, будучи самі прикріплені до станини. Зазвичай корпуси (щити) розрізняються на передні і задні (з боку приводу). Вони служать, крім того, для запобігання потрапляння в електричний двигун сторонніх предметів або для повної ізоляції внутрішньої частини електричного двигуна від навколишнього середовища. Заготовки підшипникових корпусів (щитів) отримують методом лиття з чавуну та алюмінію (машини малих габаритів) для асинхронних двигунів і сталі – для електричних машин постійного струму.

У найбільш дрібних машин останнім часом почали застосовуватися корпуси, виготовлені шляхом лиття під тиском з алюмінієвого сплаву. Такі деталі за конструктивною формою аналогічні звичайному литтю, але їх перевагою є менша вага і значне зменшення трудомісткості обробки. Недоліками їх є менша механічна міцність, необхідність витрачати кольорові метали і слабка стійкість до лужної води (емульсії).

Від жорсткості, якості виготовлення і точності взаємного розташування поверхонь корпусу (щита) залежить довговічність роботи підшипників і деякі енергетичні показники електричних машин [1].

У зв'язку з цим до підшипникових корпусів висуваються певні вимоги: замок і отвір під підшипник повинні бути концентричними, тобто мати спільну вісь.

Підшипниковий корпус виконаний у вигляді ступиці і обода, з'єднані між собою шістьма ребрами Т-подібного перерізу, що забезпечує підшипниковому корпусу (щиту) необхідну жорсткість і міцність. Деталь має вікно для проходу повітря для додаткового охолодження сердечника ротора. Повітря проходить по аксіальним вентиляційних каналах в серцевині ротора.

У центральній частині підшипникових корпусів є отвори під підшипник, які можуть бути наскрізними і глухими в залежності від розмірів двигуна. В корпусах з алюмінієвого сплаву це відвернення армується сталевою втулкою, завдяки чому забезпечується стійкість розмірів отворів і можливість багатократної розбірки вузла без порушення посадки підшипника. Отвори під підшипник Ø140H6 виконано наскрізними, а підшипники кріпляться за допомогою підшипникових кришок.

Підшипникові вузли. Через підшипникові вузли на остов передаються вага якоря і сили, що виникають під час роботи двигуна. Ці вузли забезпечують сильну концентричність якоря щодо полюсів при його повороті. В підшипникові вузли тягових двигунів входять підшипники кочення, підшипникові щити, упорні втулки, внутрішні та зовнішні кришки та лабіринтні кільця. Корпуси закривають торцеві горловини остова тягового двигуна. При обробці корпусів-дисків потрібно, щоб була забезпечена відповідність якоря з внутрішнім отвором остова під установку головних і додаткових полюсів, а торцеві і радіальні биття поверхні бурта, який призначений для з'єднання з остовою, відносно отворів під підшипник були мінімальними, що досягається обробкою цих поверхонь з однією установкою.

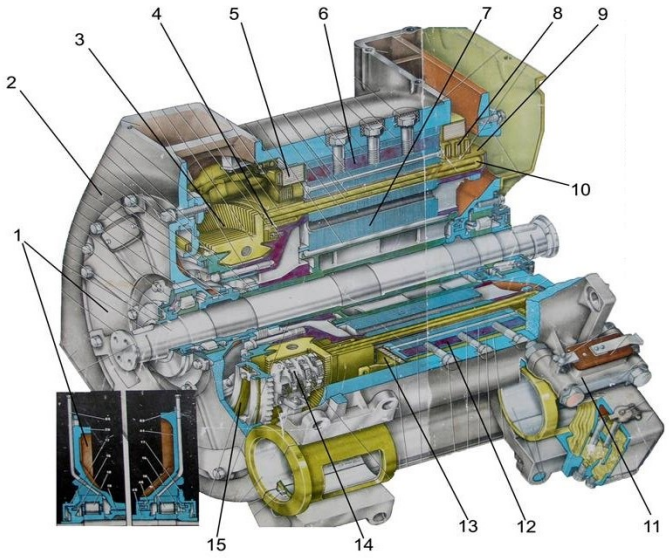


Рисунок 1.1 – Підшипникові корпуси (щити) із роликовими підшипниками тягового двигуна НБ-418К

1 - Підшипниковий корпус (щит), 2 – Статор, 3 – Колектор, 4 Обмотка збудження, 5 – Обмотка головних полюсів, 6 – Головний полюс, 7 – Якір, 8 - Компенсаційна обмотка, 9 - Якірна обмотка, 10 - Якірна обмотка, 11 – Додатковий полюс, 11 - Обмотка додаткового полюса, 12 - Обмотка додаткового полюса, 13 – Щіткотримач, 14 – Поворотна траверса

Підшипникові корпуси (щити) рис.1.1 щільно приганяють до виточок в кістяку і кріплять до нього болтами з шайбами, що оберігають їх від самовикручування, рівномірно затягуючи всі болти, що кріплять. У корпусах виконані спеціальні отвори з різьбленням, які вкручують віджимні болти при знятті щитів.

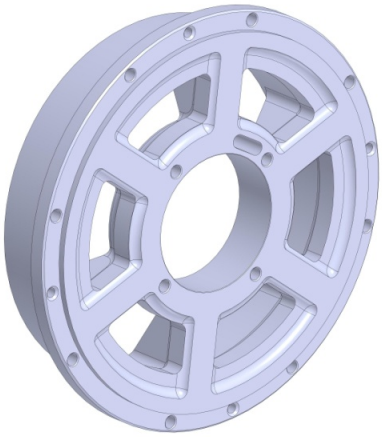


Рисунок 1.2 – 3D модель корпусу підшипникового

Корпуси (щити) з підшипниками кочення закриваються кришками, що мають камери для змащення та ущільнюючі лабіринтні пристрої.

Підшипники кочення для двигунів підбирають за каталогом виходячи з необхідного коефіцієнта працездатності, що визначається частотою обертання якоря, що гарантується числом годин роботи (не менше 10 000 год), умовним або наведеним радіальним навантаженням, що діє на підшипники.

1.2 Тип і організаційна форма виробництва

У машинобудуванні, в залежності від програми випуску виробів і характеру виготовлення продукції, розрізняють три основних типу виробництва: єдине, серійне і масове.

Єдине виробництво характеризується широкою номенклатурою виготовлених виробів і малим обсягом випуску. Це зазвичай досвідчене виробництво виробів, виготовлення унікальних машин.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом випуску. В умовах серійного виробництва випускають 75-80% виробів. Характерна тенденція збільшення відносної долі серійного виробництва. Серійне виробництво в залежності від числа виробів у партії або серії та їх повторюваності умовно поділяють на дрібносерійне, середньосерійне, великосерійне. Масове виробництво характеризується вузькою номенклатурою і великим об'ємом випуску виробів, безперервно виготовлених протягом тривалого часу. Продукцією масового виробництва в машинобудуванні є автомобілі, трактори та інші вироби, що випускаються у великих кількостях.

Тип виробництва на підприємстіві, де виробляється розглянутий виріб – корпус підшипниковий, визначений наближено. Число оброблюваних (виготовлених) деталей (виробів) одного типорозміру в рік масою понад 10 кг становить від 200 до 10000 штук, відповідно, тип виробництва – середньосерійний.

Проектування технологічних процесів і визначення організаційних форм їх виконання є одним із найбільш відповідних етапів проектування, що визначає основні параметри проектованого цеху (дільниці).

Існують дві основні форми організації виробничих процесів: поточна і непоточна.

При поточному виробництві заготовки, деталі або зібрані вироби знаходяться в процесі їх виробництва або збірки в русі з постійним тактом у

розглянутий проміжок часу. На кожному робочому місці виконують одну технологічну операцію, а обладнання розташовують по ходу техпроцесу. На кожній лінії виконують обробку окремої деталі (збірку окремого виробу або його складової частини). Тривалість перебування напівфабрикатів або операції між виробами в цьому випадку рівна або кратна такту. При неточному виробництві напівфабрикати або вироби знаходяться в процесі їх виготовлення або збірки в різному русі з тривалою тривалістю операцій і знаходяться між ними [1].

Для розглядуваної ділянки характерна непоточна форма виробництва, так як суворе закріплення операцій для конкретних робочих місць не проведено, тривалість операцій не синхронізована до такту випуску, на робочих місцях створені заділи заготовок, необхідні для забезпечення завантаження робочих місць.

1.3 Режим роботи і фонди часу

Режим роботи на базовому підприємсті – двозмінний. Дійсний (розрахунковий) річний фонд часу роботи обладнання на 41-годинний тиждень, святкових і 250 робочих днів за 2024 рік наведено в таблиці 1.1. Дійсний річний фонд часу робочих наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Річний фонд часу роботи обладнання

Обладнання	Режим роботи двозмінний
Металорізальні верстати масою, т: до 10	4060
10-100	3985
Металорізальні верстати з ПУ масою, т: до 10	3890
10-100	3810

Таблиця 1.2 – Річний фонд часу робочих

Тривалість робочого тижня, год	Номінальний фонд часу, год	Тривалість основного відпуску, дн.	Втрати номінального фонду часу, %	Дійсний фонд часу, год
41	2070	24	12	1820

1.4 Аналіз технологічності виробу

Сукупність властивостей виробу, що визначають пристосованість його конструкції до досягнення оптимальних витрат ресурсів при виробництві та експлуатації для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт, є технологічністю конструкції виробу (ТКВ).

ТКВ виражає не функціональні властивості виробу, а його конструктивні особливості. Конструкцію виробу характеризують в загальному склад і взаємне розташування його складових частин, схема пристрою вироби загалом, форма і розташування поверхонь деталей і з'єднань, їх стан, розміри, матеріали та інформаційна виразність. Тому для виробу слід застосовувати термін "технологічність конструкції виробу".

Відпрацювання конструкції на технологічність є комплексом заходів щодо забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції за встановленими показниками, спрямована на зниження витрат і скорочення часу на виготовлення виробу при забезпеченні необхідної якості. Види та показники технологічності конструкції наведені у ДСТУ 2823-94, а правило відпрацювання конструкції та перелік обов'язкових показників технологічності – у ДСТУ-Н 7919:2015.

Оцінка технологічності конструкції може бути двох видів: якісною та кількісною.

Якісна оцінка ТКВ заснована на інженерно-візуальних методах оцінки та проводиться за окремими конструктивними та технологічними ознаками,

для досягнення високого рівня ТКВ. Вона, як правило, передує кількісній оцінці, але цілком сумісна з нею усім стадіях проектування технологічністю конструкції виробу.

При порівнянні варіантів конструктивних варіантів виготовлення виробу в процесі проектування якісна оцінка («краще-гірше» тощо) часто дозволяє вибрати найкращий варіант виконання або встановити доцільність витрат часу на визначення чисельних значень показників ТКВ всіх варіантів, що порівнюються [8].

Кількісна оцінка ТКВ може здійснюватися за планованими показниками, коли виріб розробляється за самостійним технологічним завданням, яким встановлені базові показники ТКВ, і за непланованими показниками при виникненні альтернативи ТКВ для вибору кращого конструктивного рішення з ряду рівноцінних за властивостями, що розглядаються[8].

Необхідність кількісної оцінки технологічності конструкції виробу, що проектується, а також номенклатура показників і методика їх визначення встановлюється в залежності від виду виробу, типу виробництва та стадії розробки конструкторської документації. При цьому кількість показників має бути мінімальною, але достатньою для оцінки технологічності.

Конструкція складальної одиниці повинна задовольняти вимогам виготовлення, експлуатації та ремонту найбільш продуктивними та економічними способами за заданих умов виробництва, експлуатації та ремонту.

Технологічність конструкції складальної одиниці розглядається щодо всього виробу та його складових частин з урахуванням умов збирання, випробування, монтажу поза підприємством-виробником, технічного обслуговування та ремонту.

Конструкція складальної одиниці відпрацьовується на технологічність комплексно, враховуючи взаємозалежність виробничої, експлуатаційної та ремонтної технологічності складових частин складальної одиниці, а також вироби, до якого дана складальна одиниця входить як складова частина.

Якісна оцінка ТКВ деталі «корпус підшипниковий» наводиться у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Якісна оцінка ТКВ

№ п.п	Зміст вимог	Обґрунтування відповідності конструкції запропонованим вимогам
1	Конструкція виробу повинна мати стандартні або уніфіковані конструктивні елементи.	Деталь має уніфіковані отвори, що дозволяє скоротити номенклатуру різального інструменту.
2	У конструкції деталі повинні бути достатні за розміром та відстанню базові поверхні.	У конструкції деталі є достатні за розміром та відстанню базові поверхні, що забезпечує зручність її закріплення.
3	Жорсткість деталі не повинна обмежувати режими різання.	Жорсткість та міцність деталі забезпечується ребрами жорсткості, які не обмежують режими різання.
4	Конструкція деталі повинна дозволяти використовувати високопродуктивні методи обробки та дозволяти вибрати зручну базу для встановлення.	Конструкція деталі дозволяє використовувати високопродуктивні методи обробки та у склянки є зручні бази для встановлення.
5	Конструкція деталі повинна забезпечувати вільне підведення ріжучого інструменту до поверхонь, що обробляється, форма деталі повинна дозволяти проводити обробку торців на прохід.	Конструкція деталі забезпечує вільне підведення ріжучого інструменту до оброблюваних поверхонь і форма деталі дозволяти проводити обробку торців на прохід.
6	Циліндричні отвори мають бути передбачені наскрізні.	Циліндричні отвори, посадковий отвір, передбачено наскрізне так як обробляти його значно легше ніж глухе.
7	Конструкція деталі повинна допускати ефективний технологічний контроль поверхонь, що обробляються штангенциркулем.	Конструкція допускає ефективний технологічний контроль оброблюваних поверхонь штангенциркулем, глибиноміром і т.п.
8	Розміри та поверхні деталей повинні відповідно мати оптимальну точність та шорсткість.	Розміри та поверхні деталі мають оптимальну точність та шорсткість.
9	Фізико-хімічні та механічні	Корпус підшипниковий виготовлений із

	властивості матеріалу, жорсткість виробу, його форма та розмір повинні відповідати вимогам технології виготовлення, зберігання та транспортування.	алюмінієвого сплаву АЛ9. Форма та розмір відповідає вимогам технології виготовлення, зберігання та транспортування.
10	Показники базових поверхонь повинні забезпечувати точність встановлення, обробки та контролю.	Показники базових поверхонь: торці та зовнішні циліндричні поверхні забезпечують достатню точність установки, обробки та контролю.
11	Заготовки мають бути отримані раціональним способом з урахуванням заданого обсягу випуску та типом виробництва.	Підшипниковий щит отриманий методом лиття. На підприємстві ТОВ «НОВАТОР» існують технологічні можливості виготовлення виливків
12	Конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових та стандартних технологічних процесів.	Корпус підшипниковий забезпечує можливість застосування типових та стандартних технологічних процесів.

Кількісна оцінка ТКВ не може бути проведена, так як немає достатньої інформації щодо техніко-економічних показників.

Висновок: Корпус підшипниковий виготовляється з алюмінієвого сплаву АЛ9 методом лиття в умовах підприємства та не має суттєвих недоліків технологічності.

1.5 Матеріал деталі

Матеріалом для корпусу підшипника КП-427.010-СНЦ служить алюмінієвий сплав АЛ9 ДСТУ 2839-94.

Матеріал відноситься до ливарних алюмінієвих сплавів, які мають гарну текучість, порівняно невелику усадку і призначені для фасонного лиття.

Алюмінієві сплави мають високу електро- і теплопровідність, високу корозійну стійкість в атмосферних умовах, в аміаку, сірчистому та інших газах, в морській воді, азотній кислоті та інших агресивних середовищах.

Висока корозійна стійкість алюмінію та його сплавів обумовлена утворенням поверхні щільної захисної плівки окису Al_2O_3.

Сплав АЛ9 є термічно оброблюваним спеціальним силуміном, створеним на основі силуміну АЛ2 (на основі кремнію) шляхом додавання добавок магнію (8% Si і 0,2 - 0,4% Mg).

Добавки в алюмінієво-кремнійові сплави магнію зміцнюють сплав і дозволяють підвищити механічні властивості за допомогою термічної обробки (загартування та відпустки). Загартування проводиться з 520 - 530 °С протягом 10 - 30 год.

Твердість матеріалу: НВ 10 -1 = 70 МПа

Лінійна усадка, %: 1

Температура лиття силумінів 680 – 780°С.

Сплави алюмінію широко застосовують в електротехнічній та хімічній промисловості, в авіа- та автобудуванні, для виготовлення електричних конденсаторів кабельних та струмопровідних виробів.

Хімічний склад сплаву наводиться у таблиці 1.6, механічні властивості – у таблиці 1.4, фізичні – у таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 – Механічні властивості металу АЛ9

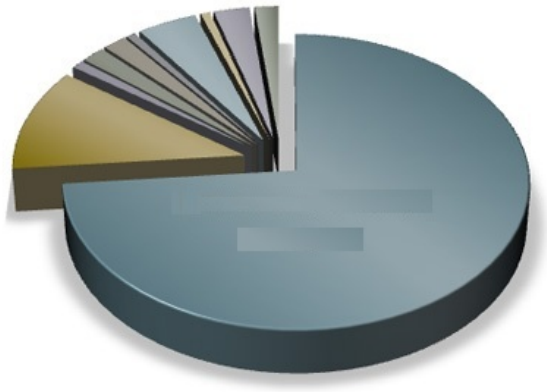
Механічні властивості сплаву АЛ9 при Т=20°С							
Прокат	Розмір	Напр.	$\sigma_в$(МПа)	$\sigma_т$ (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	KCU (кДж / м^2)
лиття в піщану форму			170	120	2		
лиття в кокіль			230	140	4		

Таблиця 1.5 – Фізичні властивості металу АЛ9

Фізичні властивості сплаву АЛ9						
Т (Град)	Е 10^{-5} (МПа)	α 10^6 (1/Град)	λ (Вт/(м·град))	ρ (кг/м^3)	С (Дж/(кг·град))	R 10^9 (Ом·м)
20	0.7			2660		45.7
100		21.8	155		880	

Таблиця 1.6 – Хімічний склад сплаву АЛ9

Хімічний склад % сплаву АЛ9	
Fe	до 1,5
Si	6 - 8
Mn	до 0,5
Al	89,6 - 93,8
Cu	до 0,2
Pb	до 0,05
Be	до 0,1
Mg	0,2 - 0,4
Zn	до 0,3
Sn	до 0,01



1.6 Аналіз деталі на працездатність (SolidWorks Simulation)

На першому етапі до розрахункового модуля було імпортовано тривимірну твердотільну модель деталі, підготовлену в CAD-середовищі SolidWorks. Перевірено цілісність геометрії, відсутність розривів і некоректних елементів, що можуть впливати на коректність чисельного розрахунку.

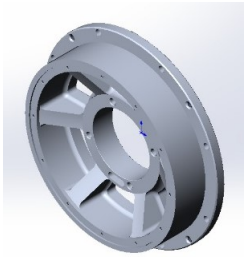


Рисунок 1.3 – Перший етап моделювання

На другому етапі було задано матеріал деталі відповідно до конструкторської документації з урахуванням його механічних властивостей, зокрема модуля пружності, коефіцієнта Пуассона та границі текучості. Це дозволило коректно описати деформаційні та напружені стани деталі під дією навантажень.

Далі було визначено граничні умови закріплення, які моделюють реальні умови роботи деталі в складі вузла. Закріплення накладалися на поверхні, що контактують із корпусними елементами або кріпильними деталями, з обмеженням відповідних ступенів свободи.

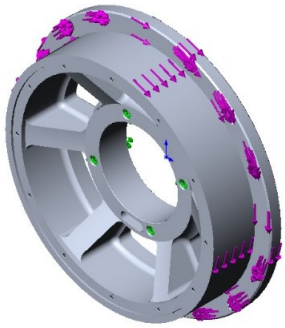


Рисунок 1.4 – Другий етап моделювання

На наступному етапі до моделі прикладено зовнішні навантаження, які відповідають експлуатаційним умовам роботи щита, зокрема зусилля від підшипникового вузла та силові впливи, що передаються через кріпильні елементи. Тип навантаження задано у вигляді зосереджених сил або розподіленого тиску залежно від характеру дії.

Після задання граничних умов і навантажень виконано побудову скінченно-елементної сітки з автоматичним підбором розміру елементів. У зонах концентрації напружень застосовано локальне згущення сітки, що забезпечило підвищення точності результатів розрахунку.

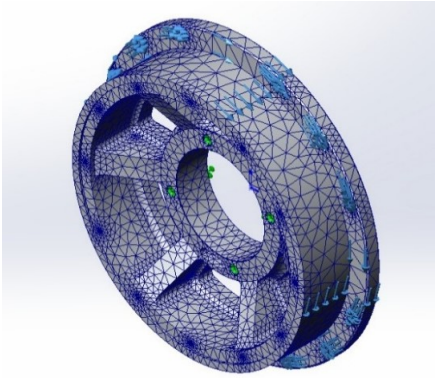


Рисунок 1.5 – Третій етап моделювання

Після формування розрахункової моделі проведено обчислення статичного напружено-деформованого стану деталі. За результатами

розрахунку отримано поля еквівалентних напружень за Мізесом, переміщень та деформацій.

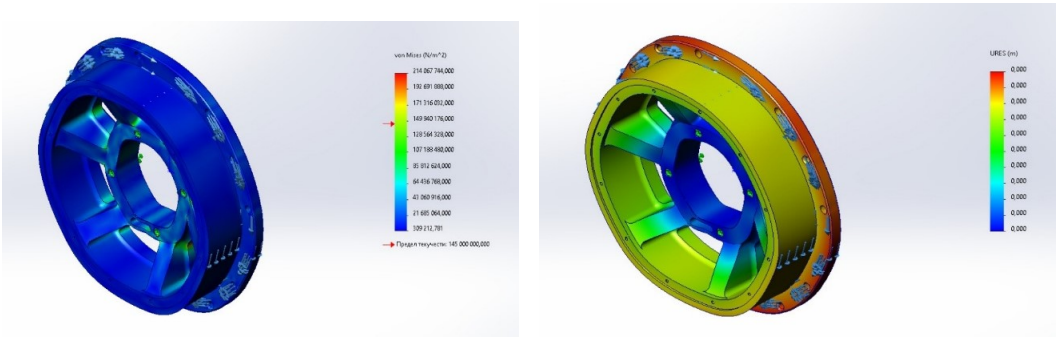


Рисунок 1.6 – Поля еквівалентних напружень за Мізесом

На заключному етапі виконано аналіз отриманих результатів з точки зору працездатності деталі. Максимальні значення напружень порівнювалися з допустимими значеннями для обраного матеріалу, а величини переміщень оцінювалися щодо допустимих експлуатаційних вимог. За результатами аналізу зроблено висновок про працездатність деталі та достатній запас міцності за умов заданих навантажень.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Для правильної роботи кожної машини необхідно забезпечити певне взаємне розташування її деталей та вузлів. Також при обробці деталей на верстатах заготовки повинні бути правильно орієнтовані щодо механізмів і вузлів верстатів, що визначають траєкторії переміщень різальних інструментів. Завдання взаємного орієнтування деталей і складальних одиниць у машинах під час їх збирання і заготовок на верстатах під час виготовлення деталей вирішуються їх базуванням.

Загалом, базуванням називається надання заготівлі або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат. Стосовно проектування або збирання під базуванням розуміють надання деталі або складальної одиниці необхідного положення щодо інших деталей виробу. Поверхні, лінії або точки деталей, що використовуються для базування, називають базами [9].

При виборі технологічних баз прагнуть витримати принципи суміщення, сталості та послідовної зміни баз. У кожному окремому випадку може бути запропоновано декілька схем базування. При їх аналізі розраховують похибки установки, перераховують розміри та допуски (якщо відбувається зміна баз), а також визначають допуски на розміри технологічних баз.

Для зменшення кількості варіантів схем базування слід наскільки можна використовувати типові рішення. Вибираючи бази, необхідно враховувати додаткові міркування: зручність установки і зняття виробу, що збирається, надійність і зручність його закріплення, можливість підведення деталей, що приєднуються, і складальних інструментів з різних сторін. За вибраними базами повинні бути сформульовані вимоги до точності та шорсткості поверхонь, які використовуються як бази.

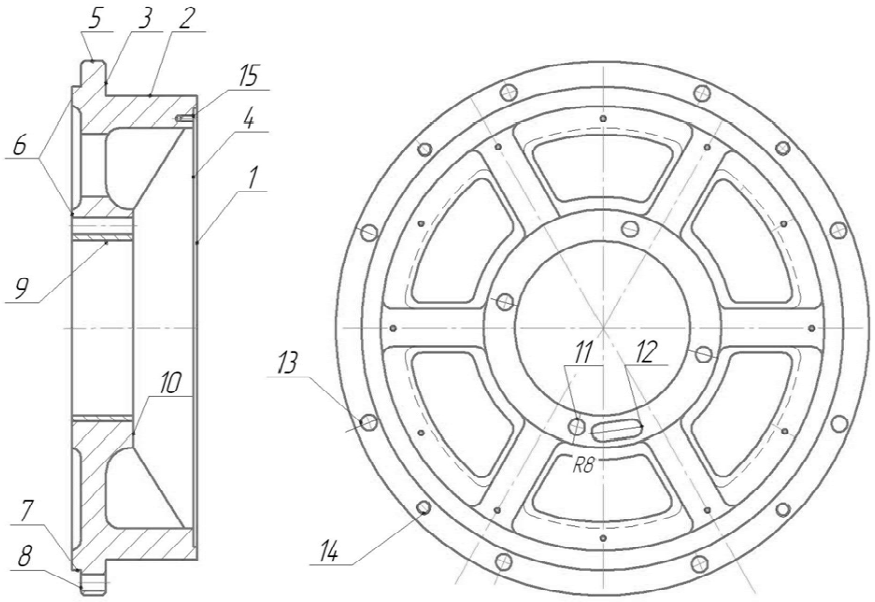
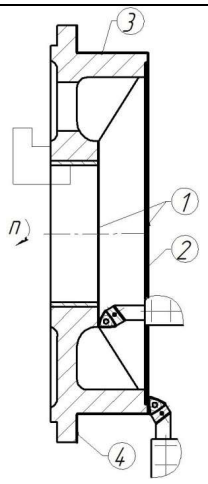
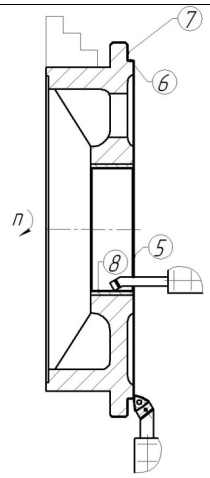
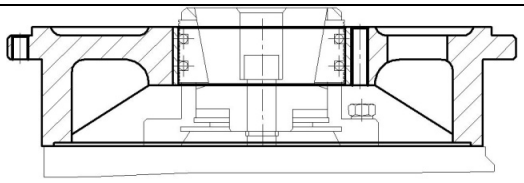
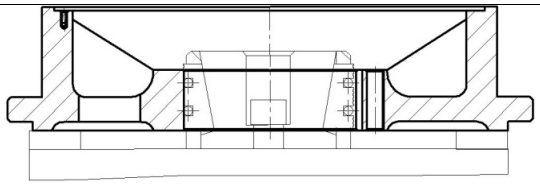


Рисунок 2.1– Корпус підшипниковий

Схеми базування, що використовуються при обробці деталі підшипниковий корпус наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Схеми базування

№ операції	Схема базування	Номер оброблюваної поверхні
010		1,2,3,4

015		5,6,7,8
025 030 050		11,12,13,14
035 040		15

2.2 Технологічні методи обробки поверхонь деталі

Метод обробки характеризує процес взаємодії з поверхнею заготівлі, в результаті якого ця поверхня набуває певної геометричної форми та якості. У свою чергу, метод обробки характеризується властивостями: типом ріжучого інструменту, сукупністю рухів формоутворення при різанні, формою поверхні і параметрами якості поверхні заготівлі. Вигляд обробки визначає діапазон параметрів шорсткості і точності стосовно конкретного методу обробки, наприклад чорнове, напівчистове і чистове точіння. Вид обробки характеризується методом обробки та уточняється залежно від вимог щодо точності та шорсткості.

Призначення методів та видів обробки поверхонь наведено у Таблиці 2.2, номери поверхні наведено на рисунку 2.1.

Таблиця 2.2 – Призначення методів та видів обробки

Номер поверхні	Метод обробки	Вид обробки	Квалітет	Шорсткість, Ra
1,2,3,4,5,8	Точіння	Чорнове	12	12,5
6,10	Точіння торців	Чорнове Чистове	14 12	12,5 3,2
7	Точіння	Чорнове Чистове	12 9	12,5 3,2
9	Розточування	Чорнове Чистове Тонке	12 9 6	12,5 3,2 1,25
11,12,13	Свердління	-	12	12,5
14,15	Свердління Нарізання різьби	- -	12 7Н	12,5 12,5
12	Фрезерування	Чернове	12	12,5

2.3 Технологічні операції

Маршрут операційного технологічного процесу було розроблено базовим підприємством виходячи з вимог робочого креслення та прийнятої заготовки.

Операційний технологічний процес ділять на три етапи. У першому формується елементарне технологічні операції; на другому – розглядається можливість і доцільність укрупнення технологічних операцій об'єднанням однотипних елементарних операцій та формування даних спільного виконання складніших операцій, що поєднують обробку окремих поверхонь; третій етап формування структури операцій – передбачає подальше укрупнення операцій за рахунок об'єднання різних методів та видів обробки.

У Таблиці 2.3 представлений технологічний маршрут з операцій, номери поверхонь наведено рисунку 2.1.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки з технологічних операцій

№ оп.	Зміст операції	Верстат
005	Токарна Точити літникове прибування по маточці врівень зі сталевою втулкою	Верстат токарно-револьверний 1П365
010	Токарна 1.Підрізати торець щита, витримуючи розмір виконання 1 - 10±0,18; для виконання 2 - 20±0,26 2. Точити поверху Ø370±0,7 і підрізати торець борту, витримуючи розмір виконання 1 - 73±0,37; для виконання 2 - 83±0,43 3. Точити виточку $Ø350^{+0,68}$ на глибину 2,5±0,1 4. Притупити гострі крайки	Верстат токарно-револьверний 1П365
015	Токарна Точити поверх Ø427±0,7 2. Підрізати торець щита та маточини, витримуючи розмір для виконання 1 – $100,5_{-0,5}$; для виконання 2 – $110,5_{-0,5}$ 3.Зняти дві фаски 2×45° 4.Точити замок попередньо до $Ø388_{-0,38}$, витримуючи розмір $7_{-0,,1}$ 5.Розточити отвір попередньо до $Ø139,3^{+0,26}$ 6. Підрізати торець маточини з іншого боку до розміру $50_{-0,17}$ 7.Зняти дві фаски 0,5×45° 8.Притупити гострі крайки	Верстат токарно-револьверний 1П365
020	Контроль 1.Контроль токарних операцій 50% от партії	Верстак Б - 558
025	Свердлильна 1.Свердлити в маточині 4 отв. $Ø13^{+0,43}$ 2.Свердлити 2 отв.$Ø14^{+043}$ під фрезерування паза	Верстат вертикально-свердлильний 2А135
030	Свердлильна 1.Свердлити в борту 8 отв. $Ø13^{+0,43}$ 2.Свердлити 4 отв.$Ø10,2^{0,36}$ під М12-7Н	Верстат вертикально-свердлильний 2А135
035	Свердлильна 1.Свердлити 12 отв. $Ø4,2^{+0,18}$ під М5-7Н на глибину $13^{+1,6}$	Верстат вертикально-свердлильний 2А135
040	Свердлильна 1.Зняти фаску 1×45° в отворах маточини з двох	Верстат вертикально-

	сторін 2.Зняти фаски в борту 1×45° в 8 отв. Ø$13^{+0,43}$ зі сторони замка; 0,5×45° зі зворотного боку 3.Снять фаски 2×45° в 4 отв. Ø$10,2^{+0,36}$ зі сторони замка; 1,6×45° зі зворотного боку замка 4.Снять фаски 1×45° в 12 отв.Ø$4,2^{+0,18}$ 5. Нарізати різьбу в 4 отворах М12-7Н 6. Нарізати різьбу в 12 отворах М5-7Н	свердлильний 2А135
045	Контрольна 1.Контроль свердлильних операцій 50% от партії	Верстак Б - 558
050	Фрезерна Фрезерувати паз, витримуючи розміри 40±0,4; 14±0,3 з двох сторін	Верстат шпонково-фрезерний 692М
055	Контрольна Контроль фрезерних операцій 50% от партії	Верстак Б - 558

2.4 Засоби технологічного обладнання

Засоби технологічного оснащення (ЗТО) включають такі елементи:

- технологічне обладнання;

- засоби механізації та автоматизації;

-технологічне оснащення (різальний інструмент, міряльний інструмент, верстатний пристрій).

При обробці деталі підшипниковий щит в умовах підприємства використовується наступне обладнання. Токарно-револьверний верстат 1П365, вертикально-свердлильний верстат 2А135, верстат шпоночно-фрезерний 692М. Технічні характеристики обладнання наведені нижче.

Технічні характеристики токарно-револьверного верстата 1П365

Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм:

над станиною ... 500

над супортом ... 350

Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм ... 2800

Кінець шпинделя за ДСТУ 702-3-75.... 8М

Центр у шпинделі передньої бабки.

Діаметр прутка, що проходить в отвір шпинделя, мм ... 65

Висота різця, встановленого в різцетримачі, мм ... 32

Кількість швидкостей шпинделя ... 22

Межі частоти обертання шпинделя, об/хв ... 10-1250

Кількість подач ... 32

Найбільша маса оброблюваної деталі в центрах, кг ... 2000

Габарит верстата (довжина Х ширина Х висота), мм 3550 _ 1780 _ 1550

Маса верстата (з електроустаткуванням), кг 4300

Технічні характеристики вертикально - свердлильного верстата2А135.

Вертикально-свердлильний верстат призначений для виконання наступних видів робіт: свердління, розсвердлювання, зенкування, зенкерування, розгортання, розточування отвору, нарізування різьблення машинними мітчиками.

Клас точності верстата за ДСТУ EN 13898:2010, (Н, П, В, А, С) Н

Діаметр свердління, мм 35

Довжина робочої поверхні столу, мм 500

Ширина поверхні столу, мм 450

Габарити верстата Довжина Ширина Висота (мм) 1030_825_2535

Маса 1200кг

Потужність двигуна кВт 4

Межі частоти обертання шпинделя Min/Max об/хв 31/400

Технічні характеристики фрезерно-шпонкового верстата 692М.

Шпонково-фрезерний верстат призначений для фрезерування шпонкових пазів на валах та інших деталей методом маятникової подачі.

Клас точності верстата за ДСТУ EN 13898:2010, (Н, П, В, А, С) Н

Габарити верстата Довжина Ширина Висота (мм) 1520_1400_1750

Маса 1250 кг

Потужність двигуна кВт 1,3

Межі частоти обертання шпинделя Min/Max об/хв 375/3750

Вибір верстатних пристроїв наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Верстатні пристрої

Номер операції	Модель обладнання	Пристосування	Оцінка правильності вибору
005 010 015	1П365	Патрон 7100-0009 ДСТУ 8522-79	Даний пристрій відповідає габаритним розмірам заготовки.
025 030	2А135	Кондуктор СП41988/62	Даний пристрій відповідає габаритним розмірам заготовки та забезпечує задану точність обробки.
035	2А135	Кондуктор СП41991/83	Даний пристрій відповідає габаритним розмірам заготовки та забезпечує задану точність обробки.
040	2А135	Болти Планки притискні	Даний пристрій відповідає габаритним розмірам заготовки.
050	692М	Болти Планки притискні	Даний пристрій відповідає габаритним розмірам заготовки.

Оцінку вибору вимірювального інструменту наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Оцінка вибору мірного інструменту

№ операції	Вид та типорозмір вимірювального інструменту	Оцінка правильності вибору
005 Токарна	Штангенциркуль ШЦ- І- 125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
010 Токарна	Штихмас 350h8 ПИ-13;	Інструмент

	Штангенциркулі ШЦ-1-125-01; ШЦ-3-400-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	забезпечує достатню точність вимірювання
015 Токарна	Скоба 388h8 СП47747; Пробка 139,3Н11 ПИ-2; Шаблон 50Н11 СП49639/2; Шаблон 7Н11 СП 49521; Штангенциркулі ШЦ-1-125-01; ШЦ-3-400-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
025 Вертикально-свердлильна	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
030 Вертикально-свердлильна	Пробка $10,2^{+0,36}$ ПИ-3; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
035 Вертикально-свердлильна	Пробка $4,2^{+0,18}$ ПИ-3; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
040 Вертикально - свердлильна	Штангенциркуль ШЦ- І- 125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; Калібр – пробка М12 – 7Н; Калібр – пробка М5 –7Н	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання, але не забезпечує швидкість вимірювання, бажано використовувати комплексний калібр.
050 Шпоночно-фрезерна	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання

Оцінку вибору ріжучого інструменту наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Оцінка вибору ріжучого інструменту

№ операції	Модель обладнання	№ переходу	Типорозмір ріжучого інструмента	Обґрунтування вибору інструменту
005	Токарний верстат 1П365	1	Різець 25×20×140-ВК8 ДСТУ 18062-72	Різець за типорозміром підходить до цього обладнання, геометрія різця забезпечує необхідну точність обробки
010	Токарний верстат1П365	1,2,3	Різець 25×20×140-ВК8 ДСТУ 18062-72; Різець 32×20×170-ВК8 ДСТУ 18878-73	Різець за типорозміром підходить до цього обладнання.
015	Токарний верстат 1П365	1,2,3,4,5,6,7	Різець 25×20×140-ВК8 ДСТУ 18062-72; Різець 32×20×170-ВК8 ДСТУ 18878-73; Різець 20×20×170 Т5К10 ДСТУ EN 13306:2024	Різець за типорозміром підходить до даного обладнання, геометрія різця забезпечує необхідну точність обробки та форми розташування та розмірів оброблюваних поверхонь.
025	Вертикально-свердлильний верстат 1А135	1,2	Свердло 2301-0042 ДСТУ ISO 235:201; Свердло 2301-0046 (Ø14) ДСТУ ISO 235:201	Обробка отворів напрохід глибиною 49 мм
030	Вертикально-свердлильний верстат 1А135	1,2	Свердло 2301-0030 (Ø13) ДСТУ ISO 235:201; Свердло 2301-0042 (Ø10,2) ДСТУ ISO 235:201	Обробка отворів напрохід Обробка отвору напрохід під нарізування різьблення М12; точність обробки нормальна
035	Вертикально-свердлильний верстат 1А135	1	Свердло 2300-7551 (Ø4,2) ДСТУ ISO 235:201	Обробка отвору глибиною 13 мм під нарізування різьблення М5

040	Вертикально-свердлильний верстат 1А135	1,2,3,4	Свердло 2301-0023 (Ø16) ДСТУ ISO 235:201; Свердло 2301-0061 (Ø6) ДСТУ ISO 235:201; Мітчик М12-7Н ДСТУ EN ISO 11148-3:2014 ; Мітчик М5-7Н ДСТУ EN ISO 11148-3:2014;	Свердління фаски 1,6×45°; точність обробки нормальна Нарізання різьблення в отворі М12 напрохід ступінь точності 7Н; Нарізання глухого різьблення в отворі М5 ступінь точності 7Н
050	Шпоночно-фрезерний верстат 692М	1	Фреза 2234-0371 (Ø14)	Фрезерування паза шпонки глибиною 49 мм

2.5 Норми часу з технологічних операцій

Час на операції визначено заводським технологічним процесом і зведено в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Норми часу на технологічні операції

№ опер	Назва операції	$T_о$, *хв*	$T_в$, *хв*	$T_{об.от.}$	$T_{шт}$, *хв*
005	Токарно-револьверна	5,9	1,5	0,7	8,1
010	Токарно-револьверна	21,5	2,6	1,9	29,0
015	Токарно-револьверна	29,4	4,6	2,6	39,6
020	Контроль				0,8
025	Вертикально-свердлильна	9,3	5,01	1,4	19,71
030	Вертикально-свердлильна	5,89	2,6	0,6	11,09
035	Вертикально-свердлильна	3,39	2,0	0,4	10,79

040	Вертикально-свердлильна	13,88	5,45	1,9	23,23
045	Контроль				0,6
050	Шпоночно-фрезерна	11,5	2,8	1,0	17,3
050	Контроль				0,3
	Всього:				160

2.6 Проектування технологічного процесу

Оцінка існуючого технологічного процесу показала, що існує низка проблем:

- низький рівень механізації технологічного оснащення;
- металорізальне обладнання застаріле та малопродуктивне;
- високий рівень ручної праці;
- висока трудомісткість продукції, що випускається.

На підставі перерахованих вище недоліків були поставлені такі завдання:

1. Здійснити заміну існуючого застарілого обладнання на верстати з ЧПК. Впровадження верстатів з ЧПК дозволяє підвищити продуктивність праці в 1,5-2,0 рази, а верстатів з автоматичною зміною інструменту та інструментальним магазином у 3 - 4 рази. Свердлильний верстат замінимо на координатно-розточувальному, який дозволяє обробляти велику кількість отворів з високою точністю позиціонування.

2. Вага деталі складає 16 кг, заготовки – 23 кг. З метою полегшити працю робітника та одночасно вивільнити робочі місця верстатників запропоновано застосувати технологічний промисловий робот під час встановлення та зняття деталей зі верстатів.

3. Спроектувати гнучку автоматичну виробничу систему, що складається з двох токарних, двох координатно-розточувальних верстатів з

ЧПК та двох промислових роботів, які обслуговують ці верстати. Фрезерування паза шпонки поєднати зі свердлінням отворів на одному верстаті.

4. Для встановлення ПР необхідно доопрацювати верстатний пристрій верстата. Доробка повинна вестись за двома напрямками: механізація пристосування та розширення його універсальності для прискорення переналагодження при переході на вироби інших типорозмірів.

5. Деталь має дуже велику кількість отворів, у яких необхідно зробити нарізування різьблення. Необхідно використовувати на свердлильних операціях спеціальні Свердла спіральні східчасті для отворів під метричні різьблення за ДСТУ ISO 235:2018. Поряд із свердлінням отвору таке свердло одночасно свердлить фаску. Такі свердла використовуються на верстатах з ЧПК зниження кількості інструменту, переходів і відповідно трудомісткості обробки отворів на деталі. Таким чином, ми позбавимося однієї операції, на якій проводять свердління фасок у всіх отворах.

У зв'язку з цими пропозиціями технологія обробки суттєво зміниться. Однак схеми базування та методи обробки поверхонь деталі залишаються ті ж самі.

2.7 Метод отримання заготовки

Метод отримання заготовки призначають залежно від типу виробництва з використанням довідників, каталогів, державних стандартів та ін. Перевага має бути віддана тим, які забезпечують максимальне наближення заготовки до форми та розмірів деталі.

Максимальне наближення геометричних форм та розмірів заготовки до розмірів та форми готової деталі – головне завдання виробництва заготовки.

Задані конструктором геометрія, розміри та марка матеріалу деталі багато в чому визначають технологію виготовлення. Таким чином, вибір виду заготовки відбувається в процесі конструювання, так як при розрахунку деталей на міцність, зносостійкість або при обліку інших показників

експлуатаційних характеристик конструктор виходить з фізико-механічних властивостей матеріалу, що застосовується з урахуванням впливу способу отримання заготовки.

Заготовки підшипникових щитів отримують шляхом лиття з чавуну і алюмінію (машини малих габаритів) для асинхронних двигунів і сталі – для електричних машин постійного струму.

У найдрібніших машин останнім часом почали застосовувати щити, виготовлені шляхом лиття під тиском з алюмінієвого сплаву. Такі щити за конструктивною формою аналогічні звичайному литтю, але перевагою їх є легша вага та значне зменшення трудомісткості обробки. Недоліками є менша механічна міцність, необхідність витрачати кольорові метали і слабка стійкість щодо лужної води (емульсії).

Щит підшипниковий КП-427.010-СНЦ має вагу 16 кг та виготовлений з ливарного алюмінієвого сплаву АЛ9. Можливі два методи отримання таких виливків:

- лиття у піщану форму;

- лиття в кокіль.

Вибір того чи іншого методу зумовлює тип виробництва, програма випуску та технологічні можливості підприємства. Для цієї деталі тип виробництва ймовірно – середньосерійний.

Лиття в піщану форму часто застосовується в дрібносерійному та одиничному виробництві. Однак, воно має високу трудомісткість, а точність геометричних розмірів, шорсткість поверхні виливків, отриманих у піщаних формах, у багатьох випадках не задовольняють вимоги сучасної техніки.

Лиття в кокіль застосовують у масовому та серійному виробництві для виготовлення виливків із чавуну, сталі та сплавів кольорових металів з товщиною стінок 3–100 мм, масою від кількох десятків грамів до кількох сотень кілограмів.

При литті в кокіль скорочується витрата формувальної та стрижневої сумішей. Затвердіння виливків відбувається в умовах інтенсивного відведення

теплоти із залитого металу, що забезпечує вищі щільність металу та механічні властивості, ніж у виливків, отриманих у піщані форми. Кокільні виливки мають високу геометричну точність розмірів та малу шорсткість поверхні, що знижує припуски на механічну обробку вдвічі порівняно з литтям у піщані форми. Цей спосіб лиття високопродуктивний.

Недоліки кокільного лиття: висока трудомісткість виготовлення кокілів, їх обмежена стійкість, складність виготовлення складних за конфігурацією виливків.Кокільне лиття доцільно застосовувати за програми випуску заготовок: дрібних від 300 штук, великих від 20 штук.

Так як для деталі щит підшипниковий тип виробництва визначений як середньосерійний, то для виготовлення заготовки вибираємо лиття в кокіль.

Площину роз'єму вибираємо по одній із поверхонь. Максимальний габаритний розмір виливка має горизонтально, що зменшує висоту форми. Найбільш точні поверхні розташовуємо в нижній частині виливки, так як домішки, що ліквідують, гази і раковини утворюються у верхніх частинах виливки. Розмір ливарних ухилів визначається за ДСТУ EN 792-3-2001.

Для визначення розмірів виливків на поверхні, що підлягають механічній обробці, необхідно призначити припуски за ДСТУ 8981:2020:. Розрахунок розмірів виливки наведено у таблиці 5.

Клас розмірної точності виливки – 10

Ступінь жолоблення елементів виливка – 5

Ступінь точності поверхонь виливка – 16

Ряд припусків на обробку виливка – 7

Таблиця 2.8 – Визначення розмірів виливки підшипникового щита

Розмір деталі	Допуск			Припуск на обробку	Розмір виливка
	На розмір	Форми та розташування	Загальний		
Ø370	3,6	1,0	4,0	3.2	Ø376.4
Ø386h9	3,6	1,0	4,0	4.4	Ø394.8
Ø427	4,0	1,2	4,4	3.3	Ø433.6
Ø150H9	2,6	0,4	3,2	4.5	Ø141
49h11	2,2	0,32	2,4	3.1	55.2

20	1,8	0,32	2,0	2.0	24
100	2,4	0,32	2,4	2.3	104.6

Ескіз виливка з розмірами зображено рисунку 2.2.

Масу виливка розрахуємо шляхом додавання до маси деталі маси припусків на механічну обробку та просвердлених отворів. Довжина кола $L=2\pi R$

Об'єм,$см^3$

Ø370 – $V=2\times3.14\times18.5\times0.32\times7.3=272$

Ø386 – $V=2\times3.14\times19.3\times0.44\times3.1=165$

Ø427 - $V=2\times3.14\times21.35\times0.33\times2.4=106$

Ø150 – $V=2\times3.14\times7.5\times0.45\times5.52=118$

Ø210 – $V=2(2\times3.14\times10.5\times0.31\times3)=123$

20 – $V=2(2\times3.14\times21.35\times2,4)=59$

7 – $V=2\times3.14\times19.8\times0.44\times0.93=51$

Ø13 – $V=(3.14\times0.65^2\times2)\times12=32$

Ø13 – $V=(3.14\times0.65^2\times4.9)\times4.9=6.5$

M5 – $V=(3.14\times0.25^2\times1.3)\times12=3$

Загальний об’єм становить 935 $см^3$

Маса відходів з однієї заготовки:

$$m=V\rho=935\times7.85=7,2 \text{ кг}$$

Маса виливка:

$$m=16+7.2=23,2 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання металу:

$$Кв.м.=16/23,2=0,7$$

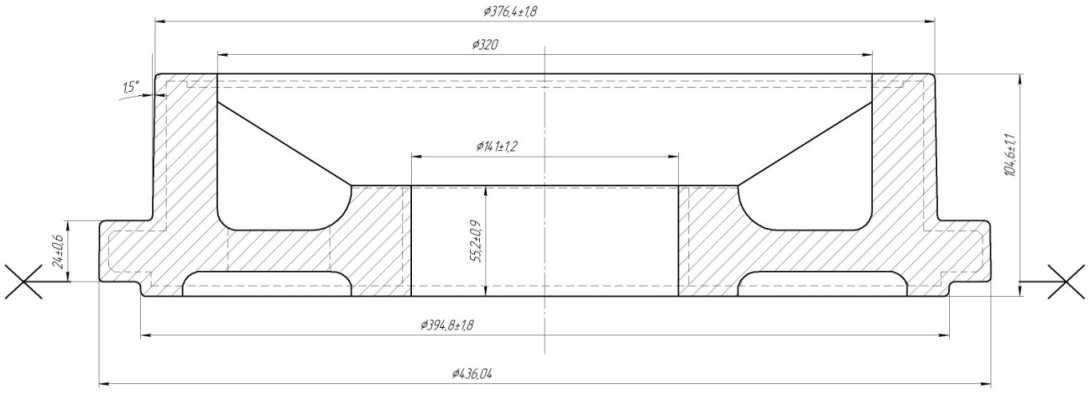


Рисунок 2.2 – Ескіз виливка

2.8 Технологічні бази

Для правильної роботи кожної машини необхідно забезпечити певне взаємне розташування її деталей та вузлів. Також при обробці деталей на верстатах заготовки повинні бути правильно орієнтовані щодо механізмів і вузлів верстатів, що визначають траєкторії переміщень різальних інструментів. Завдання взаємного орієнтування деталей і складальних одиниць у машинах під час їх збирання і заготовок на верстатах під час виготовлення деталей вирішуються їх базуванням.

При виборі технологічних баз прагнуть витримати принципи суміщення, сталості та послідовної зміни баз. У кожному окремому випадку може бути запропоновано декілька схем базування. При їх аналізі розраховують похибки установки, перераховують розміри та допуски (якщо відбувається зміна баз), і навіть визначають допуски на розміри технологічних баз. Для зменшення кількості варіантів схем базування слід наскільки можна використовувати типові рішення. Вибираючи бази, необхідно враховувати додаткові міркування: зручність установки і зняття виробу, що збирається, надійність і зручність його закріплення, можливість підведення деталей, що приєднуються, і складальних інструментів з різних сторін. За вибраними базами повинні бути сформульовані вимоги до точності та шорсткості поверхонь, які використовуються як бази [9].

Якщо провести аналіз функцій, що виконуються різними поверхнями деталі при виконанні нею службового призначення, то можна бачити, що поверхні деталі виконують різні функції, і з цієї точки зору всі поверхні можна розділити на чотири види:

- Виконавчі - поверхні, за допомогою яких машина або її механізми виконують своє службове призначення;

- основні – поверхні, що визначають положення деталі щодо інших деталей у машині;

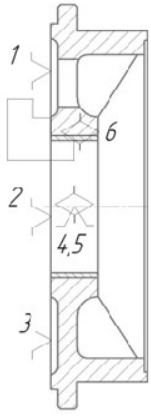
- Допоміжні - поверхні, за допомогою яких визначається

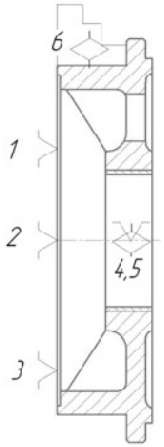
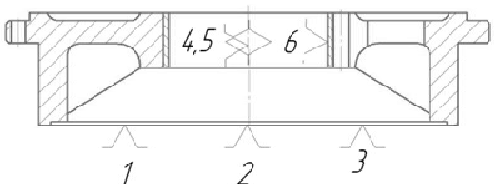
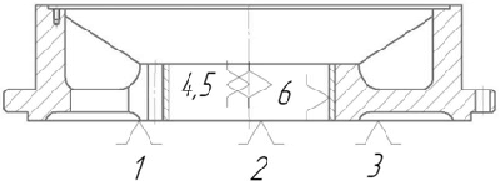
становище всіх інших деталей, що приєднуються до цієї;

- вільні – поверхні, що не сполучаються з поверхнями інших деталей та надають деталі конструктивні форми, які потрібні службовим призначенням виробу [7].

Схеми базування, що використовуються при обробці деталі підшипниковий щит наведені в таблиці 2.9 відповідно до рисунку 1.2.

Таблиця 2.9 – Схеми базування

№ операції	Схема базування	Номер оброблюваної поверхні
010		1,2,3,4

015		5,6,7,8,9,10
025 030 050		11,12,13,14
035 040		15

2.9 Технологічні методи обробки поверхонь

Методи обробки під час проектування нового технологічного процесу залишаються незмінними. Раніше на ескізі деталі не вводилися поверхні – фаски в отворах під нарізування різьблення. Так як в проектованому технологічному процесі запропоновано застосувати комбіновані свердла, що забезпечують свердління отворів і фасок одночасно, об'єднуємо ці поверхні в одне ціле: свердління отвору і свердління фаски.

Призначення методів і видів обробки поверхонь на підшипниковий щит наведено в таблиці 2.10, номери поверхні наведені на рисунку 2.1.

Таблиця 2.10 – Призначення методів та видів обробки

Номер поверхні	Метод обробки	Вид обробки	Квалітет	Шорсткість, Ra
1,2,3,4,5,8	Точіння	Чернове	12	12,5
6,10	Точіння торців	Чернове Чистове	14 12	12,5 3,2
7	Точіння	Чернове Чистове	12 9	12,5 3,2
9	Розточування	Чернове Чистове Тонке	12 9 6	12,5 3,2 1,25
11,12,13	Свердління	-	12	12,5
14,15	Свердління Нарізання різьби	- -	12 7Н	12,5 12,5
12	Фрезерування	Чорнове	12	12,5

2.10 Технологічні операції

Як уже говорилося у розділі 2.6.1 необхідно:

- здійснити заміну існуючого обладнання на верстати з ЧПК;

- застосувати комбіновані свердла з одночасним свердлінням фасок;

- поєднати фрезерування паза шпонковою фрезою та свердління отворів на одному верстаті з метою вивільнити одну одиницю обладнання.

Внаслідок цих заходів маршрут обробки зміниться порівняно з раніше існуючим процесом.

Літникову систему на заготовку обрубують на заготівельній ділянці.

У Таблиці 2.11 представлено технологічний маршрут з операцій.

Таблиця 2.11 – Маршрут обробки з технологічних операцій

№ оп.	Зміст операції	Верстат
0,05	Заготівельна (литво)	

010	Токарна з ЧПК 1.Підрізати торець щита, витримуючи розмір виконання 1 - 10±0,18; для виконання 2 - 20±0,26 2. Точити поверху Ø370±0,7 і підрізати торець борту, витримуючи розмір виконання 1 - 73±0,37; для виконання 2 - 83±0,43 3. Точити виточення $Ø350^{+0,68}$ на глибину 2,5±0,1 4. Притупити гострі крайки	HAAS ST-30
015	Токарна з ЧПК Точити поверху Ø427±0,7 2.Підрізати торець щита і маточини, витримуючи розмір для виконання 1 – $100,5_{-0,5}$; для виконання 2 – $110,5_{-0,5}$ 3.Зняти дві фаски 2×45° 4.Точити замок попередньо до $Ø388_{-0,38}$, витримуючи розмір $7_{-0,,1}$ 5. Розточити отвір попередньо до $Ø139,3^{+0,26}$ 6. Підрізати торець маточини з іншого боку до розміру $50_{-0,17}$ 7.Зняти дві фаски 0,5×45° 8.Притупити гострі крайки	HAAS ST-30
020	Координатно-розточувальна 1.Свердлити в маточині 4 отв. $Ø13^{+0,43}$ 2.Свердлити 2 отв.$Ø14^{+043}$ під фрезерування паза 3. Фрезерувати паз, витримуючи розміри 40±0,4; 14±0,3 з двох сторін 4. Свердлити в борту 8 отв. $Ø13^{+0,43}$ 5.Свердлити 4 отв.$Ø10,2^{0,36}$ під М12-7Н зі зняттям фаски 2×45° 6. Нарізати різьбу в 4 отвір М12-7Н	Верстат Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-3
025	Координатно-розточувальна 1.Свердлити 12 отв. $Ø4,2^{+0,18}$ під М5-7Н на глибину $13^{+1,6}$ зі зняттям фаски 1×45° 2. Нарізати різьбу в 12 отворах М5-7Н 3. Зняти фаски 1,6×45° в 4 отв. $Ø13^{+0,43}$ зі зворотного боку замку	Верстат Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-3
045	Контрольна 1.Контроль деталей після операцій 50% от партії	Верстак Б - 558

2.11 Вибір обладнання

Головним фактором при виборі обладнання на автоматизованій ділянці та РТК є його можливість автоматичного завантаження та автоматичної зміни інструменту. Також необхідно врахувати габаритні розміри заготовки та можливість її розміщення на верстаті. Вітчизняне обладнання відрізняється нижчою вартістю. Тому застосовуємо верстати вітчизняного виробництва.

Рисунок 2.3 – Токарний обробний центр HAAS ST-30

Токарний обробний центр HAAS ST-30Y призначений для високоточної та продуктивної обробки деталей типу тіл обертання з можливістю виконання суміщених токарних, свердлильних і фрезерних операцій. Верстат оснащений сучасною системою числового програмного керування та револьверною головкою з автоматичною зміною інструменту, що дозволяє скоротити допоміжний час і підвищити стабільність технологічного процесу. Наявність додаткової осі Y розширює технологічні можливості верстата та забезпечує обробку складних поверхонь і отворів, зміщених відносно осі обертання, без повторного встановлення заготовки. Конструкція верстата передбачає можливість інтеграції з автоматичними системами завантаження і розвантаження заготовок, що робить його придатним для використання в

складі автоматизованих виробничих ділянок і робототехнічних комплексів [15].

Рисунок 2.4 – Вертикальний обробний центр HAAS VF-3

Вертикальний обробний центр HAAS VF-3 є універсальним металорізальним верстатом з ЧПК, призначеним для комплексної обробки корпусних деталей, у тому числі щитів підшипникових. Верстат забезпечує виконання операцій фрезерування, свердління та розточування з високою точністю координатного позиціювання. Оснащення верстата автоматичним змінювачем інструменту та значні ходи по координатних осях дозволяють виконувати обробку складних деталей за одну установку, зменшуючи кількість допоміжних переходів. Жорстка конструкція станини та сучасна система ЧПК забезпечують стабільність розмірів і повторюваність результатів обробки. Верстат HAAS VF-3 може бути інтегрований у автоматизовані виробничі ділянки та робототехнічні комплекси з використанням автоматичних систем завантаження заготовок [15].

2.12 Оцінка вибору верстатних пристроїв

Установка сучасних універсальних ПР на автоматизованих ділянках та РТК потребує додаткових заходів щодо механізації та автоматизації цього обладнання, оскільки основна його частина випускалась у розрахунку на ручне обслуговування. Причому доопрацювання має вестися за двома напрямками: механізація пристосування та розширення його універсальності для полегшення та прискорення переналагодження при переході на вироби інших типорозмірів при їх груповій обробці.

Для обробки на токарному п/о з ЧПК може бути застосований клиновий патрон з механізованим приводом згідно з ДСТУ 24351-80. Однак цей патрон не є універсальним, так як при його налагодженні необхідно переставляти та перезакріплювати накладні кулачки, на що витрачається багато часу.

На координатно-розточувальному верстаті можна використовувати механізований пристрій з базуванням деталі по отвору. Для цієї мети спроектовано спеціальне верстатне пристосування з оправленням кулачкової фланцевої з пневмоприводом на базі ДСТУ 31.1066.04-97.

Вибір верстатних пристроїв наведено у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Верстатні пристрої

Номер операції	Модель обладнання	Пристосування	Оцінка правильності вибору
010 015	Токарний з ЧПК HAAS ST-30Y	Гідравлічний трикулачковий патрон, ISO 702-1 (тип А2) Kitagawa B-212A2-8	Даний пристрій відповідає габаритним розмірам заготовки і має механізований привід на задньому кінці шпинделя верстата.
020 025	Вертик-фрезерний з ЧПК HAAS VF-3	Пристрій спеціальний з кулачковою оправкою	Даний пристрій відповідає габаритним розмірам заготовки, забезпечує задану точність обробки і має пневмопривід.

2.13 Оцінка вибору мірного інструменту

Визначення виду вимірювального інструменту проводиться залежно від типу виробництва, характеру контрольованих параметрів, форми та розташування контрольованих поверхонь та вимірювальних баз, необхідної точності контролю. Типорозмір вимірювального інструменту визначається габаритами контрольованих поверхонь заготівлі. Оцінку вибору міряльного інструменту наведено в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13. – Оцінка вибору мірного інструменту

№ операції	Вид та типорозмір вимірювального інструменту	Оцінка правильності вибору
010 Токарна з ЧПК	Штихмас 350h8 ПИ-13; Штангенциркулі ШЦ-1-125-01; ШЦ-3-400-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
015 Токарна з ЧПК	Скоба 388h8 СП47747; Пробка 139,3Н11 ПИ-2; Шаблон 50Н11 СП49639/2; Шаблон 7Н11 СП 49521; Штангенциркулі ШЦ-1-125-01; ШЦ-3-400-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
020 Вертикально-фрезерна з ЧПК	Пробка $10{,}2^{+0{,}36}$ ПИ-3; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Калібр – пробка М12 – 7Н	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання
025 Вертикально-фрезерна з ЧПК	Пробка $4{,}2^{+0{,}18}$ ПИ-3; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Калібр – пробка М5 –7Н	Інструмент забезпечує достатню точність вимірювання

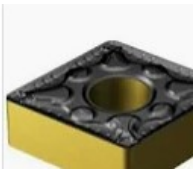
2.14 Оцінка вибору ріжучого інструменту

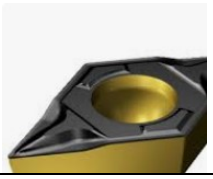
Вибір типорозміру різального інструменту залежить від типу інструменту, моделі технологічного обладнання, необхідної точності обробки та форми розташування та розмірів оброблюваних поверхонь. Для обробки на токарному верстаті з ЧПК застосовуємо контурний різець із пластиною ВК8,

т.к. проводиться обробка алюмінієвого сплаву), при розточуванні отвору – розточувальний різець Sandvik Coromant CoroTurn S20-SCLCR06-15). Для обробки отворів та одночасно фасок у них під нарізування різьблення застосовуємо комбіновані свердла Kennametal KSEM860-1300-1040-3D

Оцінку вибору ріжучого інструменту наведено в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Оцінка вибору ріжучого інструменту

№ Опер.	Модель обладнання	№ перех.	Типорозмір ріжучого інструменту	Обґрунтування вибору інструменту
010	Токарний з ЧПК HAAS ST-30Y	1,2,3	Різець контурний Sandvik Coromant CoroTurn S20-SCLCR06-15 оснащений твердосплавною пластиною Sandvik Coromant CNMG 120408-M T1500  CoroTurn S20-SCLCR06-15, з пластиною Sandvik Coromant CNMG 120408-M T1500 CoroTurn S20-SCLCR06-15 з пластиною CNMG 120408-M T1500	Різець за типорозміром підходить до цього обладнання.
015	Токарний з ЧПК HAAS ST-30Y	1,2,3, 4,5,6, 7	Різець контурний Sandvik Coromant CoroTurn S25-SCLCR06-15 оснащений твердосплавною пластиною Sandvik Coromant CNMG 120408-M T1500 CoroTurn S25-SCLCR06-15	Різець за типорозміром підходить до даного обладнання, геометрія різця забезпечує необхідну точність

			 з пластиною CNMG 120408-M T1500 Sandvik Coromant CoroTurn 107 A25-SDUCR11 оснащеною твердосплавною пластиною DCMT 11T304-PF T1500 	обробки та форми розташування та розмірів оброблюваних поверхонь.
020	Верстат Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-3	1,2,3 4,5	Kennametal KSEM860-1300-1040-3D Кінцева фреза Seco Tools J420-14-4R0,5-80 Iscar Dril IQ 860-1300-1040 A1	Обробка отворів та шпонкового паза напрохід глибиною 49 мм Обробка отвору напрохід під нарізування різьблення М12, точність обробки нормальна; Нарізання різьблення в отворі М12

			 Walter Titex 860-1020-0800-2D Seco Tools EC90-16-120 Мітчик Iscar Tap IQ 300 M12-7H	напрохід ступінь точності 7Н;
025	Верстат Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-3	1	Свердло Ø4,2 мм Walter Titex Xtreme A3144 Зенкер Seco Tools C-Chamfer 495 Ø6 мм Мітчик Iscar TAP M5×0,8-7H IC908 Зенкер Kennametal KSEM Chamfer Ø16 мм	Обробка отвору глибиною 13 мм під нарізування різьблення М5; точність обробки нормальна; Свердління фаски в отворі Ø13

2.15 Розрахунок припусків

Припуск – шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготівлі з метою досягнення заданих властивостей поверхні, що обробляється деталі.

Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений за відповідними таблицями, ДСТУ або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку (РАМВП), базується на аналізі факторів, що впливають на припуски попереднього та виконуваного переходів технологічного процесу обробки поверхонь. Значення припуску визначається методом диференційованого розрахунку за елементами, що становлять припуск. РАМВП передбачає розрахунок припусків по всіх технологічних переходах обробки даної поверхні деталі (проміжні припуски), їх підсумовування для визначення

загального припуску на обробку поверхні та розрахунок проміжних розмірів заготовки. Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на переході, що виконується, похибок обробки їх дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході, і компенсації похибок, що виникають на виконуваному переході. Проміжні розміри, що визначають положення поверхні, що обробляється, і розміри заготовки розраховують з використанням мінімального припуску. РАМВП являє собою систему, що включає методики обґрунтованого розрахунку припусків, ув'язування розрахункових припусків з граничними розмірами оброблюваної поверхні та нормативні матеріали [2] .

Застосування РАМВП скорочує в середньому відхід металу в стружку порівняно з табличними значеннями, створюють єдину систему визначення припусків на обробку та розмірів деталі за технологічними переходами та заготовками, сприяє підвищенню технічної культури виробництва.

Зробимо розрахунок припусків на механічну обробку на розточування отвору ∅140Н6 ($^{+0,025}$).

Маршрут обробки заносимо до графи 1 таблиці 2.8. Приймаємо точність виливки – 15 квалітет, чорнового точіння – 12 квалітет, чистового – 9, тонкого – 6.

Величина похибки $\Delta_{\sum}$ визначається:

$$\Delta\sum_1 = \sqrt{\Delta\sum_к{}^2 + \Delta_у{}^2}\ , \qquad (2.1)$$

$\Delta\sum_1 = \sqrt{0,08^2 + 0,4^2} = 0,41$ мм

де Δ_{Σ} – загальне відхилення осі від прямолінійності; Δ_y – усунення осі заготівлі внаслідок похибки центрування.

$\Delta_{\sum к} = 2\Delta_к\, l_k = 2 \cdot 0.8 \cdot 49 = 0.08$ мм

тут λ_K – розмір від перерізу, котрого визначається кривизна до торця заготовки; Δ_K – відхилення розташування отвору щодо технологічних баз мм.

$\Delta_ц = 0,25Т = 0,25 \times 1,6 = 0,4$ мм

де T – допуск базуючої поверхні заготовки [2] .

Чорнове розточування. Величину залишкових просторових відхилень $\Delta_{\Sigma ост}$ визначають за рівнянням:

$\Delta_{К2} = \Delta_{К1} \times К_У = 0{,}41 \cdot 0{,}06 = 0{,}024$

де K_y - коефіцієнт уточнення.

При подальшій обробці заготовки величиною залишкових просторових відхилень можна знехтувати.

Похибка базування ε для всіх операцій обробки дорівнює нулю.

Розрахунок мінімальних припусків на діаметральні розміри для кожного переходу провадиться за формулою:

$$2_{Zi\min} = 2 \cdot [(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta^2_{\Sigma i-1} + \varepsilon^2_i}], \qquad (2.2)$$

де $(R_z + h)_{i-1}$ - висота нерівностей профілю та глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході; $\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне відхилення розташування поверхонь, досягнуте на попередньому переході; ε_i – похибка встановлення заготовки на переході.

Мінімальний припуск:

чорнове розточування:

чорнове розточування $2Z_{i\,min} = 2(0{,}3+0{,}41) = 1{,}42$ мм;

чистове розточування $2Z_{i\,min} = 2(0{,}1+0{,}024) = 0{,}248$ мм;

тонке розточування $2Z_{i\,min} = 2 \times 0{,}04 = 0{,}08$ мм;

Розрахункові значення припусків заносяться до графи 5 табл. 2.8.

Таблиця 2.15 - Результати розрахунків припусків на обробку та граничних розмірів з технологічних переходів

Маршрут обробки поверхні 9	Елементи припуску, мм			Розрахункові величини		Допуск на виконувані розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z+h	Δ_Σ	ε	припуску Z_i, мкм	максимального діаметра, мм		найбільше	найменше	Z_{min}	Z_{max}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Виливок	0,300	0,41	0	-	138,277	1,6	138,0	136,4	-	-
Розточування чорнове	0,100	0,024	0	1,42	139,697	0,4	139,5	139,1	1,5	2,7
Розточування чистове	0,040	-	0	0,248	139,945	0,1	139,9	139,8	0,4	0,7
Розточування тонке	0,010	-	0	0,08	140,025	0,025	140,025	140,0	0,125	0,2

Розрахунок найбільших розмірів за технологічними переходами проводиться шляхом віднімання значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходу, з величиною припуску на перехід:

140,025-0,08=139,945 мм

139,945-0,248=139,697 мм

139,697-1,42=138,277 мм

Найбільші розміри переходів записуємо так само з округленням, і потім визначаємо найменші значення шляхом вилучення з найбільшого розміру відповідного допуску.

Потім визначаємо найменші граничні розміри переходів:

138-1,6=136,4 мм

139,5-0,4=139,1 мм

139,9-0,1=139,8 мм

140,025-0,025=140,0 мм

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах робимо, віднімаючи значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконуваному та попередньому технологічним переходам:

Максимальні припуски:	Мінімальні припуски:
139,1-136,4=2,7 мм	139,5-138,0=1,5 мм
139,8-139,4=0,7 мм	139,9-139,5=0,4 мм
140-139,8=0,2 мм	140,025-139,9= 0,125 мм

2.16 Розрахунок режимів обробки

При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип і розмір інструменту, матеріал його різальної частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання.

Призначимо режими різання для обробки отвору $\varnothing 140H6\ (^{+0,025})$.

Як було вже зазначено, технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 140H6\ (^{+0,025})$

наступні:

1) розточування чорнове;

2) розточування чистове;

3) розточування тонке.

Призначення режимів різання для обробки отвору Ø140H6

При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип і розмір інструменту, матеріал його різальної частини, матеріал і стан заготовки, а також тип і технічний стан обладнання. Призначимо режими різання для обробки отвору Ø140H6 (+0,025).

Як було зазначено, технологічні переходи обробки поверхні Ø140H6 (+0,025) включають чорнове, чистове та тонке (доводочне) розточування.

Для розрахунку частоти обертання шпинделя використовується залежність:

$$n = 1000 \cdot V_c / (\pi \cdot D), \tag{2.3}$$

де V_c – швидкість різання, м/хв; D – діаметр обробки, мм.

Подача хвилинна визначається за формулою:

$$V_f = f \cdot n, \tag{2.4}$$

де f – подача на оберт, мм/об.

Для чорнового розточування приймаємо V_c = 160 м/хв, f = 0,25 мм/об, a_p = 1,5 мм. При діаметрі D = 140 мм частота обертання становить n ≈ 364 об/хв, а хвилинна подача $V_f \approx 91$ мм/хв.

Для чистового розточування приймаємо V_c = 180 м/хв, f = 0,12 мм/об, a_p = 0,5 мм. У цьому випадку n ≈ 409 об/хв, а $V_f \approx 49$ мм/хв.

Для тонкого розточування з метою забезпечення поля допуску H6 приймаємо V_c = 200 м/хв, f = 0,06 мм/об, a_p = 0,10 мм. Частота обертання становить n ≈ 455 об/хв, а хвилинна подача V_f ≈ 27 мм/хв.

Прийняті режими різання забезпечують поступове зменшення навантаження на різальну кромку та стабільність процесу обробки, що необхідно для отримання отвору Ø140H6 (+0,025) з високою точністю та повторюваністю.

Зазначені режими різання забезпечують поступове зменшення навантаження на різальну кромку та підвищення стабільності процесу на завершальних переходах, що необхідно для отримання отвору Ø140H6 (+0,025) з високою точністю та повторюваністю.

1) HAAS ST-30Y — точіння (Ø427, Ø388, торці, розточування Ø139,3, фаски)

Інструмент Sandvik

Для зовнішнього точіння/торцювання/фасок: CoroTurn 107, державка PCLNR 2525M12 + пластина CNMG 120408-PM, GC4425 (універсально: чорнове/напівчистове по сталі).

Для внутрішнього розточування Ø139,3: CoroTurn 107, державка A25-SDUCR 11 + пластина DCMT 11T304-PF, GC4425 (напівчист/чист по внутрішніх).

Зовнішнє точіння CNMG GC4425: V_c = 180 м/хв, f = 0,25 мм/об (чорнове); f = 0,15 мм/об (чистове/торцювання).

Внутрішнє розточування DCMT GC4425: V_c = 170 м/хв, f = 0,12 мм/об.

Розрахунок для Ø427 ±0,7.

Беремо V_c = 180 м/хв, D = 427 мм:

n = 1000·180 / (3,1416·427) = 180000 / 1341,3 ≈ 134 об/хв.

Якщо f = 0,25 мм/об → V_f = 0,25·134 ≈ 34 мм/хв.

Якщо f = 0,15 мм/об → V_f = 0,15·134 ≈ 20 мм/хв.

Розрахунок точіння замка Ø388−0,38

N=1000·180/(3,1416·388)=180000/1218,0≈148об/хв.

V_f (0,25) ≈ 37 мм/хв, V_f (0,15) ≈ 22 мм/хв.

Розрахунок розточування Ø139,3+0,26

Беремо V_c = 170 м/хв, D = 139,3 мм:

n=1000·170/(3,1416·139,3)=170000/437,6≈389об/хв.

f = 0,12 мм/об → V_f= 0,12·389 ≈ 47 мм/хв.

2) HAAS VF-3 — свердління, фрезерування паза, фаски, різьба

Інструмент Sandvik

Свердління Ø4,2; Ø10,2; Ø13; Ø14: CoroDrill 860-GM (суцільний твердосплав) відповідного діаметра, grade H10F (універсально; для сталі працює стабільно).

Фрезерування паза 14 мм: CoroMill 390 Ø14 (корпус + пластини), пластини 390-..-PM, GC1030/GC1130 (для сталі; GC1030 частіше дає чистіше, GC1130 — стійкіше).

Зняття фасок 1×45° та 1,6×45°: CoroMill 495 (фасочна) або CoroMill 390 траєкторією фаски (якщо підходить по геометрії).

Нарізання різьби M5-7H і M12-7H: CoroTap 300 (для наскрізних отворів), допуск 7H.

Для свердління користуємося формулами (2.3-2.4)

Для фрезерування подачу розрахуємо за фомулою :

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n \qquad (2.5)$$

f_z — подача на зуб, z — кількість зубів.

Режими (сталь 45)

Свердління CoroDrill 860-GM

Ø4,2: V_c = 90 м/хв, f = 0,08 мм/об.

Ø10,2: V_c = 90 м/хв, f = 0,18 мм/об.

Ø13: V_c = 90 м/хв, f = 0,22 мм/об.

Ø14: V_c = 90 м/хв, f = 0,24 мм/об.

Для Ø4,2 розрахунки наступні:

n = 1000·90/(π·4,2)=90000/13,19≈6820 об/хв;

V_f = 0,08·6820≈546 мм/хв.

Для Ø10,2 :

n = 90000/(π·10,2)=90000/32,04≈2810 об/хв;

V_f = 0,18·2810≈506 мм/хв.

Фрезерування паза CoroMill 390 Ø14

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n \quad , \tag{2.6}$$

(f_z — подача на зуб,

z — кількість зубів.

Беремо V_c = 180 м/хв

n = 1000·180/(π·14)=180000/43,98≈4090 об/хв.

Якщо z = 3 зуби, f_z = 0,06 мм/зуб, тоді V_f = 0,06·3·4090≈736 мм/хв.

(Для чистового проходу f_z =0,04 мм/зуб, тоді Vf ≈ 491 мм/хв.

Різьба CoroTap 300

Для різьбонарізання мітчиком:

$$V_f = n \cdot P, \tag{2.7}$$

P — крок різьби.

M5×0,8 (P=0,8): обираємо n = 800 об/хв, тоді V_f = 800·0,8 = 640 мм/хв.

M12×1,75 (P=1,75): обираємо n = 350 об/хв, тоді → V_f = 350·1,75 = 612,5 мм/хв.

2.17 Визначення норм часу

Технічні норми часу встановлюються розрахунково-аналітичним методом. У серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт}, \tag{2.8}$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час, хв..

n – кількість деталей у настроювальній партії, шт.

$$T_{шт}=T_o+T_в+T_{об}+T_{відп} \ , \tag{2.9}$$

де T_o – основний час, хв.

$T_в$ – допоміжний час

$T_{об}$ – час обслуговування робочого місця, хв.

$T_{от}$ – час на відпочинок, перерви та особисті потреби, хв.

Допоміжний час, у свою чергу, обчислюється за формулою

$$T_в = T_{у.с.} + T_{з.о}+ T_{у.п} +T_{и..з.}, \tag{2.10}$$

де $T_{у.с.}$ – час на встановлення та зняття деталі, хв.

$T_{з.о.}$ – час на закріплення та відкріплення деталі, хв.

$T_{у.п.}$ – час на прийоми управління, хв.

$T_{и.з.}$ – час на вимірювання деталі, хв.

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.

При шліфуванні час обслуговування визначається за формулою:

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг}, \tag{2.11}$$

де $T_{тех}$ – час на технічне обслуговування, хв.

$T_{орг}$ – час на організаційне обслуговування, хв.

Нормативи на допоміжний час примножується на коефіцієнт k=1,85

$$T_{тех} = \frac{T_o \cdot t_n}{T}, \tag{2.12}$$

де T_o – основний час, хв.

t_n – час на одне виправлення шліфувального кола, хв

T – період стійкості під час роботи одним інструментом

Оперативний час визначається:

$$T_{оп}= T_в + T_o \tag{2.13}$$

$T_{орг}$ визначається у відсотках від $T_{оп}$.

Формулу для визначення штучно-калькуляційного часу можна записати у вигляді:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{о} + k \cdot \left(T_{у.с.} + T_{з.о.} + T_{у.п.} + T_{и.з.}\right) + T_{об.от}, \qquad (2.14)$$

Час на операції визначено за технологічним процесом та зведено до таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Норми часу на технологічні операції

Номер операції	Назва операції	$T_о$, *хв*	$T_в$, *хв*	$T_{об.от.}$	$T_{шт}$, *хв*
010	Токарна з ЧПК	16,5	0,5	1,0	18,0
015	Токарна з ЧПК	27,0	0,5	2,5	23,0
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	22,3	2,01	1,4	19,6
035	Вертикально-фрезерна з ЧПК	11,0	2,0	0,8	16,8
045	Контроль				2,6
	Всього				80,0

2.18 Створення керуючої програми в CAM модулі

Токарну операцію 010 у дипломному проєкті пропонується виконувати на токарному центрі з ЧПК HAAS ST-30, що забезпечує необхідну точність, жорсткість та можливість автоматизованого виконання обробки [18]. Заготовку передбачається встановлювати в гідравлічному трикулачковому патроні з автоматичним затиском, що забезпечує надійне базування та співвісність оброблюваних поверхонь.

Для підготовки керуючої програми було виконано моделювання технологічної операції у CAM-модулі. У процесі підготовки задано систему координат деталі, при цьому нуль програми прийнято по торцевій поверхні заготовки та осі обертання шпинделя. Також обрано постпроцесор, сумісний із системою керування верстата HAAS.

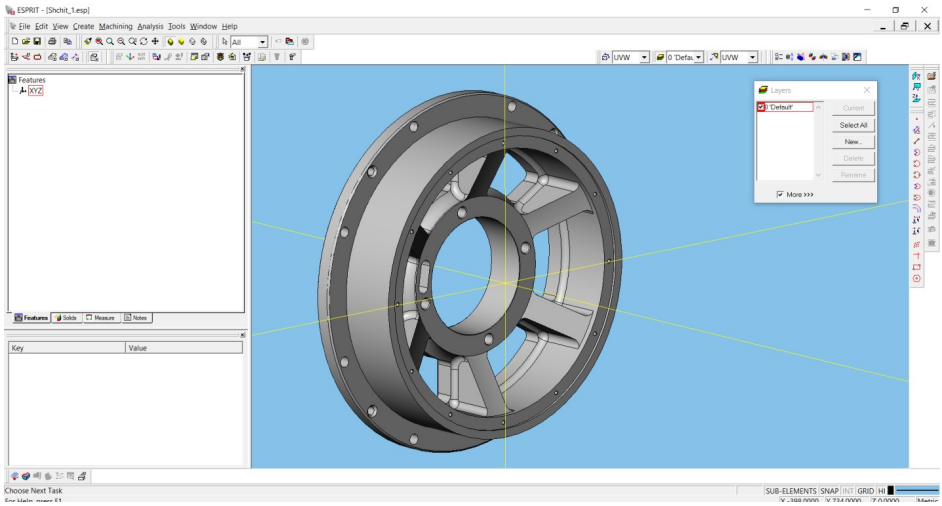


Рисунок 2.5 – 3D-модель деталі «Корпус підшипника» у середовищі CAM ESPRIT

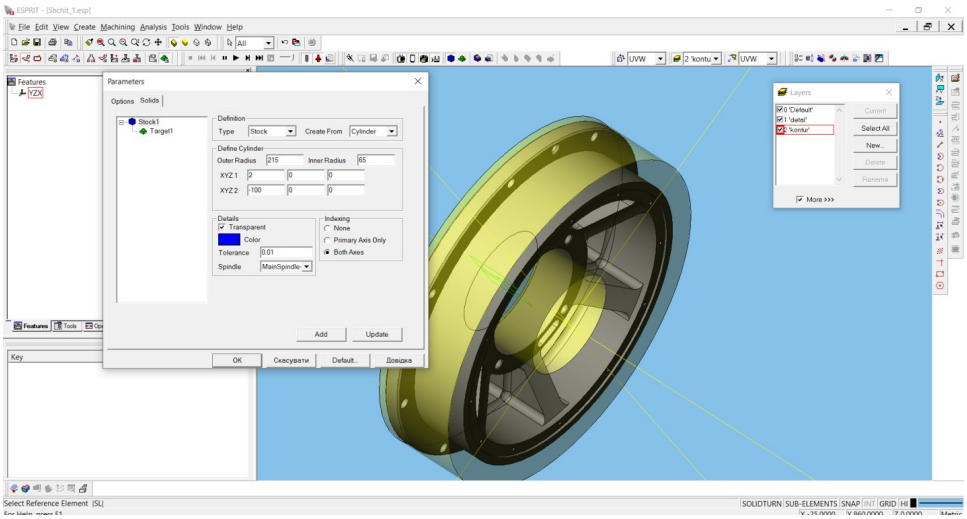


Рисунок 2.6 – Параметричне моделювання заготовки деталі «Корпус підшипника» для ЧПК-обробки

У CAM-модулі побудовано траєкторії чорнового та напівчистового точіння зовнішніх циліндричних поверхонь і торців деталі, а також

сформовано базові уступи відповідно до креслення. Режими різання, подачі та глибини різання призначено з урахуванням матеріалу заготовки, типу різального інструменту та технічних характеристик верстата. Для всіх переходів встановлено безпечні підводи та відводи інструменту з метою виключення можливих зіткнень.

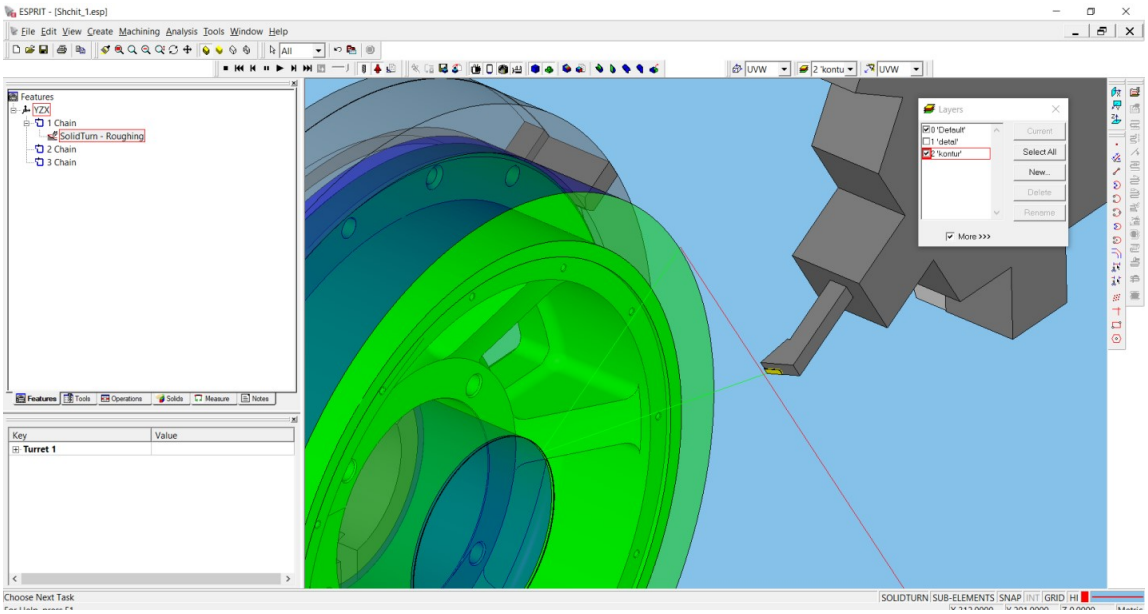


Рисунок 2.7 – Симуляція процесу точіння

Після побудови траєкторій виконано комп’ютерну симуляцію процесу точіння, у ході якої перевірено коректність зняття припусків і відсутність колізій між інструментом, заготовкою та елементами оснащення. За результатами симуляції уточнено параметри траєкторій і режими різання. На завершальному етапі CAM-модулем згенеровано керуючу програму у форматі G-коду, яку пропонується використовувати для виконання токарної операції 010 на верстаті HAAS ST-30 у виробничих умовах.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Проектування верстатного пристрою

Встановлення універсальних промислових роботів на автоматизованих ділянках та РТК потребує додаткових заходів щодо механізації та автоматизації обладнання, якщо це навіть верстати з ЧПК. Насамперед необхідно доопрацювати пристосування верстата. Причому доопрацювання має вестися за двома напрямками: механізація пристосування та розширення його універсальності для полегшення та прискорення переналагодження під час переходу на вироби іншого типорозміру [19].

При обробці деталі «щит підшипниковий» на координатно-розточувальному верстаті використовуємо пристосування, створене на базі нормалізованого універсального столу (МН 4662-63) з пневматичним мембранним приводом (Рис.3.1), на який встановили кулачкову фланцеву оправку з пневматичним затискачем.

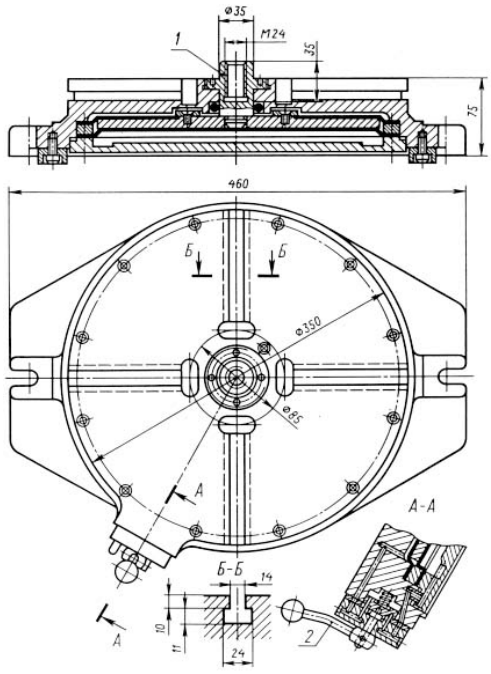


Рисунок 3.1 – Нормалізований універсальний стіл із пневматичним приводом

У розточуванні корпусу 1 столу поміщені мембрани 4, які закріплені знизу кришкою 8. Вони передають зусилля на шток 6 за допомогою привареного до нього диска 5, який утримується від повороту в корпусі столу напрямним пальцем 7. Шток 6 має різьбовий отвір для приєднання тяги оправи пази для кріплення налагодок (у нашому випадку – оправлення кулачкової). Кронштейн 3 призначений для закріплення крана управління. Рим-болти 2 служать транспортування столу.

У таблиці 3.1. наведено розміри нормалізованого столу Ø400 мм

Таблиця 3.1. – Основні розміри універсального столу з пневматичним мембранним приводом МН 4662-63 зі столом Ø400, мм

Позначення	D	D_1	D_2	d	d_1	d_2	d_3	H	h_2
7304-0023	400	320	95	M24	40	60	M6	85	22
	L	l	l_1	b	b_1	Хід штока	Зусилля на штоці, кгс/см^2		Маса, кг
	530	22	48	18	18	15	3100		70,2

На поверхні столу встановлюємо кулачкову оправку, спроектовану на базі ДСТУ 31.1066.04-97 «Пристосування до металорізальних верстатів. Оправки кулачкові», тип 4 – кулачкова фланцева з пневматичним затискачем (рис.3.2). Ця оправка була перероблена з урахуванням розмірів підшипникового щита.

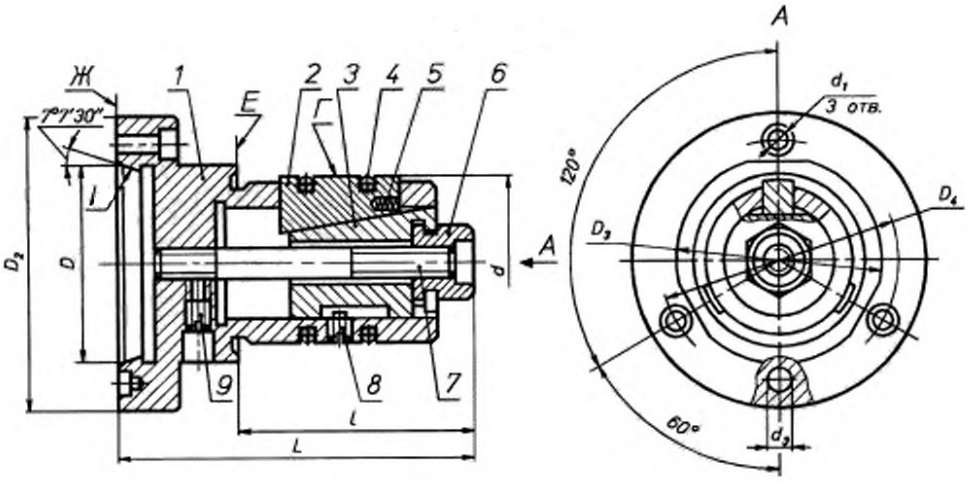


Рис.3.2. Оправлення кулачкове фланцеве з пневматичним затискачем – тип 4 ДСТУ 2691-94

3.2. Розрахунок пристосування на точність

Ціль розрахунку на точність полягає у визначенні допусків на розміри деталей пристосування, що забезпечують задану точність обробки заготовки в пристосуванні.

Пристосування проектуватимемо для координатно-розточувальної операції. При цій операції заготівлю необхідно забазувати за внутрішнім діаметром посадкового отвору. При такій схемі базування технологічна база збігатиметься з вимірювальною в результаті чого похибка базування дорівнюватиме нулю.

На даній операції свердлять отвори Ø13 і отвори під різьбу Ø10,2. Необхідно витримати міжосьову відстань отворів Ø164±0,2; Ø406±0,2.

Допуск на обробку: δ = 0,4 мм.

Визначаємо елементарні похибки, необхідних розрахунку похибки установки заготовки в пристосуванні $\varepsilon_{У}$.

Зважаючи на складність роздільного визначення $\Delta_{У}$ і $\Delta_{Т}$ по за довідником визначаємо: $\Delta_{СЛ} = \Delta_{У} + \Delta_{Т}$ = 105 мкм (0,105 мм)

Похибка налаштування свердла визначаємо за формулою:

$$\Delta_{н} = \sqrt{\Delta_{ін}^2 + \Delta_{ві}^2}\,, \qquad (3.1)$$

де $\Delta_{ін}$ – похибка виготовлення інструменту, що дорівнює допуску на його виготовлення за виконавчим розміром; $\Delta_{ві}$ - похибка встановлення інструмента.

Свердло має діаметр Ø13h9($_{-0.043}$), відповідно: $\Delta_{ін}$=43 мкм

Похибка встановлення інструменту приймаємо $\Delta_{ві}$=0

Тоді: $\Delta_{н}$ = 0,043 мм.

Відносне зношування свердла по діаметру:

U_o=0,005÷0,008 мм/км.

Шлях різання при свердлінні визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{\pi DLn}{1000 S_{пр}}, \qquad (3.2)$$

де D – діаметр сверла, мм; L – довжина обробки, мм; n – частота обертання шпинделя верстата, об/хв; $S_{пр}$ – поздовжня подача свердла, мм/об.

$$\lambda = \frac{\pi DLn}{1000 S_{іð}} = \frac{3{,}14 \times 13 \times 20 \times 200}{1000 \times 0{,}17} = 960 \text{ мм} = 0{,}96 \text{ м}.$$

Тоді,

$$\Delta_{u} = \frac{U_o \cdot l}{1000} = \frac{0{,}008 \cdot 0{,}96}{1000} = 0{,}77 \cdot 10^{-5} \text{ мм}.$$

Зважаючи на невелику величину Δ_u можна знехтувати.

Сумарна похибка форми ΣΔФ оброблюваного отвору не впливає на точність міжцентрової відстані 406±0,2 мм, тому приймається ΣΔФ=0.

Визначається допустима похибка установки:

$$E_y = \sqrt{\left(\delta - \sum \Delta\Phi\right)^2 - \Delta_y^2 - \Delta_H^2 - 3\Delta_u^2 - 3\Delta_T^2}\,, \qquad (3.3)$$

$$E_y = \sqrt{(0{,}4 - 0)^2 - 0{,}105^2 - 0{,}043^2} = 0{,}384 \text{ мм}.$$

Визначаємо похибку, обумовлену неточністю виготовлення пристрою:

$$\varepsilon_{ПР} = \sqrt{\varepsilon_У^2 - \varepsilon_З^2 - \varepsilon_\delta^2}\,, \qquad (3.4)$$

Похибка базування:

$$\varepsilon_{Б} = 1/2 \cdot S_{MAX},$$

де S_{MAX} - найбільший зазор у поєднанні отвору шестерні $Ø140^{+0,025}$ із настановною втулкою.

Приймаючи діаметр настановної втулки $Ø140^{+0,09}_{-0,07}$, отримаємо:

$$S_{MAX} = 0,025-(-0,07)= 0,032 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{Б} = 1/2 \cdot 0,032= 0,016 \text{ мм}.$$

Похибка закріплення приймаємо за довідником;

$\varepsilon_{З} = 0,07$.

Звідси: $\varepsilon_{ПР} = \sqrt{0,384^2 - 0,016^2 - 0,07^2} = 0,39$ мм.

Розраховуємо похибку виготовлення пристосування:

$$\varepsilon_{виг} = \sqrt{\varepsilon_{ПР}^2 - \varepsilon_{С}^2 - \varepsilon_{И}^2}, \quad (3.5)$$

Приймаючи похибку встановлення пристосування на столі верстата:

$\varepsilon_{С} = 0,015$ мм

та допустиму величину зношування пристосування по діаметру:

$\varepsilon_{И} = 0,01$ мм,

отримаємо: $\varepsilon_{виг} = 0,038$ мм.

Отримане значення $\varepsilon_{виг}$ є допуском замикаючої ланки $А_{\Delta}$ розмірного ланцюга А (рис.3.3).

В цьому ланцюгу замикаючою ланкою $А_{\Delta}$ є відстань від осі установочної втулки до осі отвору Ø13 на діаметрі Ø406.

У ланцюг входять такі ланки:

- А1 – розбіжність осі 1 отвори в настановній втулці з віссю отвору в проміжній втулці. Враховуючи, що установча втулка сполучається з проміжною по посадці $Ø140^{+0,09}_{-0,07}$, можна розрахувати величину зазору в поєднанні: де $ВО_А$ – верхнє відхилення діаметра настановної втулки, $ВО_А$ = 0,015 мм; $НО_В$ - нижнє відхилення діаметра зовнішньої поверхні проміжної втулки, $НО_В$ = - 0,046 мм. Звідси:

S''_{max} = 0,09-(-0,07) = 0,016 мм.

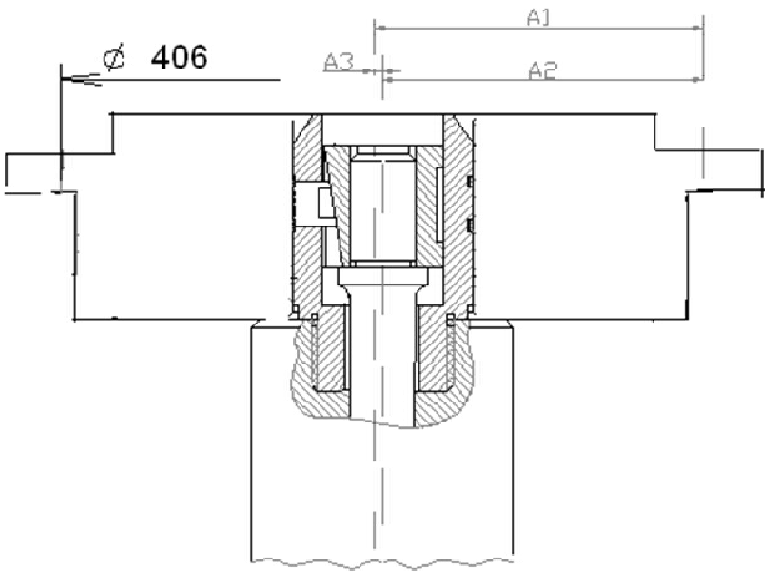


Рисунок 3.3 – Розмірна схема пристосування

$$S''_{max} = BO_A - HO_B$$

Найбільше значення А1 дорівнює S"max/2, тобто

ТА1 = S"max/2 = 0,08 мм.

Вихідними даними при вирішенні розмірного ланцюга є допуск замикаючої ланки TA_Δ = 0,037 мм та допуск на величину складової ланки ТА1 = 0,080 мм.

При виготовленні деталей пристрою необхідно витримати ці допуски на відповідні розміри.

3.3. Силовий розрахунок пристосування

Складемо розрахункову схему сил, що діють на заготовку (рис. 3.4).

На заготовку діють сили затиску W, сила різання F=700 Н. Оскільки оброблюємо черв'ячною фрезою, сила різання розкладаємо на дві сили, одна з яких намагається розгорнути заготівлю щодо її осі, а друга спрямована в бік сили W.

Виведемо силу затиску W через силу різання F. Згідно зі схемою рис. 4.2 сила тертя $F_{тр}$ буде дорівнювати:

$$F_{тр}=F\cdot tg(s) \quad (3.6)$$

У свою чергу сила тертя дорівнює:

$$F_{тр}=f\cdot N \quad (3.7)$$

де f – коефіцієнт тертя, f=0,2; N – реакція опори яка згідно зі схемою дорівнює:

$$N=W\cdot tg(a) \quad (3.8)$$

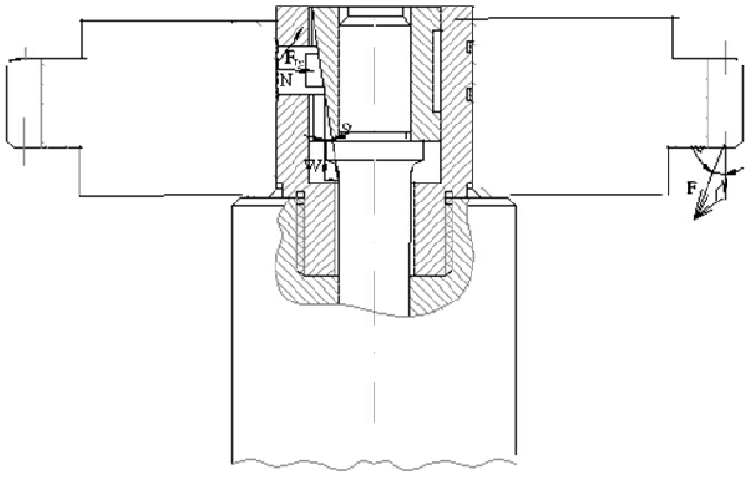


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема визначення сил затискача

З вище наведених формул виводимо W через силу різання:

$$W=F\cdot sin(s)/f\cdot tg(a) \quad (3.9)$$

Введемо коефіцієнт запасу К=2,3. Тоді W=1215,2 Н;

Розраховуємо параметри пневмоциліндра. Приймаємо робочий тиск повітря у пневмомережі Р=4 кгс/см^2.

Діаметр пневмоциліндра D, що забезпечує необхідне зусилля затиску, визначається формулою:

$$W=\Pi D^2 P/4 \quad (3.10)$$

Знаходимо діаметр пневмоциліндра:

$$D=\sqrt{4W/\Pi P} = 300 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення діаметра циліндра D=320 мм за ISO 15552. При цьому діаметр штока d=24 мм, дійсне штовхають зусилля при P=4 кг/см^2 не менше 3100 кг.

3.4 Проектування контрольного пристосування

3.4.1 Принцип роботи пристосування

Від жорсткості, якості виготовлення та точності взаємного розташування поверхонь щита залежить довговічність роботи підшипників та деякі енергетичні показники електричних машин.

У зв'язку з цим до підшипникових щитів пред'являються певні вимоги: замок та отвір під підшипник мають бути концентричними, тобто мати спільну вісь.

У практиці роботи машинобудівних підприємств набули поширення спеціальні контрольні пристрої, в яких оправлення встановлено в корпусі пристрою, а надягаються і знімаються лише деталі, що підлягають контролю, або оправлення вставляється в деталь, що лежить на столі, де і проводиться перевірка. Вимірювальні вузли є складовою частиною пристосування і закріплені або на корпусі або на оправці.

На рисунку 3.5 показано пристрій для перевірки концентричності поверхні замку деталі до осі отвору. Контроль деталі здійснюють на контрольній плиті. В отвір деталі встановлюють пристрій.

Співвідношення довжини базового отвору і плеча, на якому проводиться вимір, такі, що навіть невелика качка оправки в отворі призведе до значних похибок виміру. Для усунення цього недоліку втулка 1 повинна бути виконана розтискною.

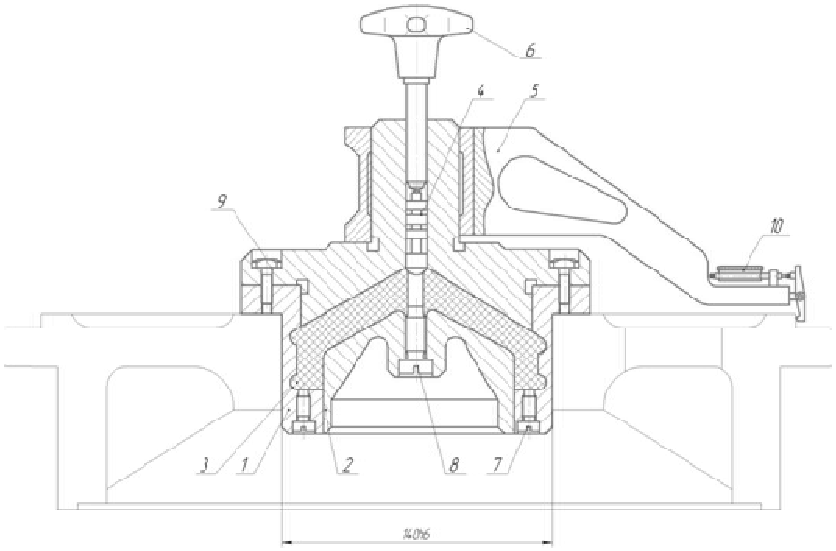


Рисунок 3.5 – Пристрій для перевірки биття

У цьому випадку центруючий елемент запроектований на основі застосування гідропластмаси. Кільцева порожнина між втулкою 1 та оправкою 2 заповнена гідропластом. Оправлення розтискає втулку, що центрує. Усередині втулки зроблені кільцеві виточки з товщиною стінок у межах 1,0 – 1,5 мм. У цих перерізах гідропластом рівномірно розтискається стінка втулки, що дає можливість центрувати щит, що перевіряється. Тиск на гідропласт здійснюється гвинтом через плунжер 4. Для забезпечення герметичності плунжер має кільцевий лабіринт, до якого притерто отвір. Для обмеження величини розтискування служить завзятий гвинт 8.Заповнення робочої порожнини гарячим гідропластом здійснюється через різьбові отвори, що закриваються після остигання гвинтами 7. Поверхня втулки 1 шліфується у зборі на оправці 2 після заповнення її гідропластом. Після того як оправка вставлена в отвір деталі, що перевіряється, і втулка 1 розтиснута в ньому, починають повертати траверсу 5 з індикатором 10. Індикатор має вимірювальний стрижень, який стикається з важільною передачею, що переміщається безпосередньо по поверхні щита. Важільна передача захищає індикатор від ударів та передчасного зношування. Показ індикатора дозволяє

судити про величину відхилення від співвісності на плечі, що дорівнює відстані від осі оправки до точки торкання вимірювального стрижня з деталлю.

Для кращого центрування втулки 1 по отвору в ній виконані дві проточки, які деформуються при розтискуванні. Товщина стінок втулки у проточок (залежно від діаметра) становить від 1 до 1,7 мм із допустимим розносом 0,05 мм. Матеріалом для втулок є сталь 38ХСА з твердістю HRC 47 після термообробки.

Щоб втулка 1 не деформувалася у вільному стані, її встановлюють у спеціальну втулку, діаметр якої виконаний за максимальним діаметром отвори щитів, що перевіряються.

3.4.2 Розрахунок пристосування

У контрольному пристрої застосований гвинт 6 з головкою, що має накатку для захоплення пальцями руки. Так як потрібно розвинути трохи більше зусилля, ставиться гвинт з головкою 60-70 мм для захоплення її всією долонею. При цьому на утворюючій головці робляться лунки для полегшення захоплення.

Для гвинтів з плоским упорним торцем зусилля, що розвивається різьбовим затискачем, підраховується за формулою:

$$Q = \frac{PL}{Rcp \times tg(\alpha+\rho)+0.6\mu r} \quad , \tag{3.11}$$

де

а – кут підйому різьби;

ρ – кут тертя у різьбовому з'єднанні;

μ – коефіцієнт тертя на опорному торці (μ=0,l);

R – радіус опорного торця гвинта;

L – довжина рукоятки або радіус головки гвинта;

Р – величина прикладеного зусилля.

$$tg\alpha = \frac{i\ (\text{крок різьби})}{2\pi Rcp} \qquad (3.12\ )$$

Величину Р приймають 5-8 кг для гвинтів з рукоятками, і до 3 кг для гвинтів, що захоплюються тільки пальцями.

$$tg\alpha = \frac{1{,}5\ (\text{шаг резьбы})}{2 \times 3{,}14 \times 6} = 0.04$$

$$Q = \frac{3 \times 30}{6 \times (0.04 + 1.6) \times 0.1 \times 6} = 15\ \text{кг}$$

3.4.3. Вибір вимірювальних пристроїв пристосування

Допустима величина похибки вимірювання визначає вибір моделі та типорозміру вимірювального пристрою.

Допустима похибка відхилення від співвісності поверхні замку щодо осі основного отвору складають $\Delta_i = 50$мкм.

Відповідно до цього вибирається вимірювальний пристрій - індикатор типу ІЛ 10 з діапазоном вимірювань 0 - 10 мм, ціною розподілу 0,01 мм, класу точності І, що має похибку вимірювання не більше 0,020 мм, тобто не менше 50 мкм.

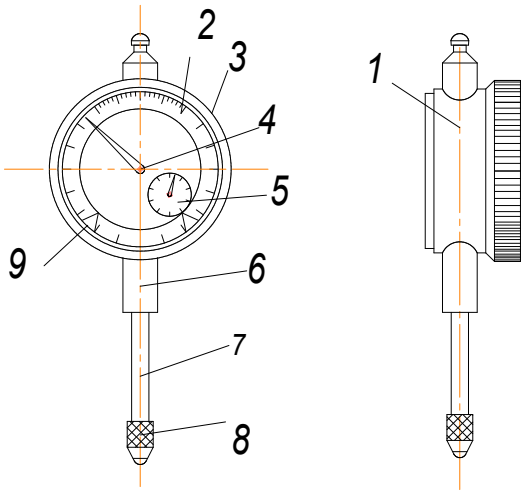


Рисунок 3.6 – Індикатор ІЧ 10 ДСТУ ГОСТ 577:2009.

1 – корпус; 2 – циферблат; 3 – обідок; 5 – покажчик; 6 – гільза; 7 – вимірювальний стрижень; 8 – вимірювальний наконечник; 9 – покажчик поля допуску

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження властивостей перероблених алюмінієвих сплавів

Використання перероблених (далі – вторинних) алюмінієвих сплавів дедалі все більше зростає, оскільки енергія, необхідна для їх виробництва, значно нижча, ніж у випадку первинних сплавів, і вони можуть мати механічні властивості, на рівні з властивостями первинних сплавів.

Більшість вторинних алюмінієвих сплавів використовуються для виготовлення деталей шляхом лиття, що може потребувати подальшої механічної обробки для надання деталі остаточної форми. Хоча механічні властивості вторинних алюмінієвих сплавів були всебічно розглянуті в літературі та співвіднесені з різними інтерметалічними частинками, що характеризують їхню мікроструктуру, це не стосується оброблюваності.

Сьогодні вторинні сплави становлять приблизно третину алюмінієвих сплавів, що використовуються у виробництві, і очікується, що це число значно зросте найближчим часом, згідно з даними, наданими Міжнародним інститутом алюмінію [13].

Переробка алюмінієвих сплавів набагато менш енергоємна та більш економічно ефективна, ніж їх виробництво з руд. Первинне виробництво передбачає високі температури та тиск для відновлення багатих на алюміній руд (головним чином бокситів) до діоксиду алюмінію, а потім потрібна додаткова значна кількість енергії для перетворення останнього на розплавлений алюміній. Навпаки, вторинне виробництво алюмінію, яке базується переважно на переплавленні металобрухту, потребує значно менше енергії для отримання розплавленого матеріалу, навіть на порядок менше (180 МДж/кг проти 1 МДж/кг), що робить це виробництво особливо привабливим з точки зору циркулярної економіки та, зокрема, сталого виробництва.

Однак, вторинні алюмінієві сплави можуть не проявляти властивостей первинних сплавів з подібним номінальним хімічним складом, що є наслідком змішування відходів, можливої наявності домішкових елементів та залишкових оксидних включень. Останні утворюють інтерметалеві (ІМ) фази різної природи, розмір, морфологія та розподіл яких можуть сильно впливати на фізичні та механічні характеристики сплаву.

Присутність заліза як домішкового елемента може бути особливо шкідливою, оскільки залізо утворює різні інтерметаліди, які можуть значною мірою знижувати механічні властивості сплаву. Вплив таких інтерметалідів є несприятливим, особливо коли вони з'являються у вигляді голок у мікроструктурі сплаву, діючи як концентратори напружень, тим самим знижуючи його пластичність. З іншого боку, якщо марганець або цинк і хром, присутні як домішкові елементи, це може змінити голкоподібну морфологію таких інтерметалідів на менш шкідливу. Однак, якщо загальний об'єм багатих на залізо інтерметалідів перевищує певну кількість, вони сегментують у так званий шлам, який проявляється як тверді включення, що ще більше погіршує характеристики сплаву [17].

Залежно від цільових застосувань, виливки з вторинних алюмінієвих сплавів можуть вимагати додаткові етапи обробки для отримання кінцевої форми деталі. Хоча оброблюваність первинних алюмінієвих сплавів була широко досліджена в науковій літературі [13], реакція вторинних алюмінієвих сплавів на обробку майже не розглядалася. У [16] було досліджено вплив параметрів змащення та різання на шорсткість поверхні та морфологію стружки під час токарної обробки двох вторинних алюмінієвих сплавів, але не було надано жодної інформації про кореляцію між оброблюваністю та особливостями мікроструктури сплавів.

Очікується, що згадані вище інтерметаліди відіграватимуть роль в оцінці реакції вторинного сплаву на обробку, як це було досліджено в [16], де шламові фази були віднесені до можливих причин сильного зносу

інструменту під час різання, але не було підтвердження отриманих результатів дослідженнями. Роль частинок другої фази при різанні первинних алюмінієвих сплавів була натомість вивчена та описана в [13], що вказує на морфологію, яка краще покращує крихкість стружки. У було оцінено оброблюваність термічно обробленого литого сплаву Al-Si, з акцентом на вплив інтерметалевих фаз заліза на операції свердління та нарізання різьби. Зокрема, було оцінено три різні мікроструктурні конфігурації сплаву, а саме M1, M2 та M3, що характеризуються різними інтерметалевими фазами заліза: в мікроструктурі M3 були присутні частинки інтерметалевих сполук шламу, тоді як в мікроструктурі M1 та M2 переважали інтерметаліди α-Fe та β-Fe. Вихідними показниками оброблюваності були сили різання, стійкість інструменту, морфологія стружки та розвиток наросту на ріжучих інструментах. Наявність шламу в мікроструктурі M3 була визнана причиною значного зниження стійкості інструменту порівняно з базовим M1, що підкреслює роль таких фаз в оброблюванні сплаву. Виходячи з вищезазначеного огляду літератури, існує небагато матеріалу про реакцію вторинних алюмінієвих сплавів на механічну обробку. Метою дослідження є оцінка оброблюваності двох вторинних сплавів Al-Si, отриманих литтям, у порівнянні з одним з первинних сплавів аналогічного хімічного складу. Мікроструктурні особливості первинних та вторинних сплавів Al-Si після лиття підтверджуються, ґрунтуючись на інтерметалідах, що утворилися, а також на їх механічних характеристиках, отриманих за результатами випробувань на розтяг. Після цього оброблюваність сплавів оцінюється з точки зору сил різання, якості поверхні та дефектів поверхні. Наведено кореляцію між обробленням та мікроструктурними особливостями сплавів, щоб оцінити можливу роль останніх в оцінці реакції сплаву на різання.

Для виробництва первинних та вторинних доевтектичних сплавів Al-Si було використано лиття під високим тиском.

- EN-AC 43500 – є первинним сплавом, відлитим з первинної сировини;

- EN-AC 43400 – це вторинний сплав (перероблений), з номінальним хімічним складом, подібним до первинного, але з дещо вищими межами вмісту заліза та міді;

- EN-AC 46000 – це типовий вторинний (перероблений) сплав зі збільшеним вмістом міді та більшою кількістю домішкових елементів, таких як цинк та хром, ніж перший вторинний сплав. Хром при умові присутності заліза призводить до утворення шламу. Зазначені сплави зазвичай використовуються в автомобільній завдяки їх поєднаних легкості та міцності одночасно.

Хімічний склад трьох сплавів, виміряний за допомогою оптичної емісійної спектроскопії (OEC), як середнє значення п'яти вимірювань наведено в Таблиці 4.1. Різниця в хімічному складі між первинними та вторинними сплавами є прямим наслідком процесу переробки. Чим ширший діапазон джерел металобрухту, тим вищий рівень домішок у литому сплаві.

Таблиця 4.1 –Хімічний склад первинних та вторинних сплавів Al-Si, що досліджуються.

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Al
43500	10,2	0,02	0,03	0,56	0,37	0,005	0,008	
43400	9,9	0,79	0,08	0,09	0,37	0,071	0,008	
46000	10,2	0,81	2,02	0,28	0,24	0,521	0,038	

Мікроструктурні аналізи проводили на зразках, які були вирізані, відшліфовані та відполіровані в оксидній полірувальній суспензії з розміром частинок 0,25 мкм, але без використання будь-якого травильного розчину для виявлення мікроструктурних особливостей. Мікроструктуру сплаву спостерігали за допомогою цифрового світлового мікроскопа Olympus DX1000 та скануючого електронного мікроскопа (СЕМ) Tescan Lyra, оснащеного зондом енергодисперсійної спектроскопії (ЕДС). Перший використовувався для якісної оцінки мікроструктури, тоді як другий – для

дослідження природи різних інтерметалевих частинок з хімічної точки зору. Враховуючи, що литі сплави характеризуються дендритною мікроструктурою, простір вторинних дендритних гілок вимірювався за допомогою методу лінійного перетину по 20 дендритам. Розмір ІМ оцінювався за спостереженням 20 частинок за допомогою оптичного мікроскопа та наведеного референтного значення.

Процес лиття під високим тиском був використаний для виготовлення зразків на розтяг відповідно до стандарту ISO 6892-1 для механічних характеристик та циліндричних прутків діаметром 8 мм і довжиною 300 мм для випробувань на обробку. Випробування на розтяг проводилися на механічній випробувальній машині Messphysyk MIDI10-3 з постійною швидкістю руху поперечної головки 1,5 мм/хв, використовуючи як осьові, так і поперечні екстензометри (MFA25). Для кожного сплаву було виконано 20 повторень, щоб врахувати мінливість механічної поведінки через можливі дефекти (наприклад, пористість), що характеризують литі зразки. Мікротвердомір Leitz Durimet був використаний для вимірювання мікротвердості за Віккерсом з навантаженням 100 г протягом 30 секунд. Для кожного сплаву було проведено двадцять п'ять вдавлювань.

Циліндричні прутки, виготовлені методом лиття під високим тиском,

використовувалися як матеріал заготовки для випробувань на точіння, яке проводилися на токарному верстаті з ЧПК Mori Seiki NL1500TM. Обраним ріжучим інструментом була вставка VCGT 11 03 02-UM1125, виготовлена з покриттям PVD (TiAlN+ TiAlN) та радіусом вершини 0,2 мм. Вставка була розміщена на тримачі інструменту SVJBL 2020 K11 - B1, встановленому на трикомпонентному п'єзоелектричному динамометрі 9129AA Kistler. Система збору даних реєструвала силу різання (Fc), осьову силу (Ft) та силу подачі (Fa) відповідно до системи відліку, показаної на рис. 1, з частотою дискретизації 2500 Гц.

Токарні випробування складалися з першого етапу напівчистової обробки для видалення зовнішнього шару прутків, заповнених відокремленими частинками, а потім етапу чистової обробки, який є предметом цього дослідження.

Етап напівчистової обробки виконувався з глибиною різання d = 0,4 мм, швидкістю різання V= 92 м/хв та подачею f = 0,4 мм/об. Етап чистової обробки виконувався з глибиною різання d= 0,3 мм, швидкістю різання V= 70 м/хв та подачею f= 0,1 мм/об на довжині точіння 5 мм. Вищезазначені параметри різання були обрані на основі рекомендацій виробника інструменту для обробки первинних сплавів Al-Si. Кожне випробування точінням повторювалося тричі на кожному сплаві з використанням нового ріжучого інструменту.

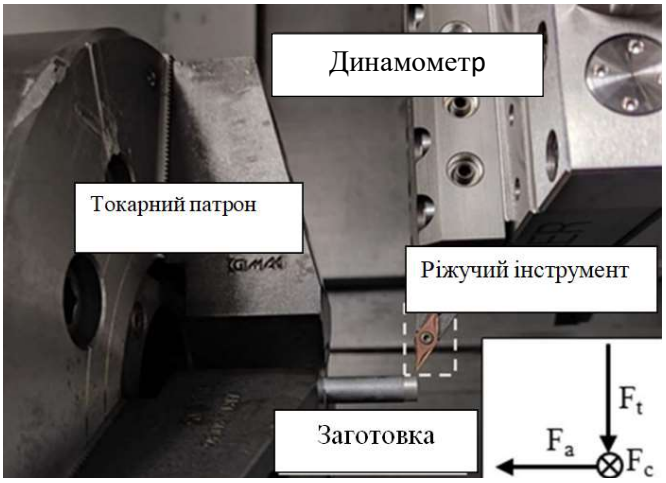


Рисунок 4.1 – Токарна експериментальна установка.

Шорсткість поверхні оброблених зразків була аналізована за допомогою оптичного 3D-профілографа Sensofar Plu-Neox. Було виконано три повторні зйомки кожної топографії, і шорсткість була розрахована шляхом застосування фільтра λs з розміром 2,5 мкм, граничного значення λc, що дорівнює 0,25 мм, та довжини вибірки 1,25 мм, як зазначено у стандарті ISO 25178.

Середньоарифметична висота (S_a), зменшена висота піку (S_{pk}), зменшена глибина западини (S_{vk}), висота ядра (S_k), асиметрія (S_{sk}) та ексцес (S_{ku}) були проаналізовані та оброблені відповідно стандарту ISO 25178.Для дослідження можливої наявності дефектів оброблені поверхні були перевірені за допомогою детектора зворотно розсіяних електронів (BSED) SEM-мікроскопа.

Незалежно від конкретного сплаву, мікроструктура виливка є типовою дендритною з первинними дендритами Al (α-Al) та евтектичними областями з пластівцями Si, інертними металами та евтектичним Al. Хоча первинні дендрити α-Al дуже м'які та пластичні, евтектичні комірки, що тверднуть з рідини є досить крихкими через взаємопов'язану пластівчасту морфологію Si, яка є твердою та крихкою.

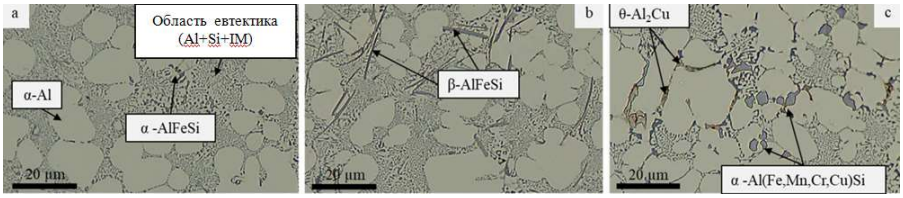


Рисунок 4.2 – Оптичні зображення мікроструктури первинного сплаву 43500 (a), вторинного сплаву 43400 (b) та вторинного сплаву 46000 (c).

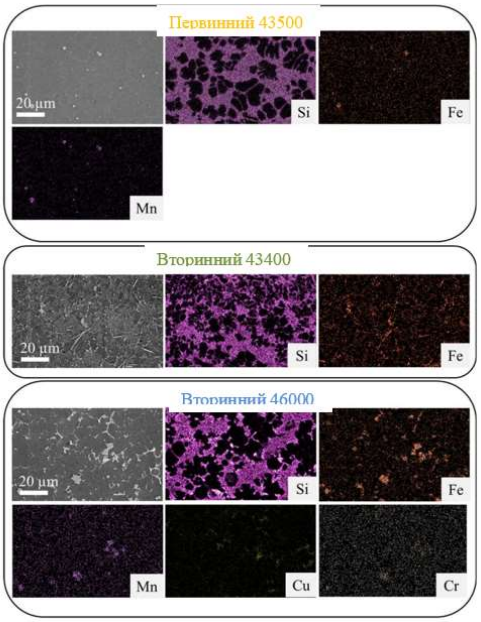


Рисунок 4.3 – Елементна карта первинного сплаву 43500 (а), вторинного сплаву 43400 (в) та вторинного сплаву 46000 (с)

Усі три сплави демонструють відстань між гілками вторинних дендритів 8-10 мкм, що зазвичай досягається у випадках, коли швидкість охолодження така, що характеризує процеси лиття під високим тиском.

Хоча частка та морфологія евтектичної фази, а також дендрити α-Al та поверхнево-дисперсійні розриви (SDAS) є подібними для трьох сплавів, інтерметалеві матеріали дуже відрізняються, як видно на рис. 4.2. ІМ, що характеризують первинний сплав, є лише невеликими округлими, багатими на залізо ІМ рис. 4.2 (а), а саме α-AlFeSi, із середнім діаметром близько 3-5 мкм. Через низький вміст заліза у сплаві, як розмір, так і частка ІМ дуже малі, тому очікується невеликий вплив на механічні характеристики сплаву.

Вторинний сплав 43400 утворює гострі пластинки (які в поперечному перерізі виглядають як голки) інертних металів збагачених залізом, які називаються β-AlFeSi рис. 4. 2 (в), середня довжина яких становить близько 20-30 мкм. Завдяки своєму розміру, співвідношенню сторін та гострим кутам, ці інертні метали діють локально як ефективні підсилювачі напружень, і тому вони можуть сприяти зниженню пластичності сплаву.

Вторинний сплав 46000, що характеризується вищим вмістом легуючих елементів та домішок, ніж вторинний 43400, утворює поліедричні багаті на залізо частинки, які називаються α-Al(Fe,Mn,Cr,Cu)Si. Вони тверднуть як первинні частинки, тобто з рідини при температурі вище евтектичної температури. Ці частинки зазвичай називаються шламом і вони набагато більші ніж ті, що спостерігаються в первинному сплаві, маючи середній розмір 10-15 мкм.

На рис. 4.3 показано елементні карти трьох сплавів, з яких можна зрозуміти, що у випадку вторинного сплаву 46000 Fe, Mn, Cu та Cr перекриваються з інертними матеріалами, що доводить, що вони є частинками шламу та що вони відрізняються від таких матеріалів у

первинному сплаві 43500 не лише розміром, але й хімічним складом. Порівняно з багатими на залізо ІМ у вторинному сплаві 43400, очікується, що частинки шламу матимуть менший вплив на крихкість матеріалу, оскільки вони не такі гострі, і тому очікується, що інтенсифікація напружень, яку вони викликають, буде меншою. Крім того, вторинний сплав 46000 демонструє небагаті на мідь інертні матеріали, позначені як θ-Al2Cu ІМ, тоді як більша частина Cu знаходиться у твердому розчині або у вигляді когерентних наноагрегатів θ-Al2Cu у фазі Al . θ-Al2Cu ІМ, які видно на рис. 2 (c), утворюються у вигляді евтектичної частинки Al та θ-Al2Cu у залишковій рідині, і вони мають невелику круглу форму. Як Cu у розчині, так і наноагрегати θ′-Al2Cu зміцнюють фазу Al , викликаючи зміцнення сплаву, але також знижуючи його пластичність. Елементарна карта Cu на рис. 4.3 для вторинного сплаву 46000 підкреслює, що Cu присутня як у частинках шламу, так і в інертних матеріалах θ-Al2Cu.

Типові інженерні криві напруження-деформації для трьох сплавів показано на рис. 4.4, а в таблиці 4. 2 наведено їхні основні механічні характеристики зі стандартним відхиленням. Криві показують типову крихку поведінку литих сплавів Al-Si, що пояснюється великою кількістю взаємопов'язаних евтектичних лусочок Si в евтектичній області, окрім наявності невеликих ливарних дефектів, таких як пористість та залишки оксидів, у випадку вторинних сплавів. Зокрема, первинний сплав 43500 та вторинний сплав 43400 демонструють досить подібну міцність, але наявність голкоподібних залізо-багатих ІМ у вторинному сплаві дещо знижує його пластичність. З іншого боку, вторинний сплав 46000 демонструє дещо вищий модуль пружності та вище зміцнення.

Водночас, нижчу пластичність можна пояснити комбінацією факторів, які відрізняють цей сплав від двох інших а саме: наявністю θ-Al2Cu, наявністю шламу, що утворюється внаслідок вищого вмісту домішок (Cr та Cu), та наявністю залишків оксидів. Як і очікувалося з вищезазначених

результатів, вторинний сплав 46000 має найвищу твердість за Віккерсом, а саме на 8% та 15% вищу, ніж у вторинного сплаву 43400 та первинного сплаву 43500.

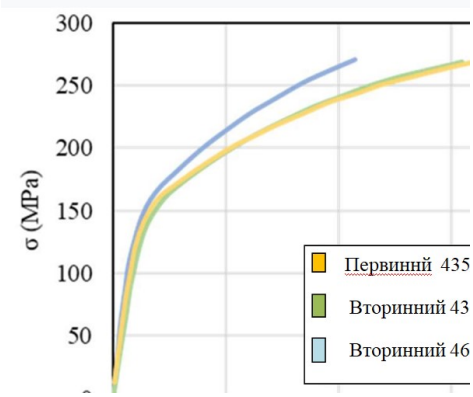


Рисунок 4.4 – Інженерні криві напруження-деформації первинних та вторинних сплавів Al-Si.

Таблиця 4.2 – Механічні характеристики первинних та вторинних сплавів Al-Si.

	E, ГПа	σT, МПа	σB, МПа	HV
43500	76±13	162±3	258±15	85±4
43400	73±21	161±4	254±21	92±6
44600	90±13	163±3	247±29	100±8

Результати вимірювання сил для трьох алюмінієвих сплавів показано на рис. 4.5. Обробка первинного сплаву призвела до вищих сил різання, ніж ті, які були зареєстровані під час обробки вторинних сплавів. Більше того, вторинний сплав 46000 показав найнижчу реакцію сили різання, зі зменшенням F_c, F_t та F_a на 6%, 21% та 14% відповідно порівняно з первинним. Сили різання, зареєстровані для вторинного сплаву 43400,

завжди знаходилися поміж значеннями для первинного сплаву 43500 та вторинного сплаву 46000

Крім того, найбільша різниця в даних про силу між трьома розглянутими сплавами завжди спостерігається, коли враховується F_t. Цей результат можна співвіднести з градієнтом швидкості затвердіння від поверхні до ядра зразків, що призводить до градієнта в мікроструктурі, як це зазвичай буває в литих алюмінієвих сплавах. Різну реакцію оброблюваності з точки зору сил різання трьох сплавів можна пояснити їхньою різною питомою енергією різання: проте, оскільки їх механічний опір досить схожий (див. таблицю 4.2), саме пластичність визначає механіку різання, а саме чим вища пластичність, тим вища сила, необхідна для різання.

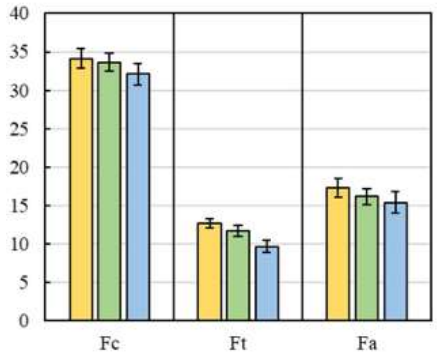


Рисунок 4. 5 – Сили різання, зафіксовані під час обробки первинних та вторинних сплавів Al-Si.

На рисунку 4.6 наведено зображення BSED SEM оброблених поверхонь досліджуваних сплавів. Розриви, які виглядають як вирви матеріалу, орієнтовані у напрямку швидкості різання, являють собою домінуючий дефект поверхні, незалежно від досліджуваного сплаву. Їх розвиток можна пояснити взаємодією між ріжучим інструментом та крихкою евтектичною фазою, окрім різних інтерметалевих частинок. Однак, хоча розриви можна побачити на всіх оброблених поверхнях, їхня щільність суттєво не змінюється залежно від розглянутого сплаву.

На рис. 4.7 (a) та (b) показано параметри висоти та функціональної шорсткості поверхні як функцію досліджуваних сплавів. Найвища шорсткість поверхні (S_a) була виявлена на обробленій поверхні первинного сплаву, тоді як обидва вторинні сплави характеризуються зниженням S_a на 7% порівняно з первинним. Рисунок 4.6 (b) підтверджує, що оскільки оброблена поверхня первинного сплаву є шорсткішою, вона також має найвищі значення параметрів функціональної шорсткості поверхні порівняно з параметрами вторинних сплавів.

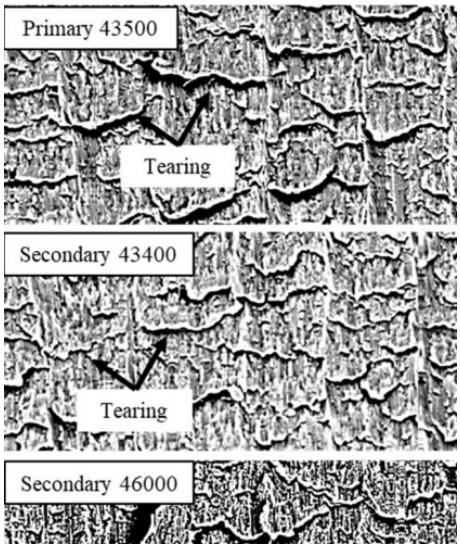


Рисунок 4.6 – Зображення оброблених поверхонь первинних та вторинних сплавів Al-Si, отримані за допомогою скануючої електронної мікроскопії .

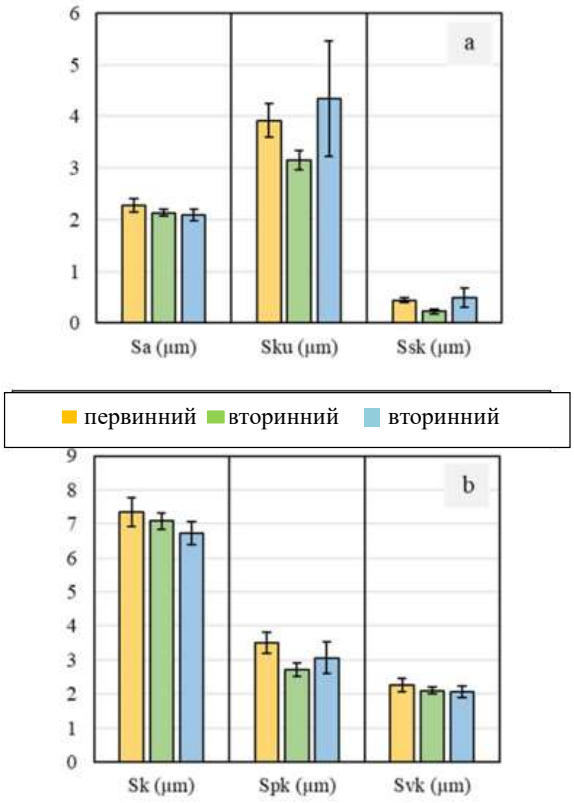


Рисунок 4.7. – Висота (a) та параметри функціональної шорсткості поверхні оброблених первинних та вторинних сплавів Al-Si (b).

Поверхні останнього сплаву характеризуються вищою щільністю гострих піків, тоді як у першому сплаві спостерігається протилежна ситуація. Цей результат можна пов'язати з різною морфологією інерційних матеріалів, що характеризують два вторинні сплави.

Для подальшого аналізу цієї поведінки оброблені поверхні сплавів Al-Si показані на рис. 4. 8, де також наведено приклад профілів шорсткості, отриманих ортогонально до напрямку подачі. Ці профілі показують, що піки, що утворюються на поверхні вторинного сплаву 46000, менш заокруглені, ніж ті, що отримані на 43400, які, натомість, більш зазубрені. Крім того, у випадку вторинного сплаву 46000, очевидно, що висота піку значно варіюється. Це можна пояснити наявністю круглих інтерметалевих частинок більшого розміру, ніж ті, що присутні в первинному сплаві, що може змінити взаємодію між матеріалом та ріжучим інструментом, модифікуючи профіль

шорсткості. З іншого боку, мікроструктура вторинного сплаву 43400 представлена переважно пластинчастими інтерметалевими частинками, яких немає в двох інших сплавах, з морфологією, яка повністю відрізняється від морфології поліедричних частинок, що характеризують як первинний, так і вторинний сплав 46000. Це, у свою чергу, відображається на формі профілю шорсткості.

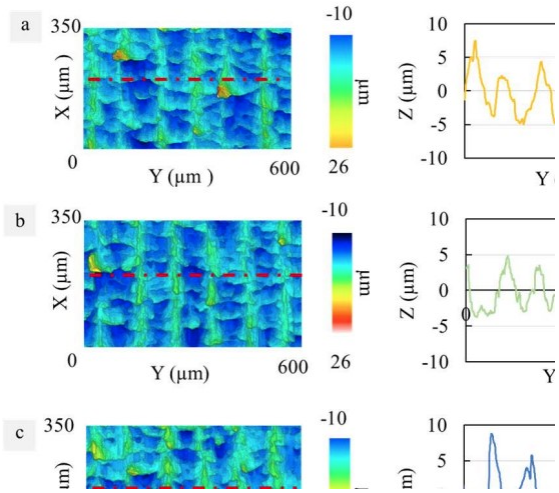


Рис. 8. Текстури та відповідні профілі шорсткості: a) первинної 43500, b) вторинної 43400 та c) вторинної 46000.

Висновки: Досліджувані три сплави характеризуються інтерметалідами, які відрізняються за типологією, формою та розміром. Первинний сплав 43500 має невеликі округлі, збагачені залізом, інтерметаліди, які натомість більші та характеризуються вищим вмістом легуючих елементів та домішок у вторинному сплаві 46000, утворюючи так званий шлам. Крім того, вторинний сплав 46000 має кілька збагачених міддю інтерметалідів, які можуть сприяти зміцненню сплаву, а також зниженню його пластичності. З іншого боку, вторинний сплав 43400 утворює голкоподібні, збагачені залізом інтерметаліди, що може впливати на пластичність сплаву.

Усі сплави мають подібну механічну стійкість, але вторинний сплав 46000 демонструє значно меншу пластичність внаслідок наявності шламу та

багатих на мідь інертних металів. Найвищі зусилля були виявлені під час різання первинного сплаву оскільки механічна стійкість трьох сплавів дуже схожа, саме найвища пластичність первинного сплаву визначає опір різанню.

Домінуючим дефектом, є розрив, проте. Найвища шорсткість поверхні була виявлена у випадку первинного сплаву. Навпаки, вторинний сплав 46000 показав найвищі значення ексцесу, тоді як вторинний сплав 43400 мав найнижчі. Вторинні сплави мають кращу оброблюваність, ніж первинні, оскільки гладкі поверхні отримуються з дещо меншими вимогами до сил різання.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Пожежна безпека машинобудівних підприємств

Відповідно до ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять» пожежа – це неконтрольоване горіння, що відбувається поза спеціально призначеним місцем та становить небезпеку для життя людей, майна та довкілля. Ознаками пожежі є виникнення некерованого горіння, яке не можна зупинити без спеціальних засобів або дій, поширення в просторі, переход вогоню на інші предмети чи конструкції, виділення тепла, диму, токсичних газів,створення загрози життю та здоров'ю людей, будівлям, обладнанню, природі. Пожежа починається при одночасній наявності трьох факторів: горюча речовина, кисень (повітря), джерело запалювання. Таким джерелом може бути палаючий предмет, будь-яка іскра і навіть енергія, яка виділяється внаслідок тертя (за приклад може слугувати спосіб видобутку вогню первісними людьми).

Пожежна безпека об'єкта – це стан об'єкта, за якого ймовірність виникнення і розвитку пожежі та можливість впливу небезпечних чинників пожежі не перевищує нормованих допустимих значень (ДСТУ 2272:2006). Усі нормовані допустимі значення та вимоги щодо їх застосування встановлюють відповідно до Державних будівельних норм і багатьох нормативних актів із питань пожежної безпеки (НАПБ) – це положення, правила, інструкції, які стосуються заходів пожежної безпеки в різних галузях діяльності.

Під час механічної обробки металеві заготовки піддають різним видам опрацювання, таким як точіння, пиляння, стругання, фрезерування, довбання, шліфування та висікання. Для виконання цих операцій використовують токарні, стругальні, фрезерні, шліфувальні, свердлильні та інші спеціалізовані верстати з відповідним оснащенням. Найбільш розповсюдженим способом механічної обробки металів є різання. Таку

обробку здійснюють на металорізальних верстатах. Під час різання як заготовка, так і ріжучий інструмент отримують необхідні робочі рухи від механізмів верстата й переміщуються один відносно одного. До найпоширеніших видів механічної обробки металів різанням належать точіння, свердління, фрезерування, шліфування та інші процеси. Під час механічної обробки металів горюче середовище можуть створювати рідини, що використовуються для змащування ріжучого інструменту (водно-олійні емульсії, індустріальні мастила, керосин тощо); оливи з гідравлічних систем верстатів і обладнання; антикорозійні мастила; пакувальні матеріали, такі як тканина, папір, деревина, а також інші легкозаймисті речовини та матеріали. Основними джерелами займання під час механічної обробки металів є:

- теплота, що утворюється внаслідок тертя, яке спричиняє нагрівання ріжучого інструменту, заготовки та металевих відходів. Рівень їх нагріву залежить від швидкості різання;

- величина подачі ріжучого інструменту;

- якість заточування та властивості матеріалу, який обробляється.

При умові дотримання нормальних режимів роботи виділене тепло не становить небезпеки, оскільки майже повністю розсіюється в навколишньому середовищі, а температура нагрітого інструменту та деталей залишається невисокою. За підвищення швидкості різання та збільшення подачі інструменту, а також у разі погіршення якості заточування ріжучого інструменту, кількість виділеного тепла зростає. У таких умовах інструмент, деталь і стружка можуть нагріватися до небезпечно високих температур, що створює наступні ризики:

– нагрівання та можливе займання приводних ременів обладнання під час їхнього прослизання;

– утворення іскор від ударів у разі порушення правильного взаємного розташування рухомих і нерухомих частин механізмів;

– самозаймання відходів металу та обтиральних матеріалів, просочених оливою, через надмірне нагрівання;

– виникнення іскор або електричних дуг у разі пошкодження ізоляції електричних кабелів, що під'єднані до електродвигунів верстатів;

– перегрів елементів унаслідок несправності електрообладнання, а також освітлювальних чи силових мереж (короткі замикання, перевантаження, високі перехідні опори);

– відкритий вогонь у випадках недотримання вимог пожежної безпеки (паління, використання смолоскипів, паяльних ламп, виконання зварювальних та інших вогневих робіт).

Поширенню пожежі в цехах механічної обробки металів сприяють горючі конструкції будівель, технологічні комунікації, повітроводи систем вентиляції, легкозаймисті (горючі) рідини, що розлилися.

Особливості пожежної небезпеки процесів механічної обробки магнієвих та титанових сплавів. Магній, титан, цирконій та їх сплави також піддають точенню, свердлінню, фрезеруванню, шліфуванню. Для цього використовується стандартне технологічне обладнання, яке застосовується для механічної обробки металів. Підвищуватиме пожежну небезпеку процесів механічної обробки магнію, титану, цирконію та їх сплавів буде здатність їх утворювати вибухонебезпечні суміші пилу з повітрям, схильність цих пилів до електризації та самозаймання в контакті з водою та оліями. Магній представляє собою сріблясто-білий метал із густиною 1,74 г/см³ і температурою плавлення 650 °С. Магнієвий пил у поєднанні з повітрям утворює вибухонебезпечні суміші. Нижня межа концентрації пилу магнію, за якої можливе поширення полум'я, становить 20 г/м³. Пил магнієвих сплавів легко займається від малопотужних джерел, зокрема від одиничної іскри, а його горіння має вибуховий характер. У вологому середовищі або при контакті з маслом магнієвий пил і стружка здатні до самозаймання. Також магнієвий пил може електризуватися. Магній реагує з водою, виділяючи

водень. Титан – це сріблясто-білий метал з густиною 4,5 г/см³ і температурою плавлення близько 1165 °С. Він вирізняється високою хімічною стійкістю. Титановий пил у розігрітому стані, особливо у вигляді тонкої стружки або порошку, легко вступає в реакцію з киснем, галогенами та сіркою. Пил титану також може самозайматися при контакті з оливами, а у завислому стані становить вибухонебезпечну суміш [10].

Спеціальні вимоги пожежної безпеки під час виконання процесів механічної обробки металів передбачають наступні заходи:

- металеву стружку та промаслені обтиральні матеріали слід регулярно видаляти, складаючи їх у металеві контейнери з щільно закритими кришками, а після завершення зміни — виносити з виробничих приміщень у спеціально визначені місця;

- забороняється порушувати встановлений режим обробки, використовувати несправний або неправильно заточений інструмент, а також застосовувати верстати, не призначені для обробки конкретного матеріалу;

- необхідно стежити за справністю та належною роботою систем охолодження та змащення верстатів [6].

Вимоги пожежної безпеки під час механічної обробки виробів із магнієвих та титанових сплавів передбачають дотримання наступних вимог:

механічну обробку необхідно виконувати переважно без застосування мастильно-охолоджувальних рідин;

у випадках, коли це технічно необхідно, для охолодження дозволяється використовувати мінеральну оливу, що не містить кислот та води;

під час мокрого шліфування потрібно застосовувати оливу або масляну суміш. Використовувана олія має бути вільною від мінеральних кислот і мати температуру спалаху не нижче 150 °С;

верстати та робочі зони слід очищати від стружки та пилу щонайменше 2–3 рази за зміну. Відходи магнієвих сплавів і стружку потрібно збирати у спеціальну закриту або герметичну тару з відповідним маркуванням

«Відходи магнію», розміщену на відстані не менш ніж 6 метрів від верстатів; прибирання робочих місць від магнієвих пилу та стружки має здійснюватися так, щоб запобігти утворенню пилової хмари та аерозолів у повітрі робочої зони.

обробку магнієвих сплавів необхідно виконувати лише добре заточеним, гострим інструментом, що унеможливлює надмірне тертя й перегрів, які можуть спричинити займання (температура стружки, що відводиться, не повинна перевищувати 200 °С). Забороняється працювати з подачею меншою ніж 0,06 мм або зі швидкістю різання понад 100 м/хв;

кожухи шліфувальних верстатів, на яких здійснюється обробка магнієвих деталей, мають бути виготовлені з кольорових металів;

не дозволяється змішувати відходи магнієвих сплавів з відходами інших металів. Забруднену магнієву стружку слід складати в окремі металеві контейнери з кришками й виносити у визначене місце для збору;

спеціальний одяг працівників, що займаються обробкою магнієвих сплавів, потрібно регулярно очищати від магнієвого пилу, провітрювати, зберігати в металевих шафах і прати не рідше одного разу на тиждень;

відходи титанових сплавів повинні зберігатися в герметичній тарі в спеціально призначеному сухому приміщенні.

промаслену дрібну стружку та пил титанових сплавів необхідно в міру їх накопичення утилізувати на спеціально призначеному майданчику;

на всіх етапах технологічного процесу слід повністю виключити контакт магнію з водою;

під час шліфування шлам титанового пилу потрібно видаляти у вологому стані та висушувати в спеціально визначеному місці. Дрібнодисперсні титанові відходи, вкриті маслом, необхідно попередньо знежирювати;

сушіння та знежирення шламу титанового пилу виконуються відповідно до технологічних інструкцій, затверджених керівництвом підприємства;

для шліфування та полірування деталей із магнієвих сплавів слід застосовувати абразивні матеріали, що не містять включень, здатних утворювати іскри [5].

Проводити наступні заходи та дії забороняється проводити видалення із зони обробки пилу стисненим повітрям; обробляти детал, що виготовленні з титано-магнієвих сплавів на обдирно-шліфувальних верстатах; проводити заходи з обробки виробів та заточування інструментів із чорних металів на верстатах, що призначені для обробки деталей із магнієвих сплавів; проводити у виробничих приміщеннях роботи, що пов'язані із застосуванням відкритого вогню; використовувати повітряно-пінні вогнегасники або водень на ділянці обробки магнієвих сплавів [15].

У виробничих цехах холодної обробки металів виконують фрезерні, свердлильні, токарні, стругальні, зуборізні, шліфувальні, довбані, зварювальні та інші роботи із застосуванням відповідного обладнання (механізмів та верстатів). Механічна обробка металів проходить з подоланням значних значень сил тертя, тому відбувається нагрівання оброблюваного матеріалу, ріжучого інструменту та відходів (стружки).

Основними показниками, що впливають на ступінь розігріву матеріалу при механічній обробці є швидкість різання; величина значення подачі ріжучого інструменту, від якого залежить товщина стружки; якість заточування інструменту; технологічні та механічні властивості матеріалів.

Основні вимоги пожежної безпеки під час проведення процесів механічної обробки металів повинні включати суворе дотримання встановленого нормами режиму обробки деталей на верстатах (величина подачі, швидкість різання, тощо), недопущення застосування при роботі тупого інструменту та верстатів, що не пристосовані для обробки даного

матеріалу, дотримання справного стану та ефективності роботи систем з охолодження верстатів, контроль за дотриманням справності масляної системи, має бути виключений вихід олії назовні, постійне очищення транспортерів від масляних забруднень (застосування технічних миючих засобів).

Аналізуючи технологічні процеси, операції обробки деталей, знаходження в цехах механічної обробки горючих та негорючих речовин та матеріалів показує, що вони відносяться до зазвичай до категорії Д за вибухопожежонебезпекою. Відповідно норм ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» категорія Д включає виробництва, де: використовуються негорючі матеріали в холодному стані (метали, сплави); процеси обробки не супроводжуються виділенням горючих газів, пилу чи парів у вибухонебезпечних концентраціях; можливі лише невеликі кількості горючих мастил або охолоджуючих рідин, що не створюють вибухонебезпечного середовища. Віднесення металообробних цехів до Д категорії у проведено з точки зору аналізу виробничих процесів та речови, що використовують у приміщенні, а саме, проводять токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні роботи, обробку металів, які не є горючими, мастильно-охолоджувальних рідин застосовуються в роботі, але їх кількість обмежена, у нормальних умовах вони не утворюють вибухонебезпечних парів, не використовуються та не виділяються легкозаймисті або вибухонебезпечні гази та пил. Таким чином, умови цеху відповідають саме категорії Д – приміщення з негорючими речовинами та матеріалами в холодному стані, з мінімальною пожежною небезпекою [4].

Що стосується пожежонебезпечних зон, що регламентуються ДСТУ Б В.1.1-36:2016, у робочому приміщенні ці зони відносяться до класу П-IIа, тому що проводиться обробка негорючих матеріалів, немає утворення горючих парів або пилу в нормальному режимі.

Для механічного (металообробного) цеху, в якому обробляються негорючі матеріали і пожежонебезпечна зона відноситься до класу П-IIа, будівлю доцільно приймати II ступеня вогнестійкості. Такий вибір є нормативно обґрунтованим і широко застосовується для промислових будівель машинобудівного призначення відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». За прийнятого II ступеня вогнестійкості несучі елементи будівлі повинні забезпечувати збереження несучої здатності протягом не менше 90 хвилин, тому межа вогнестійкості колон і рам приймається R 90, а несучих стін – REI 90. Міжповерхові перекриття мають забезпечувати одночасно несучу здатність, цілісність і теплоізоляцію протягом не менше 60 хвилин, що відповідає межі вогнестійкості REI 60. Конструкції покриття (дах) допускається приймати з меншою межею вогнестійкості, як правило R 30, за умови виконання їх з негорючих матеріалів або з улаштуванням вогнезахисту. Сходові клітини та площадки повинні мати межу вогнестійкості не менше R 60, а внутрішні не несучі перегородки – EI 45. Таким чином, прийняття II ступеня вогнестійкості будівлі механічного цеху та зазначених меж вогнестійкості основних будівельних конструкцій забезпечує виконання нормативних вимог пожежної безпеки та відповідає умовам експлуатації даного виробничого приміщення [10].

5.2 Вибір первинних засобів пожежогасіння

Відповідно до чинних вимог і норм пожежної безпеки всі виробничі, адміністративні, складські та інші будівлі й споруди підприємств повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння, зокрема вогнегасниками, пожежними щитами, ящиками з піском, установками пожежогасіння, а також автоматичними системами для виявлення пожеж і запобігання їх розвитку.

Основними небезпечними факторами пожежі є:

Токсичні продукти горіння та термічного розкладання При згоранні матеріалів утворюються чадний газ, синильна кислота, діоксини та інші токсини, що можуть викликати отруєння, втрату свідомості та смерть.

Вогонь, полум'я та іскри Прямий контакт з полум'ям призводить до опіків різного ступеня, а іскри можуть стати причиною нових осередків займання.

Підвищена температура навколишнього середовища Висока температура викликає теплові опіки, перегрів організму, тепловий удар, а також руйнування будівельних конструкцій.

Дим Знижує видимість, ускладнює евакуацію, викликає подразнення слизових оболонок, кашель, задуху.

Зниження концентрації кисню У процесі горіння кисень витрачається, що призводить до гіпоксії та втрати свідомості.

Руйнування будівельних конструкцій Пожежа може спричинити обвал перекриттів, стін, сходів, що створює додаткову небезпеку для людей.

Вибухи та витікання небезпечних речовин При пожежах на промислових об'єктах можливі вибухи газів, хімікатів чи паливних матеріалів.

Паніка - психологічний фактор, що ускладнює організовану евакуацію та може призвести до травмування людей [15].

Всі протипожежні засоби поділяються на: пожежні машини, первинні засоби гасіння, пожежна сигналізація, установки автоматичного гасіння пожежі.

Первинні засоби пожежогасіння застосовуються для боротьби з початковим і невеликим вогнищем. До них належать: пожежні крани з шлангами, вогнегасники, ручні насоси, резервуари з водою, ящики з піском, покривала азбестові, повстяні та брезентові, ручний пожежний інструмент (відра, лопати, багри, ломи, сокири).

Для успішного гасіння пожежі на початку їх виникнення усі робочі приміщення обладнують первинними засобами пожежогасіння. До них належать вогнегасники, пожежний інвентар, зокрема покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра та совкові лопати, а також пожежний інструмент – гаки, ломи, сокири та інші подібні засоби [6].

Для визначення переліку та розрахунку первинних засобів пожежогасіння встановлюємо вихідні дані:

Розмір цеху складає Sп=А·В

де, В = 24 – ширина дільниці, м

А = 40 – довжина дільниці, м

$S_п$=40·24=960 м2

Відповідно до рекомендацій вибираємо наступні засоби пожежогасіння [6]:

- покривала розміром 2х2 м, за кількості стендів (пожежних щитів) – 1 шт.
- кількість бочок, наповнених водою з розрахунку 250…300 м2 на одну бочку відповідно до ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» ємністю 0,2м3 (200л):

$$n_б=S_п/S_{б,} \quad (4.1)$$

де $S_п$ – площа дільниці

$S_б$ – площа на одну бочку

Кількість бочок $n_б$ = 960/300≈ 3 шт

Виходячи з розрахунку вибираємо 3 бочок з водою, що мають ємність по 200 л.

Пожежні стенди в робочому приміщення вибираємо з розрахунку 1 стенд на 5000 м^2 площі [6]. Для виконання цієї умови встановлюємо 1 стенд.

До комплектування протипожежного стенду на ньому що розміщується наступні первинні засоби пожежогасіння:

-вогнегасники – 3 шт;

-ящик з піском – 1 шт на 1м^3 піску;

-покривало 2×2м – 1 шт;

-гаки – 3 шт;

-лопати – 2 шт;

-сокири – 2 шт;

-совкові лопати – 1 шт.

Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників від 15.01.2018 № 25 встановлюють вимоги до оснащення об'єктів вогнегасниками. Так, для вибору типу та необхідної кількості вогнегасників для оснащення об'єкта слід враховувати фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості горючих речовин, характер їх взаємодії з вогнегасними речовинами, а також площу приміщень, будинків і споруд. Вибір типу та визначення необхідної кількості вогнегасників проведено з Правилами, враховуючи граничну площу, що буде захищатися 960 м2:

пінні вогнегасники місткістю 10л – n1=2·1=2 шт.

порошкові вогнегасники місткістю 2л – n2=4·1=4 шт

5л - n3 =2·1=2 шт

10л – n4= 1·1=1 шт

вуглекислотні вогнегасники ємністю 5л – n5=2·1=2 шт

хладонові вогнегасники ємністю 2л n5=2·1=2 шт.

Вибір пересувних вогнегасників здійснюємо відповідно до наведених вище рекомендацій, виходячи з виконаного розрахунку:

вогнегасник 100л на 500 м2 – 1 шт;

комбінований (піна + порошок) 100л на 500 м2 –1 шт;

порошковий 50л на 500м2 – 1 шт;

вуглекислотні вогнегасники 5 шт.

Про розміщення та використання засобів пожежогасіння працівників забезпечують інформацією. Для цього потрібно розробити план евакуації працюючих та місця розміщення первинних засобів пожежогасіння і

встановити його на видних місцях. На кожний елемент первинних засобів пожежогасіння необхідно встановити відповідні знаки.

У випадку виникнення пожежі на її початковій стадії розвитку виділяються токсичні продукти горіння, тепло, можливі руйнування конструкцій. Тому першочерговим завданням є якнайшвидша організація евакуації людей з будівель, що горять. Ефективність евакуації визначається тривалістю часу, необхідного для того, щоб люди змогли покинути окремі приміщення чи всю будівлю. Евакуація вважається безпечною тоді, коли її фактичний час не перевищує періоду розвитку пожежі до критичної стадії, тобто моменту, коли параметри пожежі (температура, рівень кисню та інші чинники) досягають граничних значень, небезпечних для життя та здоров'я людини. Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;

- з приміщень будь-якого поверху, крім першого, в коридори, що ведуть на сходову клітку (в тому числі через хол); при цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від прилеглих коридорів перегородками з дверима;

- з приміщень у сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, що забезпечене виходами, зазначеними вище.

Евакуаційними вважаються ті виходи, які забезпечують безпечне залишення приміщень та будівлі, а саме:

з приміщень першого поверху безпосередньо назовні або через коридор, вестибюль чи сходову клітку [10].

з приміщень інших поверхів у коридори, що ведуть до сходових кліток (у тому числі через хол). При цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від коридорів перегородками з дверима.

з приміщень у сусідні приміщення на тому ж поверсі, якщо вони обладнані виходами, що відповідають чинним вимогам [10].

Кількість евакуаційних виходів має становити щонайменше два. Двері, розташовані на шляхах евакуації, повинні відкриватися у напрямку виходу з будівлі або приміщення. Відкривання дверей усередину приміщення дозволяється лише за умови одночасного перебування в ньому не більше ніж 15 осіб. За наявності людей у приміщенні евакуаційні виходи можуть бути зачинені виключно на внутрішні засуви, що легко відчиняються. Ширина шляхів евакуації має бути не меншою за 1 м, а ширина дверних прорізів – не менше 0,8 м. Відстань від найвіддаленішої точки цеху або приміщення до евакуаційного виходу визначається відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016. залежно від ступеня вогнестійкості будівлі та кількості людей, що евакуюються.

Проведення встановлених заходів з пожежної безпеки забезпечить безпечні умови праці та вірне реагування працівників та керівництва підприємства при можливому виникненні пожеж.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус підшипника КП-427.010-СНЦ» проаналізовано базовий технологічний процес та розроблено з обґрунтуванням раціональний технологічний процес по механічному обробленні деталі з використанням сучасних верстатів з ЧПК та з урахуванням встановлених вимог до якості оброблюваних поверхонь, точності виготовлення та продуктивності виробництва.

У ході виконання роботи проведено аналіз конструкції та технологічності деталі та визначено технічні умови на її виготовлення, обумовлено робоче призначення поверхонь та було вибрано оптимальні технологічні бази. На основі такого аналізу було розроблено новий маршрут механічної обробки деталі з використанням сучасних металорізальних верстатів з числовим програмним керуванням, шляхом проведених розрахунків встановлено раціональні режими різання, інструмент та оснащення.

В конструкторському розділі спроєктовано вимірювальний та контрольний пристрої.

Дослідницький розділ присвячено дослідженню властивостей перероблених алюмінієвих сплавів, де встановлено, що вторинні сплави мають кращу оброблюваність, ніж первинні, оскільки гладкі поверхні отримуються з дещо меншими вимогами до сил різання.

В розділі охорона праці проведено аналіз небезпек виникнення пожеж в метелообробних цехах та запропоновано заходи захисту від них.

Розроблений в роботі технологічний процес відповідає усім вимогам сучасного машинобудівного виробництва та може рекомендуватися для впровадження по виготовленню деталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багрій, В. Г., Коржик, С. М., Лисенко, В. І. "Технологія машинобудування". Навчальний посібник. – Київ: Наукова думка, 2018. – 432 с.
2. Григоренко, Ю. М. "Технологія обробки металів різанням". – Дніпро: ДНУ, 2019. – 290 с.
3. Гуленко, І. П. "Абразивна обробка поверхонь: нові підходи". Стаття. – Журнал "Машинобудівні технології", 2021. – №3. – С. 45–56.
4. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – Київ: Держстандарт України, 2016
5. ДСТУ EN 13788:2008. Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні. – Київ: Держстандарт України, 2008
6. ДСТУ ISO 6309:2007. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007.
7. Зайцев, А. М. "Основи проектування технологічних процесів машинобудування". – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 300 с.
8. Захаренко, О. Г. "Системний підхід до організації технологічних процесів". – Харків: ХПІ, 2020. – 315 с.
9. Ляшенко, О. В., Середа, В. П. "Методи аналізу та оптимізації технологічних процесів". – Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2017. – 356 с
10. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів.- Практикум. - Харків.- НУЦЗУ, 2016.- 198 с.
11. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417
12. Ніконов, П. М. "Механіка матеріалів та основи конструювання в машинобудуванні". – Одеса: ОНМУ, 2015. – 275 с.

13. Nomikos P, Rahmani R, Morris N, Rahnejat H. An investigation of oil leakage from automotive driveshaft radial lip seals. P I Mech Eng D-J Aut 2022; 09544070221127105.

14. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. Суми : Університетська книга, 2025. - 556 с.

15. Петров, М. І. "Прогресивні технології в машинобудуванні". – Київ: Політехніка, 2018. – 420 с.

16. Raabe D, Ponge D, Uggowitzer PJ, Roscher M, Paolantonio M, Liu C, Antrekowitsch H, Kozeschnik E, Seidmann D, Gault B, De Geuser F, Deschamps A, Hutchinso C, Liu C, Li z, Prangnell P, Robson J, Shanthraj P, Vakili S, Sinclair C, Bourgeois L, Pogatscher S. Making sustainable alloys by recycling scrap: the science of “dirty” alloys. Progr Mater Sci 2022; 128:100947.

17. Santos MC, Machado AR, Sales WF, Barrozo MA, Ezugwu EO. Machining of aluminum alloys: a review. Int J Adv Manuf Technol 2016; 86:3067-80.

18. Титов, С. Г. "Моделювання процесів металообробки". – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 238 с.

19. Шаповалов, К. А. "Основи автоматизації технологічних процесів у машинобудуванні". – Харків: УкрНДІАТ, 2021. – 360 с.

20. Шевченко, В. М., Дубовик, Р. С. "Комп'ютерне моделювання технологічних процесів у машинобудуванні". – Київ: Політехніка, 2020. – 410 с.