ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 07.01.015» із застосування верстатів ЧПК
Назва теми

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.24.05.ПЗ

Виконав студент 2 курсу група ПМТмз-23-1 _____ Віктор ЛЕЩИШИН
Шифр Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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

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

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри
технології машинобудування _____ Віталій ТКАЧУК
Назва Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «27» 12 2024

Хмельницький 2024

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 .2024

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

Лещишину Віктору Мирославовичу
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 07.01.015» із застосуванням верстатів з ЧПК
керівник роботи Ткачук Віталій Павлович, к.т.н., доцент
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 серпня 2024 р. № 30

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 грудня 2024

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі шестерня конічна 12.021 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 850 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
2.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	01.10.2024	
2 Технологічний розділ	01.11.2024	
3 Конструкторський розділ	20.11.2024	
4 Дослідницький розділ	10.12.2024	
5 Охорона праці	15.11.2024	

Студент _____ Віктор ЛЕЩИШИН
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи) _____ Віталій ТКАЧУК
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 07.01.01К7 із урахуванням вимог ЄПК

Автор Лещинський В.М.

Освітня програма технології машинобудування

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Науковий керівник: Ткачук В.П.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є 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.	
3	Виявлені запозичення не є 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 допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: коефіцієнт подібності 2 – 4%
коефіцієнт подібності 2 – 13,5%
Anti-Plagiat – 4%

Дата

Завідувач кафедри _____ Віталій ТКАЧУК
Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми _____ Віталій ТКАЧУК
Підпис Ім'я, прізвище

кваліфікаційної роботи _____ Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри Т.М.

_____

_____

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)
Лещишина В.М.

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 (Unicheck 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.

23.12.2024

дата

підпис

РЕЦЕНЗІЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

студента Лещишина Віктора

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 07.01.015» із застосуванням верстатів з ЧПК

Тема кваліфікаційної роботи, та її зміст відповідають обраній спеціальності. Кваліфікаційна робота має необхідні розділи відповідно до завдання.

У загальному розділі роботи студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Проведено аналіз існуючого технологічного процесу, вибір обладнання з ЧПК, обґрунтування параметрів обробки, а також моделювання та оцінку ефективності запропонованих змін. Представлено порівняння результатів впровадження нових технологій із традиційними методами обробки, що підтвердило доцільність впровадження верстатів з ЧПК у виробничий процес.

В конструкторському розділі роботи спроєктовано пристосування для контролю певного розміру, верстатний пристрій для виконання певних комбінованих операцій при обробленні деталі «Корпус 07.01.015», крім цього проведено проєктування засобів автоматизації виробничого процесу.

Результати досліджень дозволяють покращити точність виготовлення, скоротити час обробки та зменшити витрати на виробництво. Запропоновані рішення можуть бути використані у машинобудуванні для вдосконалення технологій виробництва деталей складної форми.

Загальний висновок та оцінка

Всі рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

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 достатній рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих кваліфікаційної роботи не виявлено.

Кваліфікаційна робота виконана згідно завдання, у повному обсязі та на достатньому технічному рівні і заслуговує на оцінку «добре».

Рецензент _____ доц. каф. ТАМ, к.т.н. Батак О.І

«24» грудня 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Лещишин Віктор Мирославович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 07.01.015» із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету _____ _____
(підпис) (ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Лещишин В. М. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2023 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:
національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 20,00 %, задовільно 80,00 %.
шкалою ЄКТС: A 0,00 %, B 6,25 %, C 43,75 %, D 18,75 %, E 31,25 %.

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

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Лещишин Віктор під час роботи над кваліфікаційною роботою проявив себе з позитивної сторони. Роботу виконано в повному з дотриманням усіх вимог.

Оцінка дипломного проєкту (роботи) заслуговує на "добре"

Керівник дипломного проєкту _____ Віталій ТКАЧУК
(підпис) (ім'я, прізвище)

"27" 12 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри технологій машинобудування
(назва)

_____ В. Ткачук
(підпис, ім'я, прізвище)

"27" 12 2024 р.

ABSTRACT:

Improvement of the technological process for manufacturing the "Housing 07.01.015" part using CNC machines

The master's thesis addresses the issue of improving the technological process for manufacturing the "Housing 07.01.015" part based on modern machining methods using computer numerical control (CNC) machines. The aim of the study is to enhance productivity, improve the quality of parts manufacturing, and reduce production costs by optimizing the technological process.

The work includes an analysis of the existing technological process, the selection of CNC equipment, the justification of machining parameters, as well as the modeling and evaluation of the effectiveness of the proposed changes. A comparison of the results of implementing new technologies with traditional machining methods has been conducted, confirming the feasibility of introducing CNC machines into the manufacturing process.

The research results enable improved manufacturing accuracy, reduced machining time, and decreased production costs. The proposed solutions can be applied in mechanical engineering to enhance the manufacturing technologies of complex-shaped parts.

Keywords: technological process, CNC machines, "Housing 07.01.015" part, optimization, productivity, quality.

The author of the work

Viktor LESHCHYSHYN 2024 p.

/Signature/ Date

ЗМІСТ

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ 8

1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи 8

1.2 Аналіз об’єкта виробництва 8

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі 10

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва 11

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ 12

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки 12

2.2 Розрахунок припусків під обробку 16

2.3 Вибір технологічних баз 19

2,4 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі 26

2.4.1 Технологічний маршрут механічної обробки деталі 26

2.4.2 Вибір засобів технологічного оснащення 27

2.5 Розрахунок режимів різання 36

2.6 Нормування технологічного процесу механічної обробки 40

2.7 Розроблення в CAM ESPRIT програми оброблення на верстаті 41

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ 45

3.1 Проектування верстатного пристрою для 45

3.1.1 Вибір схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої 46

3.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі 47

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою 51

3.2.1 Розрахунок пристрою на точність 53

3.2.2 Призначення та опис роботи 54

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ 56

4.1 Експериментальні дослідження коливань і точності обробки при багатоінструментному тонкому розточуванні 56

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ 68

5.1 Заходи по забезпеченню нешкідливих та безпечних умов праці

при роботі на металообробних верстатах 68
5.2 Загальні вимоги безпеки при експлуатації металообробних верстатів 75
ВИСНОВКИ 82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 83
ДОДАТКИ 85

ВСТУП

Технічний прогрес у машинобудуванні характеризується як поліпшенням конструкцій виробів, так і безперервним вдосконаленням технології виробництва. У даний час важливо якісно, при мінімальних витратах і в задані терміни, виготовити виріб, застосувавши сучасне високопродуктивне обладнання, технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів. Від прийнятої технології виробництва багато в чому залежать довговічність і надійність виробів, що випускаються, а також витрати при їх експлуатації/13/.

Нині приблизно 75% від загального обсягу машинобудівних виробів припадає на дрібно- і среднесерійне виробництва. Таке становище зумовлено як безперервним розширенням області діяльності людини, так і швидким зміною попиту різних груп споживачів. Створювані машини характеризуються підвищенням їхньої продуктивності, швидкохідності, питомої потужності та надійності, при зниженні вагових та габаритних показників. Це тягне за собою використання нових високоміцних конструкційних матеріалів, які мають спеціальні властивості, які в більшості випадків є важкооброблюваними. Проте технічний прогрес визначається не лише поліпшенням конструкцій машин, а й безперервним удосконаленням технології їх виробництва. Розробка технологічних процесів виготовлення деталей є одним із відповідальних етапів підготовки виробництва. Технологічні процеси повинні забезпечувати високу якість виробів відповідно до технічних умов експлуатації за мінімальних витрат часу та засобів.

На етапі розвитку машинобудування вирішальними засобами істотного підвищення ефективності виробництва є автоматизація виробничого процесу, яка звільняє людину від низки функцій управління і водночас підвищує його як організатора і керівника виробництва. Автоматизація означає застосування якісно нових систем машин, при яких без сприяння людини, але під її контролем, виконуються функції обробки, транспортування оброблюваних заготовок або інструментів, контролю якості, регулювання та управління

виробничим процесом. Необхідність автоматизації обумовлена насамперед участю в сучасному виробництві великої кількості механізмів, перебігом виробничих процесів з великою швидкістю та труднощами їх регулювання людиною через його обмежені фізіологічні можливості. Крім того, жорсткі вимоги до якості продукції зумовлюють підвищення точності параметрів технологічних процесів, які неможливо забезпечити без використання засобів автоматизації.

У машинобудуванні автоматизація вже багато років є реальністю для великосерійного та масового виробництва, де широко використовуються напівавтомати, автомати, спеціальні та агрегатні верстати, автоматичні та роторні лінії, а також інші засоби жорсткої автоматизації виробничих процесів. Однак, збільшення номенклатури виробів, зміщення виробництва у бік дрібно-і середньосерійного, часті перебудови діючого виробництва, пов'язані з переходом від одного виду продукції до іншого не можуть бути забезпечені традиційними засобами автоматизації.

Вирішення цієї проблеми можливе через широке впровадження у виробництво гнучких автоматизованих систем, що представляють якісно новий етап комплексної автоматизації виробничого процесу, внаслідок їх створення на основі широкого застосування програмно керованого технологічного обладнання, мікропроцесорних пристроїв, засобів автоматизації проектно-конструкторських, технологічних та виробничих робіт. Основу автоматизації гнучких автоматизованих виробничих систем складають програмоване технологічне обладнання, керуючі обчислювальні комплекси та методи групової технології, що дозволяє забезпечити перехід на безлюдну чи малолюдну технологію в умовах багатономенклатурного виробництва.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи 8

Кожен виріб призначений для виконання певного процесу. Під службовим призначенням деталі розуміють максимально уточнену і чітко сформульовану задачу, на вирішення якої призначена деталь.

Серед великого розмаїття виробів машинобудівної продукції дуже поширену групу складають корпуси, які служать для розміщення окремих деталей, механізмів і агрегатів. Будучи найважливішими елементами конструкцій машин, ці деталі повинні забезпечувати точність взаємного розташування встановлених на них деталей та складальних одиниць, як у статичному положенні, так і при експлуатації виробу.

Корпусні деталі дуже різноманітні за конфігурацією та розмірами. За службовим призначенням та конструктивним формам вони поділяються на такі групи:

- корпуси коробчастої форми у вигляді паралелепіпеда, габаритні розміри яких мають однаковий порядок (корпуси редукторів, коробок зміни передач тощо). Деталі цієї групи, як правило, мають додаткові стінки, ребра та перегородки, що підвищують їх жорсткість. Корпуси коробчастої форми виконуються як цілісними, так і роз'ємними. При цьому площина гнізда може проходити по осях головних отворів

- корпусні деталі з гладкими циліндричними отворами та порожнинами, (блоки циліндрів двигунів та компресорів, корпуси різних циліндрів та гідророзподільників, пневмоапаратури). Відповідно до службового призначення до внутрішніх циліндричних поверхонь пред'являються підвищені вимоги щодо точності діаметральних розмірів та форми. Ці циліндричні поверхні зазвичай працюють на зношування, тому до них пред'являються досить високі вимоги щодо шорсткості та зносостійкості.

Корпусні деталі складної просторової геометричної форми (корпусу парових та газових турбін, відцентрових насосів, колекторів, трійників,

вентилів, кранів тощо). Складна просторова форма таких корпусів призачена для формування необхідних потоків руху газів чи рідин. До цієї групи належать також корпусні деталі автомобілів, такі як: картер заднього моста, корпус поворотного важеля та ін.

Корпусні деталі з напрямними поверхнями (столи, каретки, салазки тощо). У процесі роботи ці деталі здійснюють зворотно-поступальний або обертальний рух, забезпечуючи нормальне функціонування механізмів. Корпусні деталі типу кронштейнів, косинців, стояків, кришок тощо. Ця група поєднує найбільш прості конструкції корпусу, які виконують функції додаткових опор для забезпечення необхідної точності відносного положення окремих механізмів, валів, зубчастих коліс.

Необхідно відзначити, що розподіл деталей на групи є умовним, оскільки деякі з них важко віднести до певної групи, і вони використовуються лише для зручності користування загальними технологічними рішеннями.

Для корпусних деталей характерна наявність систем точно оброблених основних отворів, координованих між собою щодо площин, систем кріпильних та інших дрібних отворів. Для корпусних деталей коробчатого типу характерна наявність розвинених плоских поверхонь та основних отворів на кількох осях. Ці деталі часто виконують роз'ємними в діаметральній площині основних отворів (наприклад, корпуси коробок передач гусеничних машин) або з кришкою, на якій монтують другу опору валу (наприклад, корпуси роздавальних коробок колісних машин). У деталей фланцевого типу плоскі поверхні, зазвичай, є торцевими поверхнями основних отворів. Відповідно до цільового призначення корпусні деталі повинні володіти такими властивостями: міцністю, жорсткістю, герметичністю, вібростійкістю, довговічністю.

Міцність є основним критерієм працездатності для корпусних деталей, що піддаються великим навантаженням, головним чином ударним та змінним. Для більшості корпусних деталей дуже важливим є критерій жорсткості. Підвищені пружні переміщення у корпусах зазвичай призводять до

неправильної роботи механізмів, зниження точності роботи машин, сприяють виникненню коливань. Герметичність характеризує непроникність стінок і з'єднань корпусів для збереження мастила, рідких та газоподібних станів робочого середовища; вона є важливою вимогою, що забезпечує працездатність виробів. Довговічність по зношуванню має більше значення для корпусних деталей з напрямними або циліндрами, виконаними за одне ціле без накладок або гільз.

При виготовленні корпусних деталей повинні бути забезпечені у встановлених межах паралельність та перпендикулярність осей основних отворів щодо один одного та плоских поверхонь; співвісність отворів для опор валів; задані міжосьові відстані; точність діаметральних розмірів та геометричної форми отворів; перпендикулярність торців осям отворів; прямолінійність плоских поверхонь.

Залежно від конструктивного виконання та складності до корпусних деталей пред'являються такі технічні вимоги, що характеризують різні параметри їхньої геометричної точності:

Точність геометричної форми плоских поверхонь. Вона регламентується як допуск прямолінійності поверхні у заданому напрямку на певній довжині та як допуск площинності поверхні в межах її габаритних розмірів. Для поверхонь розміром до 500 мм відхилення від площинності зазвичай знаходиться в межах 0,01-0,07 мм, а у відповідальних корпусів — 0,002-0,01 мм.

Точність відстані між двома паралельними площинами. Для більшості деталей вона знаходиться в межах 0,02-0,5 мм, а у корпусних деталей підвищеної точності – 0,005-0,01 мм.

Точність відносного повороту плоских базуючих поверхонь. Граничні відхилення від паралельності або перпендикулярності однієї поверхні від іншої зазвичай становлять 0,015-0,1 мм на 200 мм довжини.

Точність діаметральних розмірів та форми отворів. Діаметри основних отворів під посадку підшипників відповідають 6-8 квалітетам. Відхилення форми отворів (відхилення від округлості у поперечному перерізі та

конусоподібність або вигнутість у поздовжньому перерізі) не повинні перевищувати половини допуску на діаметр отвору.

Точність відносного стану осей отворів. Відхилення від співвісності отворів допускається в межах половини допуску діаметр меншого отвору; відхилення від паралельності осей отворів становить 0,02-0,05 мм на 100 мм довжини. Міжосьові відстані в корпусних деталях витримують із допусками, що забезпечують необхідну точність роботи зібраних у них механізмів. Допуски на міжосьові відстані для циліндричних зубчастих передач при різних видах пар рекомендуються в межах від ±15 до ±280 мкм. Допуск наперетин осей конічних передач становить від ±18 до ±210 мкм на довжині утворює ділильного конуса 50-800 мм. Відхилення міжосьової відстані черв'ячних передач при 7-9-му ступенях точності та міжосьовій відстані 40-630 мм складають від 30 до 210 мкм. У роз'ємних корпусів розбіжність отворів з площиною роз'єму допускається в межах 0,2 мм, а при діаметрі отворів більше 300 мм – в межах 0,3 мм. Відхилення від перпендикулярності торцевих поверхонь щодо осей отвору – 0,01-0,1 мм на 100 мм радіусу.

Параметри шорсткості плоских базуючих поверхонь Ra = 2,5-6,3 мкм, поверхонь головних отворів Ra = 1,6-0,16 мкм, а відповідальних деталей до Ra = 0,08 мкм./3/

Розглянуті в даній дипломній роботі деталі типу корпусів відносяться до першої групи за призначенням та конструктивною формою.

Службове призначення деталі — даний корпус є корпусом косарки, ротаційної, навісної, фронтальної, до трактора КМЗ-012. Корпус служить для конічної передачі з валу відбору потужності трактора КМЗ-012 на косарки.

Розглянемо детальніше призначення всіх поверхонь деталі-представника.

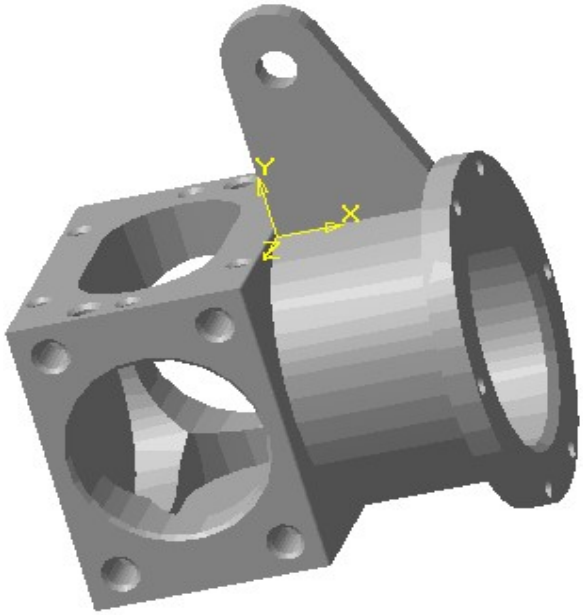


Рисунок 1.1 — 3D модель деталі

Кріпильні отвори 1 призначені для кріплення корпусу №2, з одного та з іншого боку.

Кріпильні отвори 2 призначені для кріплення запобіжної муфти, через яку виходить конічна шестерня, яка служить для передачі обертання на вали-шестерні, що монтуються в корпуси № 2. З валів-шестерень йде передача обертання на ротори косарки.

Отвір 3 служить для навішування роторної косарки на підвіску трактора Т-12.

Кріпильні отвори №4 призначені для кріплення кришки, яка у разі будь-якої неполадки легко знімається.

Оскільки технічні вимоги та норми точності машини є відображенням службового призначення, то, приступаючи до розробки технологічного процесу її виготовлення, технологу необхідно глибоко розуміти зміст вимог, які пред'являються якості виготовлення деталі.

Деталі, обрані як об'єкт для дипломної роботи не дуже трудомісткі у виготовленні; механічній обробленні піддаються плоскі поверхні, на яких свердлиться ряд отворів кріплення, до яких пред'являються невисокі вимоги

щодо точності. Також обробляються точні отвори, що обумовлює необхідність застосування спеціального верстатного пристрою.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1. Визначення типу виробництва

Залежно від широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску продукції розрізняють такі типи виробництва: одиничне, серійне, масове. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій (Кзо).

Кзо =1 – масове виробництво

$1 \le Кзо < 10$- великосерійне виробництво

$10 \le Кзо < 20$ – середньосерійне виробництво

$20 \le Кзо < 40$ – дрібносерійне виробництво

$40 \le Кзо$ – одиничне виробництво

$$K_{зо} = \frac{O}{P} \quad , \tag{2.1}$$

де О – сумарна кількість різних операцій, що виконуються на виробничій ділянці;

Р – сумарне число робочих місць, у яких виконуються дані операції.

Тип виробництва можна розрахувати так:

1. Визначається розрахункова кількість верстатів, необхідних для виконання кожної верстатної операції:

$$Cpi = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_o \cdot k_в}, \tag{2.2}$$

де N – обсяг річного випуску деталей, обумовлений у завданні проектування, шт.;

$t_{ш-к}$ - штучно-калькуляційний час і-ї операції, хв (при розрахунку за формулою (2.2) в якості $t_{ш-к}$ слід використовувати штучно-калькуляційний час базового технологічного процесу, скоригований шляхом зменшення на 10...20%. Коригування проводиться з урахуванням подальшого вдосконалення базового

технологічного процесу та деякого скорочення трудомісткості виготовлення деталі);

F_0 – ефективний річний фонд часу роботи верстата / 18, додаток 4/ ;

Кв – середній коефіцієнт виконання норм часу. При обробленні на верстатах з ручним керуванням Кв = 1,2; при обробленні на верстатах з ЧПУ

Кв= 1,0.

2. Визначається прийнята кількість обладнання на кожній верстатній операції (Si, для чого розрахункова кількість верстатів Срі округляється збільшенням до цілих значень).

3. Розраховується коефіцієнт завантаження кожного робочого місця:

$$n_{зі} = \frac{C_{pi}}{S_i}, \tag{2.3}$$

4. Визначається кількість операцій, закріплених за одним робочим місцем (O_{pmi}):

$$Opmi = \frac{0.75}{n_{зі}}\ , \tag{2.4}$$

5. Розраховується величина коефіцієнта закріплення операцій (Кз. о.) :

$$K_{зо} = \frac{O}{P} \tag{2.5}$$

Для наближеного визначення типу виробництва рекомендується використовувати 18, табл. 3.1/.

Так як маса деталі m = 3,68 кг та обсяг річного випуску деталей N = 6000, отримаємо тип виробництва – середньосерійний.

Визначимо обсяг партії запуску деталей

$$n = \frac{N}{K}, \tag{2.6}$$

де К=12 – кількість запусків на рік при середньосерійному виробництві

$$n = \frac{6000}{12} = 500$$

Результати визначення типу виробництва розрахунковим шляхом зведено до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок типу виробництва

№ операції	Назва операції	Верстат, обладнання	Тш-к, хв.	Fo	Кв	Срі	Si	$n_{зі}$	Ормі
005	Фрезерна	ВМ127	2,2	4060	1,2	0,045	1	0,045	16,66
010	Фрезерна з ЧПУ	ГФ2171Ф3	4,62	3980	1	0,11	1	0,11	6,8
015	Фрезерна з ЧПУ	ГФ2171Ф3	4,95	3980	1	0,12	1	0,12	6,25
020	Свердлильна	2А554	2,34	4060	1,2	0,048	1	0,048	15,62
025	Свердлильна	2А554	2,2	4060	1,2	0,045	1	0,045	16,6
045	Свердлильна	2А554	3,96	4060	1,2	0,08	1	0,08	9,37
									71,3

N=6000
Pi=6

Кзо=11,8

Розрахунки показали, що тип виробництва цієї деталі-середньосерійний. Методика розрахунку взята з /9/.

2.2. Аналіз конструкцій деталей на технологічність

Відпрацювання конструкції на технологічність – це комплекс заходів, що передбачають взаємопов'язані рішення конструкторських і технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці, зниження витрат та скорочення часу на виготовлення виробу при забезпеченні необхідної якості.

Оцінка технологічності проводиться якісно та кількісно з розрахунком показників технологічності за ДСТУ 3632-97. Деталь, що піддається обробленні різанням, буде технологічна в тому випадку, коли її конструкція дозволяє застосовувати раціональну заготовку, форма і розміри якої максимально наближені до форми та розмірів готової деталі, а також використовувати

високоефективні процеси обробки. До основних вимог технологічності можна віднести:

• обґрунтований вибір матеріалу деталі та ув'язування вимог якості поверхневого шару з маркою матеріалу деталі;

• скорочення кількості установ заготовки під час обробки;

• надійне видалення стружки;

• можливість максимального використання стандартизованих та нормалізованих різальних та вимірювальних інструментів;

• забезпечення сприятливих умов роботи різального інструмента;

• уніфікація форми та розмірів оброблюваних елементів, що забезпечить обробку їх мінімальним числом інструментів та використання типових підпрограм на верстатах з ЧПК тощо.

Як приклад, аналіз деталі на технологічність розглянемо на деталі представнику.

Якісна оцінка деталі на технологічність

Деталь – корпус косарки – виготовляється з ливарної сталі, тому конфігурація зовнішнього контуру та внутрішньої поверхні не викликає значних труднощів при отриманні заготовки. Матеріал повністю відповідає умовам експлуатації та вимогам щодо міцності, зносостійкості, поверхневих деформацій тощо.

Конструкція деталі забезпечує достатню жорсткість при механічній обробленні на металорізальному устаткуванні.

Форми поверхонь, що підлягають обробленні, не становлять складності, є можливість максимального використання стандартизованих та нормалізованих різальних та вимірювальних інструментів.

З точки зору забезпечення заданої точності та шорсткості поверхні деталі не становить складності.

Не технологічними є точні отвори (85Н7, 65Н7), так як для забезпечення заданої точності допусків потрібно проектування спеціального верстатного пристрою, який буде докладно розглянуто в конструкторському розділі. Для

установки деталі в пристрій потрібно обробка 2-х додаткових установочних отворів, що збільшує загальний час на виготовлення деталі.

Кількісна оцінка технологічності

На початковій стадії при аналізі службового призначення деталі та оцінці її технологічності необхідно використовувати показники, такі як коефіцієнти використання матеріалу (Квм), точності обробки (Ктч), шорсткості поверхні (Кш)/18/.

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{вм} = \frac{M_д}{M_з}, \tag{2.7}$$

Квм=3,68/4,65=0.79

Мд – маса деталі

Мз – маса заготовки

Коефіцієнт точності обробки $К_{тч}$.

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} = 0{,}64, \tag{2.8}$$

де $А_{ср}$ – середній квалітет точності обробки деталі по всіх поверхнях.

Коефіцієнт шорсткості поверхні – $К_ш$.

$$K_ш = \frac{1}{Б_{ср}} = 0{,}59, \tag{2.9}$$

де $Б_{ср}$ – середнє числове значення параметра шорсткості всіх поверхонь деталі

Аналіз робочого креслення деталі. табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Аналіз робочого креслення деталі

Назва поверхонь	Кількість поверхонь	Квалітет точності	Параметр шорсткості, мкм
Розміри:			
$100_{-0,87}$	1	12	3,2
$125_{-0,4}$	1	12	3.2
$146,5_{-1}$	1	12	3.2
Отвір ∅86Н14	1	14	12,5
Отвір ∅66Н14	2	14	12,5
Отвір ∅85Н7	1	7	1,6
Отвір ∅65Н7	2	7	1,6
Фаски	12	14	12,5
Отвір М10х1-6Н	8	6	3,2
Отвір М6-6Н	6	6	3,2
Отвір $\varnothing 7^{+0,35}$	6	14	12,5
Всього	41	118	69.2

Порівнюючи отримані результати з нормативними ($К_{тч} > 0,8$, $К_{ш} < 0,32$) можна сказати, що деталь за показниками точності обробки та шорсткості поверхні не технологічна.

Методика розрахунку взята /9/.

2.3. Аналіз базового технологічного процесу

Загальна послідовність обробки у базовому технологічному процесі складена правильно. Спочатку обробляються технологічні бази, потім ведеться обробка основних та допоміжних поверхонь. Після операцій мехобробки слідує слюсарна операція, промивання та контроль.

Технологічні бази обрані правильно, дотримується принцип суміщення та сталості баз.

Однак у базовому технологічному процесі застосовується застаріле обладнання, спеціальний ріжучий інструмент, встановлення деталі в пристрій вимагає великої трудомісткості робітників. Застосування стандартизованих конструкцій різального інструменту, сучасного обладнання дозволить збільшити швидкості обробки, зменшити to і tв. Застосування сучасного обладнання також дозволить підвищити рівень концентрації операцій.

Базовий технологічний процес наведено у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Базовий процес

№ операції	Назва	Обладнання
005	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний ВМ127
010	Вертикально-фрезерна з ЧПУ	Вертикально-фрезерний з ЧПУ ГФ2171Ф3
015	Вертикально-фрезерна з ЧПУ	Вертикально-фрезерний з ЧПУ ГФ2171Ф3
020	Вертикально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А554
025	Вертикально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А554
030	Вертикально-свердлильна	Радіально-свердлильний 2А554
030	Слюсарна	Верстак
035	Мийна	Мийна машина
040	Контрольна	Стіл контрольний

А також в інших деталях застосовуються верстат:

Обробний центр моделі ОЦ-4В.

2.4. Вибір заготовки

Для виготовлення деталі велику роль відіграє вибір оптимального виду вихідної заготовки та методу її отримання. Найбільш широко для отримання заготовок застосовують такі методи: лиття, обробка металів тиском та зварювання, а також їх комбінації.

Кожен із методів містить велику кількість способів отримання заготовок. Так, наприклад виливки можна отримувати в піщано-глинистих формах, кокіль, по виплавлюваних моделях, під тиском і т.д.; поковки та штампування – куванням на молотах, гідравлічних пресах; штампуванням на штампувальних машинах, кривошипних гарячештампувальних пресах, горизонтально-кувальних машинах і т.д. буд. Спосіб отримання заготовки визначається типом виробництва, матеріалом, формою та розмірами деталі.

Раціональним методом отримання даної заготовки, при якій форма та розміри деталі були б максимально наближені до форми та розмірів заготовки, буде лиття. Як було зазначено вище, існує безліч способів виготовлення заготовок литтям.

Враховуючи тип виробництва – середньосерійний, призначимо спосіб отримання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми.

Лиття корпусу виготовляється зі сталі 35Л. Річний обсяг випуску N = 6000 прим. Маса деталі m=3,68 кг.

1. Аналіз сталі 35Л

а) Хімічний склад

C = 0,3-0,4%; Si = 0,2-0,42%; Mn = 0,4-0,9%; P = 0,04%; S = 0,045%

б) Основні механічні характеристики

$\sigma_в$= 500 Мпа ; $\sigma_т$= 300 Мпа; Ψ= 0,25%; a=0,3 Мпа; НВ< 217

Наявність у марці матеріалу букви "Л", а також аналіз фізико-механічних характеристик дозволяє стверджувати, що метод виготовлення заготовки деталі обраний правильно.

2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь середніх розмірів, по масі відноситься до виливків вагової групи 1 (табл.2 []). Досить проста за формою.

3. Вибір способу виготовлення заготовки

Тип виробництва-середньосерійний. На основі матеріалу виливка, його маси, типу виробництва та мінімальної товщини стінки вибираємо варіант способу лиття. У даному випадку найбільш раціональним є лиття в піщано-

глинисті форми, так як крім названих факторів на вибір способу впливають невисокі вимоги, що пред'являються до деталі точності і шорсткості поверхні.

4. Положення виливка у формі – горизонтальне.

5. Вибір шорсткості поверхні

Вибираємо за табл. 5,6

Найбільший габаритний розмір – 196 мм.

Ступінь точності поверхні виливки – 15

Шорсткість поверхні - Rz = 200 мкм

6. Клас точності розмірів-9 (табл.7)

Ряд припусків – 3

Використовуючи таблиці 8 і 9, складаємо зведену розрахункову таблицю розмірів заготовки. (табл.2.4)

Таблиця 2.4 – Розміри заготовки – виливки

Розмір по кресленню деталі	Припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки, мм
146,5	2	2,4	148 ± 2,4
125	4	2,4	129± 2,4
100	2	2,4	102± 2,4
∅85	2,8	2,2	∅87.8± 2,4
∅65	2,8	2,2	∅67.8± 2,4

Креслення заготовки представлене в комплекті технологічної документації.

Методика розрахунку взята з /22/

1. Розрахунок вартості заготовки

Вартість заготовки розраховуємо за методикою, викладеною в /9/.

$$Sзаг=(\frac{Ci}{1000}\cdot Мз\cdot Кт\cdot Кс\cdot Кв\cdot Км\cdot Кп)-(Мз-Мд)\cdot\frac{Sотх}{1000}, \qquad (2.10)$$

де Сі- базова вартість однієї тонни заготовок, р(табл.3.6);

Сі= 360 р.

Кт, Кс, Кв, Км, Кп – коефіцієнти, що залежать відповідно від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва.

Мз і Мд- маса деталі і заготовки відповідно, кг.

Sотх – заготовельна ціна на стружку, р.

Sзаг=(360/1000*4,6*1,05*1*0,95*1,22*0,91)-(4,6-,68)*28,1/1000=1,8р

$$Sзаг=к*Sзаг, \quad (2.11)$$

де к – коефіцієнт, що враховує інфляцію, к=100

Sзаг= 180 р.

2.5. Розробка маршрутного технологічного процесу

Перед розробкою ТП необхідно отримати та вивчити інформацію, яка ділиться на базову, керівну та довідкову.

Базова – відомості, що містяться в конструкторській документації на виріб, обсяг випуску, терміни підготовки виробництва. Робоче креслення деталі містить усі розміри, технічні вимоги до якості та шорсткості, марку та твердість матеріалу.

Керівна – відомості щодо розвитку галузі, план випуску матеріалу, засобів технологічного оснащення, стандарти на технологічні процеси.

Довідкова – відомості про прогресивні методи обробки, каталоги, номенклатурні довідники обладнання та оснащення. Матеріали з вибору технологічних нормативів (режими обробки, припуски, витрата матеріалу тощо) та ін. довідкові матеріали.

Всю механічну обробку розбивають по операціях і таким чином виявляють послідовність виконання операцій, їх кількість для кожної операції, вибирають обладнання та визначають конструктивну схему пристосування.

Завданням кожного попереднього переходу є підготовка поверхні заготовки під подальшу обробку і кожен наступний метод (операція або

перехід) має бути точнішим за попередній, тобто забезпечувати вище значення показників якості деталі. Тому механічна обробка поділяється на:

• чорнову обробку, коли видаляється більша частина припуску, що дозволяє виявити можливі дефекти заготовки на перших одній-двох операціях. При базуванні по чорнових базах обробляються основні технологічні бази;

• чистову обробку, коли в основному забезпечується необхідна точність:

далі йдуть операції місцевої обробки, по раніше оброблених поверхнях, обробні операції, коли досягається необхідна шорсткість поверхні і остаточно забезпечується точність деталі.

Контроль у технологічному процесі передбачено з метою технологічного забезпечення заданих параметрів якості, обробленої деталі.

Розроблений технологічний процес повинен містити загальний план обробки деталі, опис змісту операцій технологічного процесу та вибір типу обладнання. Він має бути прогресивним, забезпечувати підвищення продуктивності праці та якості деталі, скорочувати матеріальні та трудові витрати та бути екологічно безпечним.

Побудова технологічного маршруту обробки великою мірою визначається конструктивно-технологічними особливостями деталі. Вибір маршрутної технології істотно залежить від типу виробництва, рівня автоматизації та обладнання, що застосовується.

При серійному виробництві застосовують універсальні верстати з ЧПУ, агрегатні спеціалізовані та спеціальні верстати. Перспективним у серійному виробництві є застосування гнучких виробничих систем (ліній, ділянок, цехів), особливо за умов для групової організації виробництва.

Вибір верстата на операцію визначається можливістю виготовлення на ньому деталей необхідної конфігурації та розмірів, а також забезпечення якості поверхні. Як приклад, наведемо маршрутний техпроцес для основної деталі-корпусу.

Таблиця 2.5 – Маршрутний техпроцес

000	Заготовельна	Лиття
005	Комбінована з ЧПУ	Оброблюючий центр HAAS VF-3
010	Промивочна	Мийна машина
015	Комбінована з ЧПУ	Оброблюючий центр HAAS EC-1600ZT
020	Слюсарна	Верстак
025	Промивочна	Мийна машина
030	Контрольна	Стіл контрольний

На першій комбінованій операції готується база для обробки на другій комбінованої операції. Фрезерується поверхня, свердляться 6 отворів, нарізається на них різьблення. Також йде обробка 2-х настановних отворів, для подальшого базування на 2 пальці та площину.

На другій комбінованій операції відбувається остаточна обробка деталі. Обробляються 3 сторони деталі, що залишилися. Також фрезеруються поверхні, розточуються точні отвори та обробляється ряд отворів кріплення.

Слюсарна операція є завершальною операцією механічної обробки, на ній знімаються всі задирки та дефекти.

На мийній операції деталь промивається від стружки.

Контрольна операція перевіряє відповідність отриманих розмірів заданим конструкторським кресленням.

2.6. Розрахунок припусків та операційних розмірів

Розрахунок припусків провадиться за методикою /14/.

При проєктуванні технологічних процесів механічної обробки заготовок необхідно встановити оптимальні припуски, які б забезпечили задану точність і якість оброблюваних поверхонь

Припуск – це шар металу, заготовки, що призначається для компенсації похибок, що виникають як у процесі отримання заготовки, так і в процесі її механічної обробки. Розрізняють операційні та загальні припуски на обробку. Операційним припуском на обробку називається шар металу, який необхідно видалити із заготовки при виконанні операції (переходу). Загальним припуском на обробку називається шар металу, який необхідно видалити із заготовки під час виконання всіх операцій (переходів), щоб одержати остаточно оброблені поверхні деталі. При обробленні розрізняють односторонні та двосторонні припуски. Припуск задається та вимірюється за нормаллю до обробленої поверхні деталі. Односторонній припуск завжди відраховується “на бік”, двосторонній може відраховуватись на обидві сторони: ”на діаметр ”,”на товщину”, ”на довжину загальної нормалі”

Розрізняють мінімальні, номінальні, максимальні припуски. Кінцевою метою розрахунку припусків є встановлення операційних розмірів та розмірів заготовки, які задаються їх номінальними розмірами із зазначенням допустимих відхилень. Як розрахунковий операційний припуск прийнято мінімальний припуск. Розрахунок номінальних операційних розмірів і розмірів заготовки проводиться на основі попередньо побудованої схеми зняття загального припуску для прийнятого техпроцесу обробки та розрахованих номінальних припусків на обробку при автоматичному отриманні розмірів, встановленими заздалегідь на розмір інструментами.

Мінімальний припуск на обробку:

Припуск на бік при послідовній обробленні площин:

$$Z_{i\,min} = R_{Zi-1} + R_{Ti-1} + e_{i-1} + E_y \qquad (2.12)$$

Припуск на дві сторони при паралельній обробленні протилежних площин:

$$2Z_{i\,min} = 2(R_{Zi-1} + R_{Ti-1} + e_{i-1} + E_y) \qquad (2.13)$$

Припуск на діаметр при обробленні зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання:

$$2Z_{i\,min} = 2\left(R_{Zi-1} + R_{Ti-1} + \sqrt{e_{i-1}^{\,2} + E_y^{\,2}}\right) \qquad (2.14)$$

R_{Zi-1} - висота нерівностей профіля

R_{Ti-1} - глибина дефектного шару

e_{i-1} - сумарне значення просторових відхилень

E_y - похибка установки

Максимальний припуск на обробку:

$$Z_{i\,max} = Z_{i\,min} + T_{i-1} - T_i \qquad (2.15)$$

$$2Z_{i\,max} = 2Z_{i\,min} + T_{i-1} - T_i \qquad (2.16)$$

Номінальний припуск на обробку:

$$Z_i = Z_{i\,min} + T_{i-1} - T_i \qquad (2.17)$$

$2Z_i = 2Z_{i\,min} + T_{i-1} - T_i$, де (2.18)

$Z_{i\,min}$ - мінімальний припуск

T_i - допуск на перехід

Операційні розміри:

При обробленні отвору

$$A_i = A_{i-1} + Z_{i+1} \tag{2.19}$$

При обробленні зовнішньої поверхні:

$$A_i = A_{i+1} - Z_{i+1} \tag{2.20}$$

Визначення складових припуску

R_{Zi-1} і R_{Ti-1} визначаються за таблицями економічної точності

Сумарне значення просторових відхилень

Для отвору

$$e = \sqrt{e_{см}^2 + e_{экс}^2} \tag{2.21}$$

Для зовнішньої поверхні:

$$e = \sqrt{e_{см}^2 + e_{кр}^2} \tag{2.22}$$

$$e_{черн}=0,06*e_{заг} \tag{2.23}$$

$$e_{чист}=0,04*e_{черн} \tag{2.24}$$

де $e_{см}$ і $e_{экс}$ визначається за таблицею (3.16)

$e_{кр}$ – загальна кривизна

$$e_{кр}=0,5*e_0*D \tag{2.25}$$

e_0 – питома кривизна 6 мкм/мм

D –діаметр

Після термообробки e_0=0,8 мкм/мм

Похибка установки:

$$E_y = \sqrt{E_б^2 + E_з^2 + E_п^2} \tag{2.26}$$

де $E_б$ - похибка базування

$E_з$ - похибка закріплення

$E_п$ - похибка вивіряння пристосування

Результати розрахунків наведено у таблицях.

.

Таблиця 2.6 - **Розрахунок припусків і питомих розмірів за технологічними переходами**

Розрахунок припусків і питомих розмірів за технологічними переходами											
Технологічні переходи обробки поверхні 125(-0.4)	Елементи припуска, мкм				Розрахунковий припуск 2Zmin, мкм	Розрахунковий розмір Dp,мм	Допуск б, мкм	Питомий розмір, мм		Питомі значення, мкм	
	Rz	Rт	e	Ey				Dmax	Dmin	2Zпр.min	2Zпр.max
Заготовка	200	300	760			127,92	1800	127,90	126,10		
Фрезерування однократне	50	50	38	130	2780	125,14	600	125,10	124,50	2800	1600
Фрезерование однократне	50	50	3	130	536	124,60	400	124,60	124,20	500	300
									Сума:	3300	1900
Перевірка: Бmax-Бmin-(S(2Zmax)-S(2Zmin))=	0										

Таблиця 2.7 - **Розрахунок припусків і питомих розмірів за технологічними переходами**

Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами											
Технологічні переходи обробки поверхні D85H7(+0.035)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск 2Zmin, мкм	Розрахунковий розмір Dp,мм	Допуск б, мкм	Питомий розмір, мм		Питомі значення, мм	
	Rz	Rт	e	Ey				Dmax	Dmin	2Zпр.min	2Zпр.max
Заготовка	200	300	760			81,703	1800	81,70	79,90		
Розточування чорнове	50	50	38	110	2740	84,443	240	84,44	84,20	2740	4300
Розточування чистове	20	25	3	110	496	84,939	90	84,94	84,85	500	650
Розточування тонке	3	0	0	0	96	85,035	35	85,04	85,00	95	150
									Сума:	3335	5100
Перевірка: Бmax-Бmin-S(2Zmax)+S(2Zmin)=	0										

Таблиця 2.8 - **Розрахунок припусків і питомих розмірів за технологічними переходами**

Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами											
Технологічні переходи обробки поверхні D65H7(+0.03)	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск 2Zmin, мкм	Розрахунковий розмір Dp,мм	Допуск б, мкм	Питомий розмір, мм		Питомі значення, мм	
	Rz	Rт	e	Ey				Dmax	Dmin	2Zпр.min	2Zпр.max
Заготовка	200	300	760			61,698	1800	61,70	59,90		
Розточування чорнове	50	50	38	110	2740	64,438	240	64,44	64,20	2740	4300
Розточування чистове	20	25	3	110	496	64,934	90	64,93	64,84	490	640
Розточування тонке	3	0	0	0	96	65,030	30	65,03	65,00	100	160
									Сума:	3330	5100
Перевірка: Бmax-Бmin-S(2Zmax)+S(2Zmin)=	0										

2.7. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання проводимо за методикою викладеною в / 12 /

Вихідними даними визначення режимів різання є: матеріал оброблюваної заготовки та її фізико-механічні властивості; розміри та геометрична форма оброблюваної поверхні; технічні умови виготовлення деталі; матеріал, типорозмір та геометричні параметри різальної частини інструменту; тип та характеристика обладнання.

Режими різання істотно впливають на точність і якість поверхні, що обробляється, продуктивність і вартість обробки.

Усі операції виконуються на обробному центрі HAAS EC-1600ZT.

Розглянемо докладно приклад розрахунку режимів різання окремих переходів, параметри різання інших переходів зведемо до таблиці.

Операція 005 Комбінована

Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз має першорядне значення під час проектування технологічних процесів. При виборі баз враховується клас деталі, вид операції, точність та інші чинники.

У 005 комбінованої операції деталь встановлюється у спеціальне пристосування. Технологічними базами є необроблені поверхні: нижня та бічна поверхні деталі, отвір та фланець.

Вони забезпечують обробку верхньої поверхні деталі, ряду отворів на даній поверхні, а також обробку 2-х настановних отворів з необхідними параметрами шорсткості, із заданими допустимими відхиленнями розмірів, геометричної форми та взаємного розташування поверхонь. Вони забезпечують надійне закріплення заготовки.

Перехід 1

Фрезерувати поверхню

Ріжучий інструмент: Фреза торцева насадна VRFWD-13-D063-d22-Z05

Діаметр фрези: $D := 80$ мм.

Глибина фрезерування: $t := 2$ мм

Ширина фрезерування: $B := 80$ мм

Подача на зуб: $Sz := 0.2$ мм на зуб

Число зубів: $z := 8$

Швидкість різання розраховується за емпіричною формулою, де

T – середнє значення стійкості, $T := 50$мм

Cv – коефіцієнт, $Cv := 332$

x,y,m,q,u,p - показники степені,

$x := 0.1$ $y := 0.4$ $m := 0.2$ $q := 0.2$ $p := 0$ $u := 0.2$

Kv – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховує фактичні умови різання. Є утворенням 3-х коефіцієнтів.

Kmv – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$Kr := 1 \quad nv := 1 \quad \sigma v := 500\,МПа$

$$Kmv := Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma v}\right)^{nv} \qquad (2.27)$$

$Kmv = 1.5$

Knv – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, $Knv := 0.85$

Kuv - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,

$Kuv := 1$

$$Kv := Kmv \cdot Knv \cdot Kuv \qquad (2.28)$$

$Kv = 1.275$

$$V := \frac{Cv \cdot D^{q} \cdot Kv}{T^{m} \cdot t^{x} \cdot Sz^{y} \cdot B^{u} \cdot z^{p}} \qquad (2.29)$$

$V = 343.826$ м/хв

Частота обертання фрези:

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} \qquad (2.30)$$

$n = 1.368 \times 10^{3}$ об/хв

Швидкість руху подачі:

$$Sm := Sz \cdot n \cdot z \qquad (2.31)$$

$Sm = 2.189 \times 10^{3}$ мм/хв

Сила різання:

Cp - коефіцієнт, $Cp := 825$

x,y,u,q,w - показники степеня,

$x := 1 \quad y := 0.75 \quad u := 1.1 \quad q := 1.3 \quad w := 0.2$

Kmp - поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$n2 := 1$

$$Kmp := \left(\frac{\sigma v}{750}\right)^{n2} \tag{2.32}$$

$Kmp = 0.667$

$$Pz := \frac{10 \cdot Cp \cdot t^{x} \cdot Sz^{y} \cdot B^{u} \cdot z \cdot Kmp}{D^{q} \cdot n^{w}} \tag{2.33}$$

$Pz = 2.585 \times 10^{3}$ H

$$Ph := 0.35 \cdot Pz \tag{2.34}$$

$Ph = 904.66$ H

$$Pv := 0.9 \cdot Pz \tag{2.35}$$

$Pv = 2.326 \times 10^{3}$ H

$$Py := 0.35 \cdot Pz \tag{2.36}$$

$Py = 904.66$ H

$$Px := 0.5 \cdot Pz \tag{2.37}$$

$Px = 1.292 \times 10^{3}$ H

Крутний момент:

$$M := \frac{Pz \cdot D}{2 \cdot 100} \tag{2.38}$$

$M = 1.034 \times 10^{3}$ Нм

Потужність різання:

$$N := Pz \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} \tag{2.39}$$

$N = 14.521$ кВт

Перехід 3

Свердлити 6 отв. ∅5

Ріжучий інструмент: Свердло по металу GTM HSS-Co5 5,0 мм

Діаметр свердла: $D := 5$ мм

Глибина при свердлінні: $t := 0.5 \cdot D$ мм

$$t = 2.5 \quad \text{мм}$$

Подача : $S := 0.08$ мм

Швидкість різання розраховується за емпіричною формулою, де

T - середнє значення стійкості, хв

Cv – коефіцієнт,

x,y,m,q - показники ступеня,

Kv – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання. Є утворенням 3-х коефіцієнтів.

Kmv – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$Kr := 1 \quad nv := 1 \quad \sigma v := 500$ МПа

$$Kmv := Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma v} \right)^{nv} \tag{2.40}$$

$Kmv = 1.5$

Kuv – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,

Klv – коефіцієнт, що враховує глибину свердління,

$Klv := 1$

$$Kv := Kmv \cdot Klv \cdot Kuv \tag{2.41}$$

$Kv = 1.5$

Швидкість різання при свердлінні

$$V := \frac{Cv \cdot D^{q} \cdot Kv}{T^{m} \cdot S^{y}} \tag{2.42}$$

$V = 77.267$ м /хв

Частота обертання сверла:

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} \tag{2.43}$$

$n = 4.919 \times 10^{3}$ об /хв

Крутний момент, Нм та осьова сила, Н:

Ср,Cm – коефіцієнти, $Cm := 0.0345$

y,q – показники степені,

$y := 0.8 \quad q := 2$

Кр=Кmр – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$n2 := 1$

$$Kp := \left(\frac{\sigma v}{750}\right)^{n2} \tag{2.44}$$

$Kp = 0.667$

$$Mkp := 10 \cdot Cm \cdot D^{q} \cdot S^{y} \cdot Kp \tag{2.45}$$

$Mkp = 0.762$ Нм

$Cp := 68 \quad q := 1 \quad y := 0.7$

$$Po := 10 \cdot Cp \cdot D^{q} \cdot S^{y} \cdot Kp \tag{2.46}$$

$Po = 386.857$ Н

Потужність різання, кВт

$$N := \frac{Mkp \cdot n}{9750}$$

$N = 0.385$ кВт

Перехід 5

Нарізати різьбу М6-6Н

Ріжучий інструмент: Мітчик М6-6Н M6 WURTH HSS DIN352-HSS-M6

Діаметр мітчика: мм

Крок різьблення:

Поздовжня подача: мм

Швидкість різання розраховується за емпіричною формулою, де

T – середнє значення стійкості, мм

Cv – коефіцієнт,

y, m, q – показники ступеня,

Kv – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання. Є твором 3-х коефіцієнтів.

Kmv - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$Kr := 1 \quad nv := 1 \quad \sigma v := 500\,МПа$

$$Kmv := Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma v}\right)^{nv} \tag{2.47}$$

$Kmv = 1.5$

Kuv – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту,

$Kuv := 1$

Kcv – коефіцієнт, що враховує спосіб нарізування різьблення,

$Kcv := 1$

$$Kv := Kmv \cdot Kcv \cdot Kuv \tag{2.48}$$

$Kv = 1.5$

Швидкість різання

$$V := \frac{Cv \cdot D^{q} \cdot Kv}{T^{m} \cdot S^{y}} \tag{2.49}$$

$V = 14.542$ м /хв

Частота обертання:

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} \tag{2.50}$$

$n = 771.487$ об /хв

Крутний момент , Нм :

Cm – коефіцієнти, $Cm := 0.027$

x,y,q – показники степені,

$y := 1.5 \quad q := 1.4$

Kp=Kmp – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$n2 := 0.75$

$Kp := 1.3$

$$Mkp := 10 \cdot Cm \cdot D^{q} \cdot P^{y} \cdot Kp \qquad (2.51)$$

$Mkp = 4.312$ Нм

Потужність різання, кВт

$$N := \frac{Mkp \cdot n}{975} \qquad (2.52)$$

$N = 3.412$ кВт

Перехід 9

Зенкерувати 2 отв.

Ріжучий інструмент: Зенкер ∅9.8 Н8 Р6М5 ДСТУ 2233-93

Діаметр зенкера: $D := 9.8$ мм

Діаметр свердла при зенкеруванні: $d := 9$ мм

Глибина при зенкеруванні:

$$t := 0.5 \cdot (D - d) \qquad (2.53)$$

$t = 0.4$ мм

Подача : $S := 0.5$ мм

Швидкість різання розраховується за емпіричною формулою, де

T – середнє значення стійкості

Cv – коефіцієнт, N=14.52

x, y, m, q - показники степені,

$x := 0.2$ $y := 0.3$ $m := 0.25$ $q := 0.6$

Kv – загальний коефіцієнт поправки на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання. Є утворенням 3-х коефіцієнтів.

Kmv – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$Kr := 1$ $nv := 1$ $\sigma v := 500$ МПа

$$Kmv := Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma v}\right)^{nv} \tag{2.54}$$

$Kmv = 1.5$

Kuv – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,

Klv – коефіцієнт, що враховує глибину зенкерування,

$Klv := 1$

$$Kv := Kmv \cdot Klv \cdot Kuv \tag{2.55}$$

$Kv = 1.5$

$$V := \frac{Cv \cdot D^{q} \cdot Kv}{T^{m} \cdot t^{x} \cdot S^{y}} \tag{2.56}$$

$V = 157.035$ м/хв

Частота обертання :

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} \tag{2.57}$$

$n = 5.101 \times 10^{3}$ об /хв

Крутний момент, Нм і осьова сила, Н:

Ср, Cm - коефіцієнти, $Cm := 0.09$

x,y,q- показники степені,

$x := 0.9 \quad y := 0.8 \quad q := 1$

Кр=Кmр - поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$n2 := 1$

$$Kp := \left(\frac{\sigma v}{750}\right)^{n2} \tag{2.58}$$

$Kp = 0.607$

$$Mkp := 10 \cdot Cm \cdot D^{q} \cdot t^{x} \cdot S^{y} \cdot Kp \tag{2.59}$$

$Mkp = 1.348$ Нм

$Cp := 67 \quad x := 1.2 \quad y := 0.65 \quad q := 0$

$$Po := 10 \cdot Cp \cdot D^{q} \cdot t^{x} \cdot S^{y} \cdot Kp \qquad (2.60)$$

$Po = 86.308$ Н

Потужність різання, кВт

$$N := \frac{Mkp \cdot n}{9750} \qquad (2.61)$$

$N = 0.705$ кВт

Перехід 10

Розвернути 2 отв.

Ріжучий інструмент: Розгортка ∅ 10Н8 Sandvik CoroReamer

Діаметр оброблення: $D := 10$ мм

Діаметр зенкера при розгортуванні:

$d := 9.8$ мм

Глибина при розгортуванні:

$$t := 0.5 \cdot (D - d) \qquad (2.62)$$

$t = 0.1$ мм

Подача : $S := 0.8$ мм

Подача на зуб при розгортуванні: $Sz := 0.13$

Число зубів розгортки: $z := 6$

Швидкість різання розраховується за емпіричною формулою, де

T – середнє значення стійкості, $T := 20$ хв

Cv – коефіцієнт, $Cv := 100.6$

x, y, m, q - показники степені,

$x := 0 \quad y := 0.65 \quad m := 0.4 \quad q := 0.3$

Kv – загальний поправочний коефіцієнт швидкість різання, враховує фактичні умови різання. Є утворенням 3-х коефіцієнтів.

Kmv – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу

$Kr := 1 \quad nv := 1 \quad \sigma v := 500$ МПа

$$Kmv := Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma v} \right)^{nv} \tag{2.63}$$

$Kmv = 1.5$

Kuv – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,

Klv – коефіцієнт, що враховує глибину розгортання, $Klv := 1$

$Kv := Kmv \cdot Klv \cdot Kuv$

$Kv = 1.5$

$$V := \frac{Cv \cdot D^{q} \cdot Kv}{T^{m} \cdot t^{x} \cdot S^{y}} \tag{2.64}$$

$V = 105.019$ м /хв

Частота обертання :

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} \tag{2.65}$$

$n = 3.343 \times 10^{3}$ об /хв

Крутниий момент, Нм і осьова сила, Н:

Ср - коефіцієнти, $Cp := 67$

x,y,q- показники степені,

$x := 0.9 \quad y := 0.8 \quad q := 1$

Кр=Кмр – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу

$Kp := 0.607$

$$Po := 10 \cdot Cp \cdot D^{q} \cdot t^{x} \cdot S^{y} \cdot Kp \tag{2.66}$$

$Po = 428.288$ Н

Крутний момент при розгортуванні

$$Mkr := \frac{Cp \cdot t^{x} \cdot Sz^{y} \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \tag{2.67}$$

$Mkr = 0.495$ Нм

Потужність різання, кВт

$$N := \frac{Mkr \cdot n}{9750} \tag{2.68}$$

$N = 0.17$ кВт

Операція 010 Комбінована

Вибір баз

У цій операції деталь також встановлюється у спеціальний пристрій. Базами є оброблена поверхня, 2 настановні отвори, тобто деталь базується за схемою: поверхня, 2 отвори.

В операції деталь піддається остаточній обробленні: фрезеруються поверхні, розточуються точні отвори, обробляється ряд отворів кріплення.

Перехід 3

Розточити отв. ∅ 85 начорно

Різальний інструмент: Розточувальний різець MCLNR/LS40T-MCLNR12

$Ndb := 14\,кВт \quad \eta := 0.9$

Точіння чорнове

Діаметр обробки: $D := 85\,мм$

Глибина різання: $t := 1\,мм$

Подача: $S := 1\,мм/об$

Швидкість різання розраховується за емпіричною формулою, де

T – середнє значення стійкості, мм

Cv – коефіцієнт,

x,y,m – показники ступеня,

Kv - коефіцієнт, що є добутком 3-х коефіцієнтів

Kmv - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки

$Kr := 1 \quad nv := 1 \quad \sigma v := 500$ МПа

$$Kmv := Kr \cdot \left(\frac{750}{\sigma v} \right)^{nv} \tag{2.69}$$

$Kmv = 1.5$

Knv – коефіцієнт, що враховує стан поверхні $Knv := 0.85$

Kuv – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту $Kuv := 1$

$$Kv := Kmv \cdot Knv \cdot Kuv \tag{2.70}$$

$Kv = 1.275$

$$V := Cv \cdot \frac{Kv}{T^{m} \cdot t^{x} \cdot S^{y}} \tag{2.80}$$

$V = 207$ м /хв

Частота обертання шпинделя:

$$n := 1000 \cdot \frac{V}{\pi \cdot D} \tag{2.81}$$

$n = 776.262$ об /хв

Швидкість руху подачі:

$$Sm := S \cdot n \tag{2.83}$$

$Sm = 776.262$ м /хв

Сила різання:

Cp - коефіцієнт

x, y, n1 - показники ступеня

Kp-поправний коефіцієнт, що єдобутком ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання

$$Kmp = 0.667 \quad K\phi p := 0.89 \quad K\gamma p := 0.93 \quad Krp := 1.1 \quad K\lambda p := 1$$

$$Kp := Kmp \cdot K\phi p \cdot K\lambda p \cdot K\gamma p \cdot Krp \tag{2.84}$$

$$Kp = 0.607$$

$$Cp := 300 \quad x := 1 \quad y := 0.75 \quad n1 := -0.15$$

$$Pz := 10 \cdot Cp \cdot t^{x} \cdot S^{y} \cdot V^{n1} \cdot Kp \tag{2.85}$$

$$Pz = 818.105 \quad H$$

$$Cp := 243 \quad x := 0.9 \quad y := 0.6 \quad n1 := -0.3$$

$$Py := 10 \cdot Cp \cdot t^{x} \cdot S^{y} \cdot V^{n1} \cdot Kp \tag{2.86}$$

$$Py = 297.72 \quad H$$

$$Cp := 339 \quad x := 1 \quad y := 0.5 \quad n1 := -0.4$$

$$Px := 10 \cdot Cp \cdot t^{x} \cdot S^{y} \cdot V^{n1} \cdot Kp \tag{2.87}$$

$$Px = 243.637 \quad H$$

Потужність різання:

$$N := Pz \cdot \frac{V}{1020 \cdot 60} \tag{2.86}$$

$$N = 2.771 \quad кВт$$

Перевірка по потужності різання:

$$N \leq Ndb \cdot \eta$$

$$Ndb \cdot \eta = 12.6$$

$$2.7 < 14$$

Таблиця 2.9 – Режими різання на 005 операцію

Вид обрбоки, інструмент	Глибина різання t, мм	Подача s, мм /об	швидкість різання v, м/хв	Число обертів n, об /хв	Рух подачі Sm, мм /об	Сила різання P, Н			Крутний момент Мкг, Н м	Потужність N , кВт
						Px	Py	Pz		
1.Фрезерувати поверхню Фреза торцева насадна ∅80 VRFWD-13-D063-d22-Z05	2	0.2	344	1250	$2.2*10^3$	$1.3*10^3$	905	$2.6*10^3$	$1*10^3$	14.5
2. Центрувати 8 отв. Свердло центровочне ∅3.15 Свердло центрувальне прецизійне HSS A6.0x14x71	-	0.06	78.5	3000	-	-	-	220.5	0.266	0.217
3.Свердлити 6 отв. Свердло спіральне ∅ 5 GTM HSS-Co5	-	0.08	77.2	3000	-	-	-	387	0.76	0.385
4.Зенкувати 6 отв. Зенковка ∅ 16 P6M5 KM1	-	0.08	77.2	3000	-	-	-	387	0.76	0.385
5.Нарізати різьбу Мітчик М6-6Н М6 WURTH HSS DIN352-HSS-M6	-	1	14.5	800	-	-	-	-	4.3	3.4
6. Свердлити 2 уст. отв. Свердло спіральне по н/ж сталі HSS TiN RED LINE ∅ 9,0 мм	-	0.15	55.5	2000	-	-	-	$1.2*10^3$	4.5	0.91

Таблиця 2.10 – Режими різання на 010 операцію

Вид обрбоки, інструмент	Глибина різання t, мм	Подача s, мм /об	швидкість різання v, м/хв	Число обертів n, об /хв	Рух подачі Sm, мм /об	Сила різання P, H			Крутний момент Mkr, H м	Потужність N , кВт
						Px	Py	Pz		
1.Фрезерувати поверхню Фреза торцева насадна ∅80 VRFWD-13-D063-d22-Z05	2	0.2	344	1250	$2.2*10^3$	$1.3*10^3$	905	$2.6*10^3$	$1*10^3$	14.5
2. Центрувати 8 отв. Свердло центровочне ∅3.15 Свердло центруване прецизійне HSS A6.0x14x71	-	0.06	78.5	3000	-	-	-	220.5	0.266	0.217
3.Свердлити 6 отв. Свердло спіральне ∅ 5 GTM HSS-Co5	-	0.08	77.2	3000	-	-	-	387	0.76	0.385
4.Зенкувати 6 отв. Зенковка ∅ 16 P6M5 KM1	-	0.08	77.2	3000	-	-	-	387	0.76	0.385
5.Нарізати різьбу Мітчик M6-6H M6 WURTH HSS DIN352-HSS-M6	-	1	14.5	800	-	-	-	-	4.3	3.4
6. Свердлити 2 уст. отв. Свердло спіральне по н/ж сталі HSS TiN RED LINE ∅ 9,0 мм	-	0.15	55.5	2000	-	-	-	$1.2*10^3$	4.5	0.91

2.8. Технічне нормування операцій

Технічна норма часу, визначальна витрати часу на обробку, є основою оплати роботи, калькуляції собівартості деталі і вироби. На основі технічних норм часу розраховуються тривалість виробничого циклу, необхідна кількість верстатів, інструментів та робітників, визначається виробнича потужність цехів або ділянок. Норма часу є одним із основних факторів для оцінки досконалості технологічного процесу та вибору найбільш прогресивного варіанту обробки заготівлі.

Нормування 005 Комбінованої операції

При обробленні в умовах середньосерійного типу виробництва на верстаті з ЧПУ визначається штучно – калькуляційний час ($T_{ш-к}$), який складається зі штучного ($T_{шт}$) та підготовчо-заключного часу на партію деталей ($T_{п-з}$), що визначається за залежністю:

$$T_{ш-к}=T_{шт}+T_{п-з} / n_3, \quad (2.87)$$

де n_3 – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво, прим.

Норма штучного часу обробки деталі:

$$T_{шт}=(t_a+t_{вр}\cdot k_{тв})\cdot(1+k/100) \quad (2.88)$$

де $t_a=t_{оа}+t_{ва}$ – автоматичний час на операцію

$t_{оа}=\sum_{i=1}^{m}\frac{l_i}{n_i \cdot S_i}$ - основний автоматичний час на операцію, хв; (2.89)

$t_{ва}$ – допоміжний автоматичний час, хв;

$t_{вр}$ – допоміжний ручний час, хв;

$к_{тв}$ – поправочний коефіцієнт на допоміжний час;

k – сумарний час на обслуговування робочого місця та особисті потреби у відсотках від оперативного часу

$l=L+l_{вр}+l_{пер}$ – розрахункова довжина обробки, мм;

де L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання, мм;

$l_{пер}$- довжина перебігу інструменту, мм;

n – частота обертання шпинделя, об/хв;

S – подача, мм/об.

$$t_{вр}=t_{ву}+t_{виз}+t_{воп} \quad (2.90)$$

де $t_{ву}$ - час на встановлення та зняття заготовки, хв /карта3/

$t_{ви\ з}$- час на вимірювання, хв / карта15 /

$t_{воп}$ - час на роботи та команди, пов'язані з виконанням операції, хв / карта14/

$t_{вр}$=0,1+1+0,5=1,6 хв

$$t_{ва}=t_{сминс}+t_{смреж}+t_{хх}, \quad (2.91)$$

де $t_{сминс}$=0,04 хв – час на одну зміну інструмента;

$t_{смреж}$=0,02 хв - час на одну зміну режимів різання;

$t_{хх-}$ - час холостих ходів, хв

$$t_{хх}=\frac{393\times2}{8000}+\frac{3}{8000}+\frac{205}{8000}+\frac{215\times4}{8000}+\frac{8.5\times8}{8000}+\frac{70\times8}{8000}+\frac{40\times12}{8000}+\frac{215\times4}{8000}+\frac{14.5\times12}{8000}+\frac{248\times4}{8000}+\frac{288\times4}{8000}+\frac{113\times4}{8000}=0.8хв$$

$$t_{ва}=0.04*9+0.02*9+0.8=1.34 \text{ хв} \quad (2.92)$$

$T_{п-з}= T_{п-з1}+ T_{п-з2}+ T_{п-з3}$

$T_{п-з1}$ – норма часу на організаційну підготовку, хв /карта21/

$T_{п-з2}$ - норма часу на налагодження верстата, пристрої, інструменту, програмних пристроїв, хв /карта 21/

$T_{п-з3}$ – норма часу на пробну обробку деталі, хв /карта 28/

$T_{п-з}$=10+12.2+3.7=25.9 хв

Розрахуємо основний час для операції

$$t_{оа1}=\frac{(40+125+40)\times1}{0.2\times1250}=0.82хв$$

$$t_{оа2}=\frac{(1.5+7+0)\times8}{0.06\times3000}=0.37хв$$

$$t_{оа3}=\frac{(2+13+0)\times6}{0.08\times3000}=0.375хв$$

$$t_{оа4}=\frac{(1.5+1.6+1.5)\times 6}{0.08\times 3000}=0.125 хв$$

$$t_{оа5}=\frac{(1.5+8+1.5)\times 6}{1\times 800}=0.165 хв$$

$$t_{оа6}=\frac{(1.5+13+0)\times 2}{0.15\times 2000}=0.096 хв$$

$$t_{оа7}=\frac{(1.5+0.5+1.5)\times 2}{0.15\times 2000}=0.023 хв$$

$$t_{оа8}=\frac{(1.5+13+0)\times 2}{0.5\times 3000}=0.019 хв$$

$$t_{оа9}=\frac{(3+13+0)\times 2}{0.8\times 3000}=0.013 хв$$

$t_{оа}$=0.82+0.37+0.375+0.125+0.165+0.096+0.023+0.019+0.013=2 хв

$t_{а}$=2+1.34=3.34 хв

$k_{тв}$=0.91/карта 1/;

k=14 % /карта16 /

$$T_{шт}=(3.34+1.6\cdot 0.91)\cdot\left(1+\frac{14}{100}\right)=5.8 \text{ хв}$$

$T_{ш-к}$=5.8+26/500 = 5,9 хв

Нормування 010 Комбінованої операції проводиться аналогічним способом.

Таблиця 2.11 – Зведена таблиця технічних норм часу за операціями, хв

Номер і назва операції	$t_а$		$t_{вр}$	$k_{тв}$	k, %	$T_{шт}$	$T_{п-з}$	n	$T_{ш-к}$
	$t_{оа}$	$t_{ва}$							
005 Комбінована	2	1.34	1.6	0.91	8	5.8	26	250	5.9
010 Комбінована	6.9	2.67	3.1	0.91	8	12.5	26.5	250	12.6

2.10. Опис та розрахунок інструментальних налагодок

На аркушах графічної частини представлені інструментальні налагодження на 2 комбіновані операції проектного техпроцесу.

Інструментальне налагодження дає наочне уявлення про налагодження верстата на операцію, що проектується. На ній показаний ескіз оброблюваної заготовки в робочих положеннях. На ескізі виділені потовщеною лінією оброблювані поверхні і наведено їх операційні розміри, шорсткості поверхонь, що обробляються, а також настановні бази . Обробка кожної позиції ведеться з вихідної точки. Так як на операції, що розробляється, налагодження багатоінструментальне, то інструмент пронумерований в порядку обробки і розташування в інструментальному магазині верстата. На налагодженні зображені схеми руху інструменту із зазначенням робочих та допоміжних ходів, опорні геометричні та технологічні точки.

На кожному аркуші вміщена таблиця з даними по обладнанню, ріжучому інструменту, режимах обробки, нормах часу.

2.11 Розробка програми для фрезерувального верстата з ЧПК HAAS VF-3 у CAM ESPRIT

У процесі дипломної роботи була створена програма обробки деталі для фрезерувального верстата з числовим програмним керуванням HAAS VF-3 за допомогою CAM-системи ESPRIT. Розробка програми включала наступні етапи:

1. Імпорт та підготовка 3D-моделі деталі
Було імпортовано геометричну модель деталі у форматі STEP. Для забезпечення точності та зручності програмування створено робочу координатну систему (WCS) із центром у визначеній контрольній точці деталі.

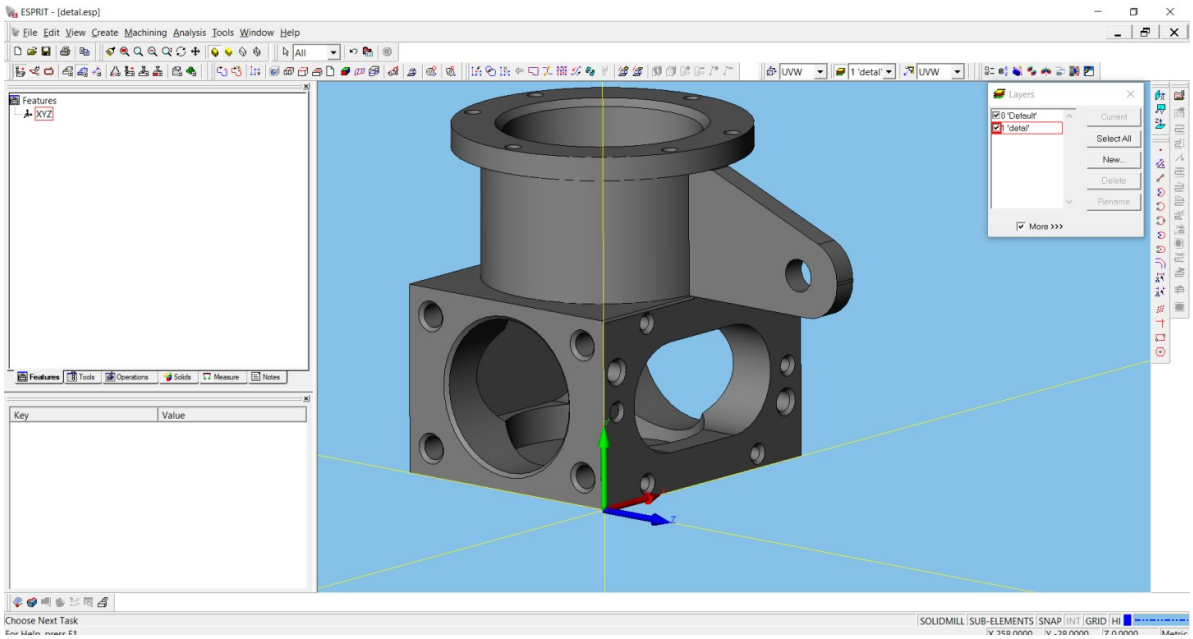


Рисунок 2.1 – 3D-модель деталі

2. Створення заготовки

За допомогою інструментів CAM ESPRIT було змодельовано заготовку прямокутної форми з урахуванням припусків для подальшої обробки.

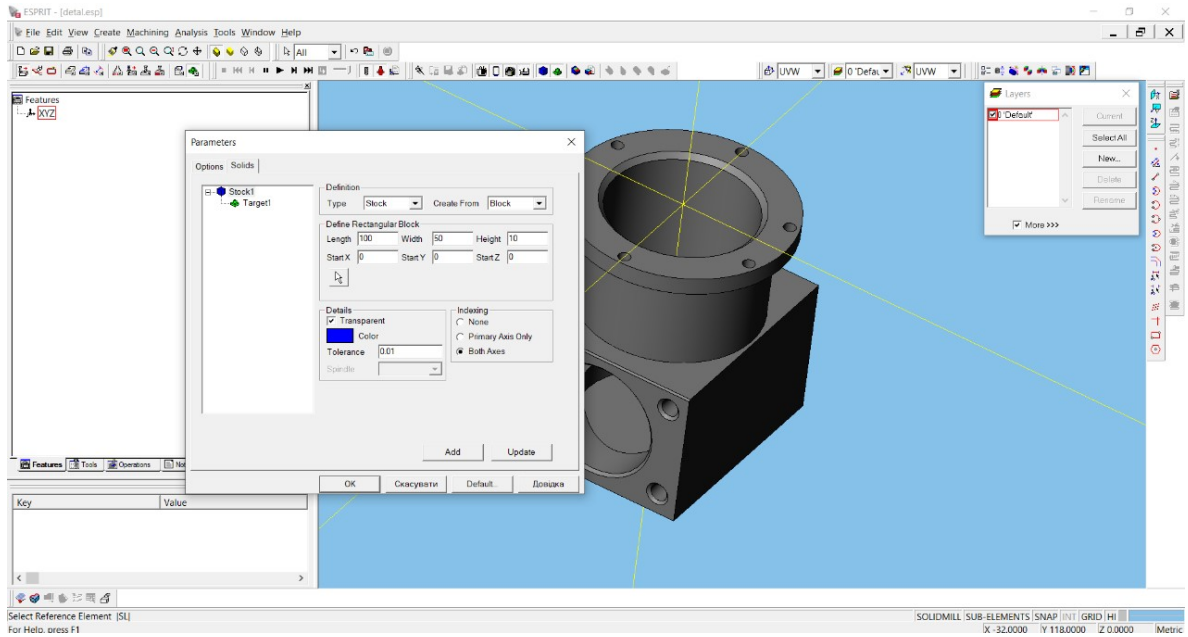


Рисунок 2.2 – Створення заготовки

3. Налаштування параметрів верстата

Налаштовано віртуальний верстат HAAS VF-3, обрано відповідний ЧПК-контролер та визначено параметри шпинделя, інструментального магазину та робочої зони.

4. Розробка траєкторій обробки

Для створення обробної програми було реалізовано такі операції:

- Facing: вирівнювання верхньої поверхні заготовки для зняття припуску.
- Contour Milling: контурна обробка зовнішніх поверхонь.
- Pocket Milling: обробка порожнин із паралельними проходами.
- Hole Drilling: створення наскрізних та глухих отворів.

5. Вибір інструментів

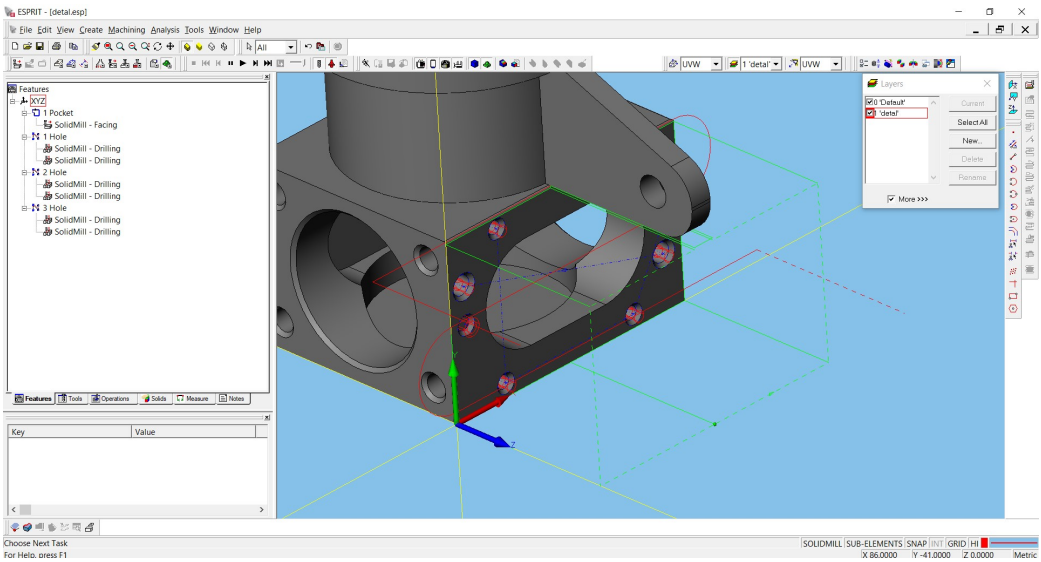


Рисунок 2.3 – Вибір елементів оброблення

Для кожної операції обрано оптимальні інструменти з бібліотеки CAM ESPRIT. Визначено параметри інструментів (діаметр, довжина, матеріал) та режими різання (швидкість шпинделя, подача).

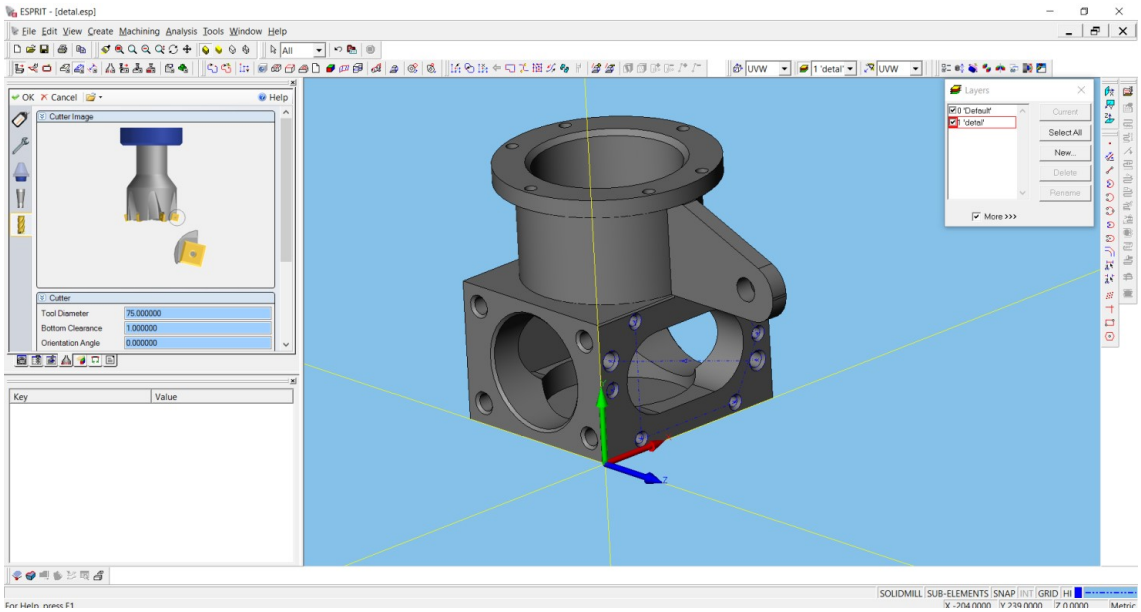


Рисунок 2.4 – Вибір інструменту

6. Генерація та симуляція траєкторій

Здійснено симуляцію траєкторій у CAM ESPRIT для перевірки правильності обробки та відсутності зіткнень. Отримано візуалізацію всіх етапів обробки.

7. Постпроцесинг

Для верстата HAAS VF-6 було використано відповідний постпроцесор, який згенерував G-коди програми. Готову програму збережено у форматі .NC для завантаження у ЧПК.

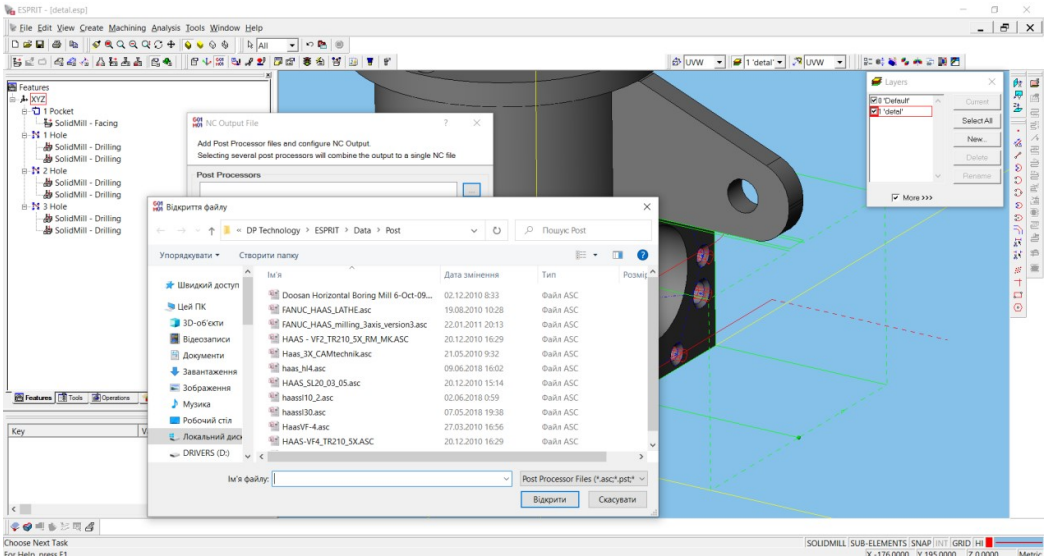


Рисунок 2.5 – Постпроцесинг

8. Передача програми на верстат

Готовий файл передано на контролер верстата через USB-інтерфейс. Виконано пробний запуск на холостому ходу (Dry Run) для перевірки відповідності роботи програми.

9.

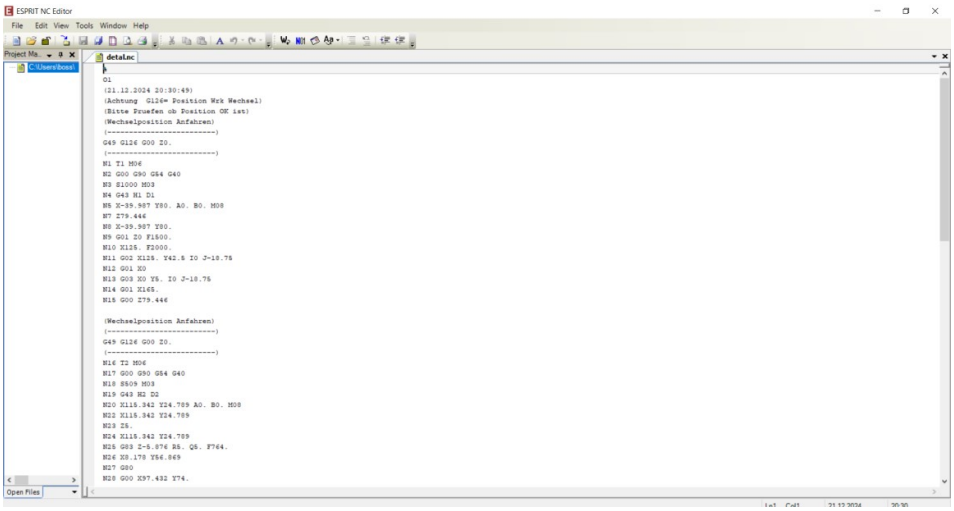


Рисунок 2.5 – Фрагмент керуючої програми

10. Оптимізація та завершення

У разі потреби було внесено коригування до траєкторій та параметрів обробки для забезпечення високої якості поверхні та точності обробки.

Результатом роботи стала готова програма, що забезпечує точну та ефективну обробку деталі на верстаті HAAS VF-6 відповідно до заданих технічних вимог.

3. Конструкторський розділ

3.1.Проектування верстатних пристроїв. Класифікація пристроїв

Технологічна оснастка сприяє підвищенню продуктивності праці в машинобудуванні та орієнтує виробництво на інтенсивні методи його ведення.

Застосування технологічного оснащення, особливо переналагоджуваного типу не тільки забезпечує, а й розширює технологічні можливості як універсальних, так і верстатів з ЧПУ, гнучких виробничих модулів та робототехнічних систем.

Технологічне оснащення класифікується за кількома ознаками.

1. За цільовим призначенням пристрої ділять на п'ять груп:

1.1. Верстатні пристрої (токарні, свердлильні, фрезерні і т.д.);

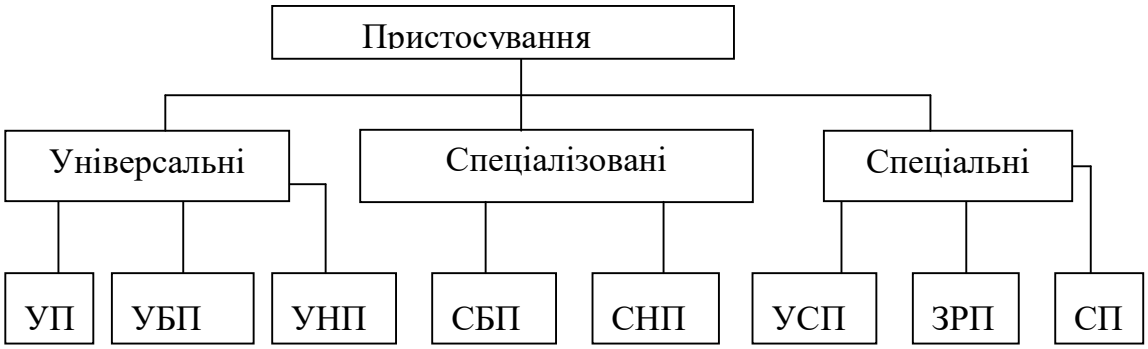
1.2. Пристосування для кріплення робочих інструментів;

1.3. Збірні пристрої;

1.4. Контрольні пристрої;

1.5. Пристосування для захоплення, переміщення та перевертання оброблюваних заготовок.

2. За рівнем спеціалізації пристосування ділять на універсальні, спеціалізовані та спеціальні.



Універсальні пристосування (УП) застосовуються для встановлення та закріплення заготовок різних за формою та габаритними розмірами, що обробляються на різних металорізальних верстатах, у одиничному та дрібносерійному виробництвах (патрони, машинні лещата тощо).

Універсальні безналагоджувальні пристрої (УБП) використовуються для закріплення широкої номенклатури та різної конфігурації (універсальні – фрезерні та слюсарні лещата).

Універсально-налагоджувальні пристрої (УНП) застосовуються для встановлення та закріплення певної групи схожих за формою заготовок деталей, що обробляються на токарних, фрезерних та інших верстатах.

Спеціалізовані безналагоджувальні пристрої (СБП) використовують для закріплення заготовок, близьких за конструктивно-технологічними ознаками, з однаковими базовими поверхнями, що потребують однакової обробки. Пристосування для групової обробки деталей типу валиків, втулок, фланців, дисків тощо

Спеціалізовані налагоджувальні пристрої (СНП) складаються з двох частин. Перша частина — базовий агрегат і, друга частина — спеціальна змінна налагодження. Базовий агрегат несе основну базову поверхню, на яку встановлюються спеціальні змінні налагодження під заготовку, що обробляється. Застосовуються деталі близькі по конфігурації, але різні за розмірами, з метою збільшення продуктивності обробки (серійне виробництво в умовах групової обробки заготовок).

Універсально-збірні пристрої (УСП) збирають з нормалізованих деталей і вузлів, що входять до комплекту УСП. Цей комплект складається з базових, корпусних, притискних та інших деталей. Є можливість швидкого складання різних варіантів, що робить УСП економічно вигідним. В УСП використовують гідро-, пневмо та магнітні пристрої. УСП застосовують у дослідному, одиничному, дрібносерійному, частково середньосерійному типах виробництвах. На їхньому типі розроблені універсально-збірні механізовані пристрої (УСМП).

Збірно-розбірні пристрої (ЗРП). Компанівки ЗРП збираються із стандартних деталей та складальних одиниць. Широко застосовуються на токарно-фрезерних верстатах та верстатах з ЧПУ (серійне та великосерійне виробництво).

Спеціальні пристрої (СП) використовуються для виконання певної операції при обробленні конкретної деталі, вони є одноцільовими ./15/

Розрахунок верстатного пристрою.

Методика розрахунку взята з/2/.

В умовах групової обробки заготовок у серійному виробництві, з метою збільшення продуктивності обробки застосовують СНП.

Пристрій спроектований на 005 Комбіновану операцію. Деталь базується на призму з упором у торець. Також присутні силові затискачі, які фіксують заготовку по верхній поверхні та 2-м бічним отворам.

Спочатку для силового закріплення верхнього фланця використовуються жорсткі опори, що може призвести до можливого перекосу деталі. Тому для нашого пристрою спроектуємо силовий затискач із самовстановлюваними (плаваючими) опорами, що дозволить нам знизити похибку установки.

Обчислимо, необхідну силу затиску, що забезпечує надійне закріплення заготовки та не допускає зсуву, повороту або вібрації заготовки при обробленні.

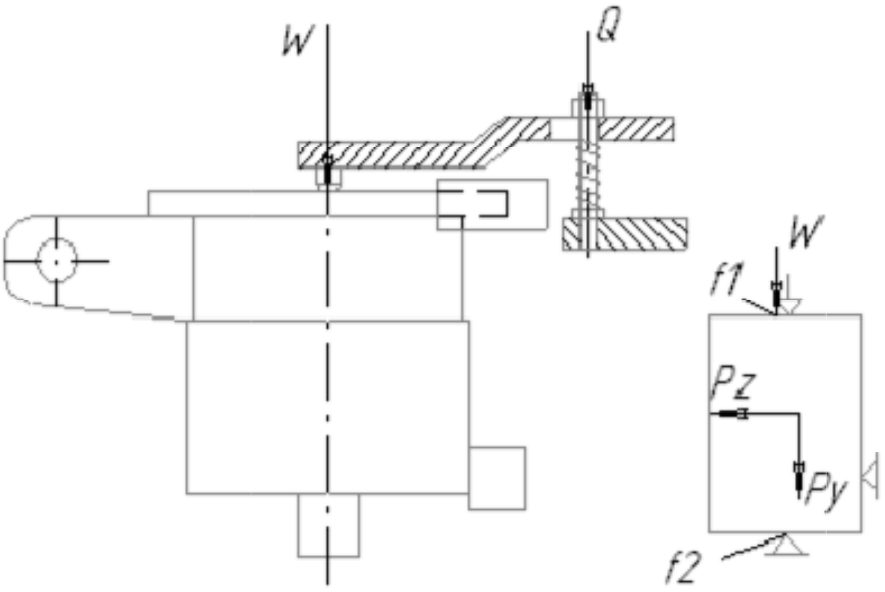


Рисунок 3.1 — Розрахункова схема

Розрахуємо силу затиску з умови відсутності зсуву.

$$W = 0{,}5 \cdot \text{Py} + \frac{\text{K} \cdot \text{Pz}}{(f1 + f2)}, \quad (3.1)$$

де W — сила затиску, кгс

Py — сила різання, яка притискає заготовку до опор, кгс

Pz — сила різання, що прагне зрушити заготовку в бічному напрямку, кгс

f1,f2 — коефіцієнт тертя, f1=f2=0,1

К — коефіцієнт запасу для забезпечення надійності закріплення заготовки:

$$K=K_0K_1K_2K_3K_4K_5 \quad (3.2)$$

де K_0=1,5 — коефіцієнт гарантованого запасу;

K_1=1.15 — коефіцієнт, яка характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту;

K_2=1.2 – коефіцієнт, що враховує зміну величини припуску заготовки;

K_3=1 – коефіцієнт, що враховує зміну сил закріплення залежно від типу затискного пристрою;

K_4=1 – коефіцієнт, що враховує ергономічність;

K_5=1,5 –коефіцієнт, що враховує провертаючі моменти.

K=1.5*1,15*1,2*1*1*1,5=3,105

Так як на фрезерному переході за розрахунками виходять найбільші режими різання, отже, максимальна сила затиску буде потрібна при фрезеруванні. Її і розрахуємо.

$$W = 0{,}5 \cdot 90{,}5 + \frac{3{,}1 \cdot 260}{(0{,}1 + 0{,}1)} = 4075 \text{ кгс}$$

Розрахуємо гвинтовий механізм

$$W = Q \cdot \frac{l}{r\text{ср} \cdot \text{tg}\,\alpha} \quad (3.3)$$

rср — середній радіус різьби, мм; rср= 8 мм

l — довжина рукоятки, мм ;l= 200 мм

α- кут підйому різьби

$$tg\,\alpha = \frac{S}{2\pi r_{ср}} \qquad (3.4)$$

де S – крок різьби, мм; S=1,75

tgα=0,03

За табл.4[] по номінальному діаметру різьби вибираємо довжину рукоятки l і силу Q.

$W = 10 \cdot \frac{190}{8 \cdot 0,03} = 7916$ кгс

Розрахунки показали, що гвинтовий затискач може забезпечити ту необхідну силу, яка потрібна для надійного закріплення заготовки.

3.2. Розрахунок контрольного пристосування

Методика розрахунку взята з /25/.

Пристосування призначено для контролю розміру 162,5±0,2.

Для даного пристосування спроектовано пристрій для беззозорного базування кулькового типу. Беззазорне базування забезпечується за рахунок невеликих натягів кульок 0,01-0,02. Пристрій працює наступним чином: у вихідному положенні кульки знаходяться в заглибленнях, зроблених у втулці. Як тільки притиск починає притискати заготовку, та в свою чергу чинить тиск на сепаратор, в якому вмонтовані кульки, і, за рахунок цього тиску кульки виходять з лунок і розтискаються, що виключає зазор.

Сумарна похибка контрольного пристрою може бути розрахована за формулою:

$$\Delta\Sigma = \Delta_y + \Delta_p + \Delta_э + \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_п^2 + \varepsilon_э^2 + \varepsilon_м^2} \qquad (3.5)$$

де Δ_y - систематична складова похибок виготовлення настановних елементів пристосування

Δ_p - систематична складова похибок передавальних пристроїв

$\Delta_э$ - систематична складова похибок виготовлення еталона

$\varepsilon_б$ - похибка базування деталі в контрольному пристрої

$\varepsilon_з$ – похибка закріплення деталі у пристосуванні

$\varepsilon_п$- випадкова складова похибок передавальних пристроїв

$\varepsilon_э$- випадкова складова похибок виготовлення еталона

$\varepsilon_м$- похибка методу вимірювання, викликані похибками вимірювальних пристроїв

$$\Delta_\Sigma = 0{,}007 + 0 + 0{,}005 + \sqrt{0 + 0 + 0 + 0{,}005^2 + 0{,}01^2} = 0{,}023$$

Сумарна похибка не повинна перевищувати $\frac{1}{4}$ допуску контрольованого розміру.

$$\Delta_\Sigma \leq \frac{1}{4} T \qquad (3.6)$$

Т - допуск контрольованого параметра; Т=0,4

0,023≤ 0,1

Ця нерівність виконується, отже, контрольний пристрій спроектований і підібраний для контрольованого параметра правильно.

3.3 Проєктування засобів автоматизації виробничого процесу Автоматизація контролю на верстатах з ЧПУ

Швидкий розвиток машинобудівної промисловості та зростаючі вимоги, що пред'являються до точності, якості та геометричній формі та шорсткості поверхні деталей, що сполучаються, ставлять завдання ширшого впровадження у виробництво автоматизації контролю деталей.

Впровадження активного контролю деталей на машинобудівних заводах призводить до підвищення якості деталей машин, що виготовляються, автоматизації технологічних процесів, зменшення трудомісткості та вартості виготовлення деталей, зниження втрат від браку та скорочення числа контролерів, а також до забезпечення підвищення точності заданих розмірів шляхом компенсації похибок, що викликаються пружними деформаціями технологічної системи «верстат – пристосування – інструмент – деталь, що

обробляється» (ВПІД) і зношуванням ріжучого інструменту. Складові системи ВПІД викликають розсіювання розмірів деталей, що обробляються на металорізальних верстатах. Похибки обробки деталей, що залежать від пружних деформацій технологічної системи ВПІД, важко компенсувати попереднім налаштуванням верстата, оскільки вони є випадковими..

Метою даного розділу є часткове усунення недоліків, що викликаються системою ВПІД, за рахунок оснащення верстатів з ЧПУ пристроєм автоматичного контролю точності обробки, зокрема верстата HAAS EC-1600ZT індикатором контакту моделі БВ4272./27/

3.3.1 Обґрунтування необхідності автоматизації системи контролю на багатоцільових верстатах

Оснащення багатоцільових верстатів вимірювальними системами дає такі переваги:

можливість здійснення автоматичного контролю на верстаті та проведення відповідної корекції за результатами вимірювань;

можливість реалізації на верстаті гнучких технологічних циклів, спрямованих на досягнення необхідної точності деталі з урахуванням відхилень, що виникають у технологічній системі;

можливість отримання інформації про точність установки на верстаті заготовки та супутника, та точність установки ріжучого інструменту та його розмірному зношуванні;

можливість визначення фактичних розмірів заготовки для автоматичного визначення числа ходів та відповідних режимів обробки.

3.3.2 Вибір засобів автоматизації контролю на багатоцільових верстатах

У машинобудуванні застосовують два методи контролю деталі: технологічний – активний та післяопераційний – пасивний.

Контроль деталей, який виконується в процесі їх обробки на верстаті спеціальними вимірювальними пристроями, є активним.

Контроль деталей після їх обробки на верстаті шляхом розбракування або сортування за групами за допомогою контрольних та сортувальних напівавтоматів та автоматів є післяопераційним пасивним контролем.

За ступенем автоматизації автоматизовані вимірювальні пристрої для післяопераційного контролю поділяють на 3 групи: 1) вимірювальні пристрої з вимірювальним сигналом; 2) напівавтоматичні вимірювальні пристрої; 3) автоматичні вимірювальні пристрої.

До вимірювальних пристроїв пасивного контролю можна віднести координатну контрольно-вимірювальну машину (КВМ), керовану від ЕОМ, або координатних вимірювальних роботів.

Переваги КВМ:

- висока точність
- скорочення часу та помилок процесу вимірювання
- дозволяє комплексно контролювати точність деталей та автоматично отримувати результати вимірювань.

Однак контроль точності деталей за допомогою КВМ має низку недоліків:

- висока вартість;
- необхідність у додаткових виробничих площах для розміщення КВМ;
- додаткові витрати на транспортування деталей у позицію виміру;
- неможливість запобігання появі бракованих деталей.

Названі недоліки КВМ частково усувають вимірювальні роботи, що застосовуються для вимірювань середньої точності (від 15 до 45 хв). Вони дешевше КВМ та мають високу швидкодію і дозволяють вимірювати деталі безпосередньо на конвеєрі в процесі транспортування. Однак і вимірювальні роботи не в змозі запобігти появі браку.

Залежно від призначення засобу активного контролю поділяють на чотири групи: 1) пристрої, що контролюють деталі безпосередньо в процесі обробки на верстаті; 2) підналагоджувачі; 3) блокувальні пристрої; 4) пристрої, які контролюють деталі перед обробкою на верстаті.

До пристроїв, що контролюють деталі безпосередньо в процесі їх обробки на верстаті, відносяться прилади, що контролюють розміри деталей, положення ріжучої кромки інструменту безпосередньо в процесі обробки деталі і через ланцюг зворотного зв'язку подають команду на припинення обробки при досягненні заданих розмірів деталі.

Підналагоджувачі – це вимірювальні прилади, які через ланцюг зворотного зв'язку виробляють підналагодження верстата, коли величина контрольованого розміру деталі виходить за допустимі межі.

Блокувальні пристрої контролюють деталі безпосередньо після обробки на верстаті. Якщо розміри деталей виходять за задані межі, блокувальний пристрій подає команду на припинення обробки деталей на верстаті.

Засоби, що контролюють деталі перед їх обробкою, перевіряють граничні габаритні розміри і не пропускають на верстат деталі, що виходять за допустимі розміри.

Внаслідок високої точності позиціонування верстатів з ЧПУ широке застосування отримав спосіб контролю оброблюваних деталей та ріжучого інструменту безпосередньо на верстаті. Геометричні розміри об'єкта при цьому визначаються контактним чи безконтактним методами. До складу контрольно-вимірювальної системи при контактному методі вимірювання входять вимірювальний щуп, система обробки інформації та видачі сигналу на налагодження технологічної системи. Підналагодження здійснюється за відповідної корекції керуючої програми.

За принципом роботи вимірювальні щупи можуть бути контактного та індуктивного типів.

При безконтактних методах вимірювання використовуються оптичні вимірювачі розмірів (ОВР) та лазерні пристрої.
За допомогою ОВР визначається зміна просторового положення тіньової проекції країв контрольованого виробу щодо базової поверхні калібру. Максимальна похибка вимірів становить ± 0,01 мм.

Королівським технологічним інститутом Швеції розроблено лазер, що забезпечує контроль діаметра деталей до 300 мм із похибкою 1 мкм. Вимірювання проводяться в процесі обробки, причому короткочасна перешкода (попадання стружки в зону вимірювань) не позначається на результаті. Тривалість вимірювального циклу-2-3 с, стабільність вимірювань — 2-3мкм.

Розглянемо детально вимірювальний щуп електроконтактного типу БВ4272.

Головною перевагою щупової головки є можливість уникнення появи бракованих деталей. Оскільки на багатоцільових верстатах виготовляють складні дорогі деталі та отримання навіть однієї бракованої деталі вкрай небажано, то цей факт є важливим.

Оснащення багатоцільових верстатів щуповими головками дає такі переваги:

- можливість здійснення автоматичного контролю точності деталі та проведення відповідної корекції програми;

- можливість отримання інформації про точність встановлення на верстаті заготовки та столу-супутника;

- можливість визначення фактичних розмірів заготовки для автоматичного визначення числа ходів та відповідних режимів обробки.

До недоліків контролю точності деталі на верстаті відносяться:

- точність виміру на верстаті нижче, ніж на КВМ, і не перевищує фактичну точність позиціонування робочих вузлів верстата;

- збільшення тривалості циклу обробки на верстаті у зв'язку з послідовним включенням до керуючої програми верстата вимірювальних переходів./28/

3.3.3 Відомості про індикатор контакту моделі БВ4272. Призначення та технічна характеристика

Індикатор контакту моделі БВ4272 призначений для видачі в систему ЧПУ верстата інформації про контакт наконечника його щупової головки з поверхнею деталі або інструмента, необхідної для визначення розмірів деталей положення або стану інструмента.

Індикатор використовується на свердлильно фрезерно-розточувальних верстатах, з ЧПУ, в тому числі в умовах автоматизованого виробництва. Індикатор контакту складається з щупової головки для контролю деталі, щупової головки для контролю інструменту, електронного блоку та двох фотоприймачів..

Напрями обмацування головок ± x; ±y; +Z

Принцип дії……електроконтактний

Зв'язок з електронним блоком:

головки для контролю деталі……безкабельна, в інфрачервоному діапазоні хвиль

головки для контролю інструмента …… кабельна.

Вільний хід щупа від середнього положення, мм, не менше:

Вздовж осф щупа (Z)……8

У напрямку, перпендикулярному осі щупа (x, y) на довжині щупа 50 мм ……15

Відстань від щупової головки для контролю деталі до фотоприймача, м, не більше ……1

Похибка спрацьовування контактів датчика при:

постійному напрямі обмацування;

подачі в момент торкання не більше 480 мм/хв;

довжині щупа 50 мм, мкм……2

Пристрій та принцип роботи

Конструктивно елементи індикатора контакту виконані так: (вимірювальна головка представлена в графічній частині). Щупова головка має герметичний корпус 2, до якого за допомогою накидної гайки 3

кріпиться механізм головки. На базовому фланці механізму 4 через 120° закріплені три пари кульок 9, що утворюють базові призми. У цих призмах базується грибковий важіль 5, на одному кінці якого закріплені три розташованих через 120° електрично ізольованих штифта 7, тут же через 120° розміщені три пружини 8, які створюють силове замикання, а на іншому кінці — щуповий наконечник 1. Всі кулі електрично ізольовані від корпусу і послідовно з'єднані один з одним при нейтральному положенні грибка через штифти грибка. При застосуванні будь-якого зусилля в площині, перпендикулярній осі наконечника, або вздовж осі в напрямку відриву штифтів послідовний електричний ланцюг розривається хоча б в одному з шести точок контакту, що є первинним електричним сигналом. У центрі грибка розташована кулька 9, що притискається поршнем 10, який забезпечує збіг осі головки з віссю шпинделя при обточуванні наконечника. На фланці корпусу є чотири затяжні і три установочні гвинти, що забезпечує можливість регулювання положення наконечника головки. Ущільнювальний чохол 11, 13 кільця і 14 забезпечують герметизацію головки, а екран 12 забезпечує захист чохла від пошкодження стружкою. Головка щупова має роз'єм, що кріпиться на фланці, для кабельного зв'язку. Також є додаткова плата, що забезпечує перетворення електричного первинного сигналу.

До щупової головки приєднаний корпус 15, всередині якого розміщені поршень 10 і пружина 17. З іншого кінця корпусу кріпиться втулка КМ2148.

Індикатор контакту функціонує наступним чином: при дотику наконечником щупової головки поверхні, що обмацується, відбувається розрив електричного ланцюга електроконтактного датчика головки.Електроконтактний датчик виконаний таким чином, що відхилення наконечника по будь-якій з трьох координат (x, y, z) викликає розмикання його електричного ланцюга, а повернення у вихідний стан її замикання.

У момент переходу від одного стану до іншого електронна схема формується сигналами, які передаються на електронний блок кабельним

способом. Електронний блок перетворює ці сигнали у вихідні, забезпечує обмін сигналами із системою ЧПУ та відповідну індексацію сигналів.

3.3.4 Схеми автоматичного контролю точності деталі – корпуса на верстаті HAAS EC-1600ZT

Процес вимірювання виконується за циклом, передбаченим у програмі верстата. При цьому вимірюють координати окремих характерних точок обробленої поверхні деталі та за алгоритмами шляхом розрахунку на керуючій ЕОМ визначають досягнуті показники точності деталі. З цією метою розрізняють планові координати характерних точок Х6, У6, Z6, які визначають розташування точок на контрольованій поверхні та нормальні координати ΔX_6, $\Delta У_6$, ΔZ_6, які характеризують відхилення точок за нормативами до вимірюваної поверхні.

Розглянемо докладно дві схеми вимірювання точності:

а) положення центру отвору;

б) відстані між центрами отворів.

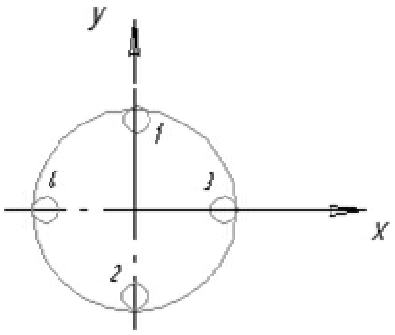


Рисунок 3.2 — Схема вимірювання точності положення центру отвору та діаметра

Для вимірювання точності положення центру отвору у напрямках однієї з координат, наприклад OY вимірювання виконують у двох точках 1 і 2.

Відхилення центру отвору обчислюють за формулою:

$$\Delta_{Г} = \frac{(\Delta Y_1 + \Delta Y_2)}{2} \qquad (3.6)$$

При необхідності визначення відхилення центру отвору у двох напрямках OY та OX вимірювання проводять у чотирьох точках:

$$\begin{vmatrix}\Delta_Г\\ \Delta_X\end{vmatrix} = \left|\frac{1}{2}\right| \begin{matrix}1100\\ 0011\end{matrix} \Bigg| \cdot \begin{vmatrix}\Delta & Y_1\\ \Delta & Y_2\\ \Delta & X_3\\ \Delta & X_4\end{vmatrix} \tag{3.7}$$

Вимірювання відхилень у 4-х точках дозволяє оцінити там же точність діаметрального розміру та відхилення геометричної форми отвору у поперечному перерізі.

Відхилення діаметральних розмірів становитимуть:

у напрямку OX: $\Delta D_X = \Delta X_3 + \Delta X_4$

у напрямку OY : $\Delta D_Y = \Delta Y_1 + \Delta Y_2$

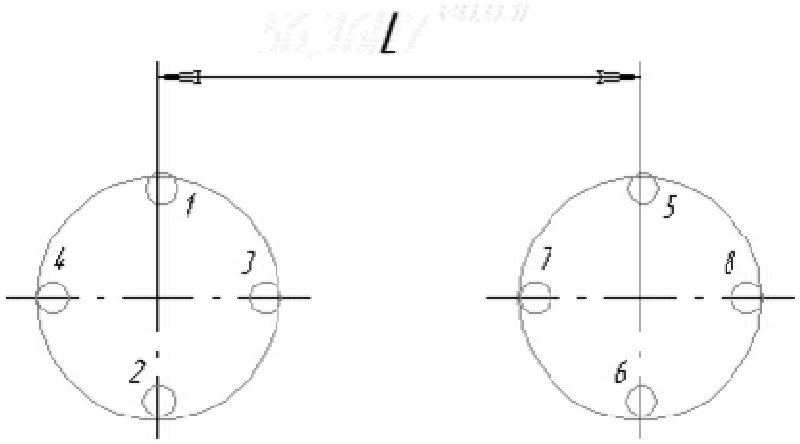


Рисунок 3.3 — Схема виміру точності відстані між центрами отворів.

На початку вимірювань у точках 1-4 визначаємо відхилення центру отвору 1 ($\Delta_Г$, Δ_A),потім за вимірюваннями в точках 5-8 знаходимо відхилення центру отвору 2 ($\Delta_Г$, Δ_A).

Тоді міжцентрову відстань визначимо за формулою:

$$L_\phi = \sqrt{\left[\left(x_1 + \Delta_{A}^{(')}\right) - \left(x_2 + \Delta_{A}^{(')}\right)\right]^2 + \left[\left(Y_1 + \Delta_{Г}'\right) - \left(Y_2 + \Delta_{Г}''\right)\right]^2} \tag{3.8}$$

де (x_1; y_1), (x_2, y_2) — необхідні координати центрового отвору 1 та 2.

Необхідна міжцентрова відстань:

$$L = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \tag{3.9}$$

Різниця виразів (3.3.5.) та (3.3.6) визначає відхилення міжцентрової відстані:

$$\Delta L = L\,ф - L \tag{3.10}$$

/27,28/

3.3.5 Ефективність застосування автоматичного контролю на багатоцільових верстатах

Методика розрахунку взята з /11/.

Ефективність застосування автоматичного контролю ми проаналізуємо за рахунок порівняння продуктивності верстата HAAS EC-1600ZT із застосуванням вимірювальної головки і без неї.

Продуктивність технологічного устаткування – кількість однієї продукції, що видається за одиницю часу.

При безперебійній роботі обладнання його продуктивність визначається двома факторами: тривалістю робочого циклу та кількістю виробів, що видаються за цикл.

Розраховуємо приблизно кількість виробів, що виготовляються на верстаті ІП500ПМФ4 за одну операцію за зміну.

Загальна формула розрахунку продуктивності на верстатах типу обробний центр виглядає наступним чином:

$$Q = \frac{480\,j}{\left[t\,p_1\,S + 0{,}4 \cdot S + 1{,}5\right] \cdot 1{,}17 + \sum t\,орг + \frac{70 + 6\,S}{Z}} \tag{3.11}$$

j — вихід придатних деталей

t p_1 — середній час одиничного переходу при обробленні

$$t\;p_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{Si} t\,pi\;Zi}{\sum_{i=1}^{n} Si\;Zi} \tag{3.12}$$

t p — час робочого циклу, коли проводиться обробка, контроль, збирання і т.д.

S – середня кількість переходів, при обробленні однієї деталі

Z — розмір партії оброблюваних деталей

Z = 500

Продуктивність верстата із застосуванням автоматичного контролю за допомогою вимірювальної головки.

Тривалість циклу буде більшою за рахунок додаткових вимірювальних ходів.

S = 9 + 9 = 18

j = 0,99

Z = 500

$$t_{p1} = \frac{((0{,}82+0{,}1)+(0{,}37+0{,}1)+(0{,}0375+0{,}1)+(0{,}125+0{,}1)+(0{,}165+0{,}1)+(0{,}096+0{,}1)+}{18 \cdot 500}$$

$$\frac{+(0{,}023+0{,}1)+(0{,}019+0{,}1)+(0{,}013+0{,}1))\cdot 500}{} = 0{,}23 \text{ хв}$$

$$Q = \frac{480 \cdot 0{,}99}{(0{,}28 \cdot 18+0{,}4 \cdot 18+1{,}5)1{,}17+4{,}95+\frac{70+6 \cdot 18}{100}} = 19 \text{ шт/зміну}$$

Продуктивність без застосування автоматичного контролю на верстаті

S = 11
J = 0,8
Z = 500

$$t_{p1} = \frac{(0{,}82+0{,}37+0{,}375+0{,}125+0{,}165+0{,}096+0{,}023+0{,}019+0{,}013)\cdot 500}{9 \cdot 500} = 0{,}36 \text{ хв}$$

$$Q = \frac{480 \cdot 0{,}8}{(0{,}36 \cdot 9+0{,}4 \cdot 9+1{,}5)\cdot 1{,}17+4{,}95+\frac{70+6 \cdot 9}{100}} = 22 \text{ шт/зміну}$$

За результатами розрахунку видно, що продуктивність верстата без застосування автоматичного контролю вища, ніж із застосуванням.

Але при остаточному аналізі слід враховувати той факт, що виготовлення деталей без автоматичного контролю на верстаті не виключає можливості появи серед них бракованих деталей. Оскільки на багатоцільових верстатах виготовляються складні дорогі деталі, отримання навіть однієї бракованої деталі вкрай небажано.

Ця обставина суттєво пояснює ефективність застосування автоматичного контролю безпосередньо на верстаті.

РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1 Дослідження впливу конструкції ливникової системи на характер розподілу дефектів у виливку після її затвердіння

Використання та особливості сталі типу 35Л

Сталь марки 35Л широко застосовується для виготовлення деталей, що працюють за умов середніх і значних динамічних навантажень. Серед них: тягові елементи, кронштейни, вилки, картери, циліндри, обойми турбін, балансири, маховики, станини прокатних станів і металорізальних верстатів, а також інші важливі компоненти. Її популярність пояснюється високими механічними характеристиками та доброю зварюваністю.

Для забезпечення високої якості виливків необхідно враховувати особливості процесів структуроутворення литої сталі. На ці процеси впливають:

- умови плавки,
- легування та модифікування,
- термічна обробка,
- швидкість охолодження у формах,
- інші технологічні фактори.

Процес формування структури виливків залежить від ряду параметрів, що визначаються властивостями конкретного сплаву, конструкцією та формою виробу. На процеси твердіння значний вплив мають:

- теплофізичні характеристики матеріалу форми та сплаву,
- температура заливання металу та попереднє нагрівання форми,
- металоємність форми,
- середня товщина стінок виливка.

Правильне управління цими параметрами є ключем до отримання якісних і надійних литих виробів зі сталі типу 35Л.

Процеси кристалізації та особливості ливникових систем

Кристалізація литого металу завжди починається біля стінок форми за гетерогенним типом. Величина структурних зон у литті, від якої залежать експлуатаційні властивості готової деталі, визначається технологічними процесами, спрямованими на регулювання кристалізаційних явищ.

Для виготовлення сталевих виливків із різних марок сталі необхідно дотримуватися відповідних вимог під час проєктування ливникових систем.

Ливникова система — це комплекс каналів і елементів у ливарній формі, які забезпечують:

- підведення розплавленого металу до порожнини форми,
- рівномірне заповнення форми,
- живлення виливка в процесі твердіння.

Конструкція ливникової системи та розміри її елементів впливають на такі ключові аспекти технологічного процесу виготовлення виливків:

1. Швидкість заповнення ливарної форми рідким металом.
2. Напрямок потоку рідкої сталі в порожнині форми, що запобігає виникненню дефектів.
3. Рівномірне прогрівання окремих частин форми та виливка, що забезпечує стабільність структури.
4. Спрямованість твердіння металу, яка дозволяє уникнути внутрішніх дефектів.
5. Ефективність використання металу, мінімізація відходів та отримання якісного виливка.

Правильне проєктування та налаштування ливникових систем є важливим фактором для досягнення високої якості литих виробів і забезпечення їхніх експлуатаційних характеристик.

Основні елементи ливникової системи для виготовлення сталевих виливків

Ливникова система забезпечує ефективне транспортування та розподіл рідкого металу в ливарній формі. Вона складається з таких елементів:

1. Ливникова воронка

- Слугує металоприймачем, спрямовуючи рух рідкої сталі у стояк.

2. Стояк

- Вертикальний ливниковий канал, який зверху примикає до воронки, а знизу — до металоприймача (зумпфа).

3. Металоприймач (зумпф)

- Поглиблення під стояком, яке:
  - Пом'якшує удар струменя металу об дно форми.
  - Зменшує ймовірність утворення корольків на початку заливки.
  - Запобігає потраплянню неметалічних включень у потік металу.

4. Ливниковий хід

- Канал, що з’єднує стояк з іншими елементами ливникової системи.

5. Живильники

- Канали, які безпосередньо передають рідкий метал у порожнину ливарної форми.

6. Випор

- Вертикальний канал, розташований у найвищій частині форми, що:
  - Виводить гази з форми.
  - Видаляє неметалеві включення.
  - Дозволяє спостерігати за процесом заповнення форми розплавом.

7. Надлив

- Елемент, що забезпечує живлення виливка рідким металом під час твердннення і усадки.

Особливості заливки форм

Форми для сталевих виливків заливають чайниковими або стопорними ковшами. У конструкції ливникових систем для сталей зазвичай не передбачається уловлювання шлаку, який може випадково потрапити в порожнину каналів.

Правильне проектування ливникової системи сприяє якісному заповненню форми, зменшенню дефектів та забезпеченню необхідних властивостей готового виливка.

Вимоги до проєктування ливникової системи

При розробці ливникової системи необхідно дотримуватись таких ключових вимог для забезпечення якісного виготовлення сталевих виливків:

1. Довжина ливникових каналів
   - Повинна бути мінімально допустимою для зменшення втрат тепла, але достатньою для ущільнення суміші у місцях їх розташування.
2. Напрямок підведення металу
   - Живильники повинні спрямовувати розплавлений метал уздовж поздовжньої осі виливка.
3. Заливка форми
   - Виконувати через канали, які постійно заповнені рідким металом, для уникнення турбулентності та запобігання утворенню дефектів.
4. Підведення розплаву
   - Направляти метал у ті ділянки форми, прогрів яких сприяє посиленню спрямованого твердnення.
5. Розташування ливникових каналів
   - Ливникові канали повинні бути за межами зон стрижнів та на безпечній відстані від стінок виливка й опоки.
6. Відстань до холодильників і жеребійок
   - Живильники мають бути розташовані на достатній відстані від цих елементів, щоб уникнути локального перегріву або охолодження.
7. Односторонній напрямок руху розплаву
   - Забезпечувати рух металу в одному напрямку в порожнині форми для ефективного видалення неметалевих включень у надлив (наприклад, через тангенціальне розташування живильників).
8. Розосереджене підведення металу
   - Метал має подаватися кількома живильниками, особливо до тонкостінних частин виливка, щоб уникнути перегріву товстостінних ділянок.
9. Сифонне підведення металу

- Застосовувати підведення металу через сифон або з мінімальною висотою вільного падіння струменя для зменшення ризику утворення бризок і шлаку.

10. Переріз ливникових каналів

- Переріз каналів повинен мати найменшу площу охолодження — бажано круглий або напівкруглий.

11. Великогабаритні виливки

- Для таких виливків перші порції розплаву мають подаватися сифоном, а наступні — під затоплений рівень. Метал у надлив повинен подаватися через спеціальні канали або доливанням зверху.

Дотримання цих вимог дозволяє забезпечити ефективне заповнення форми, рівномірне тверднення металу та мінімізувати дефекти в готових виливках.

Залежно від способу подачі металу в ливарну форму розрізняють наступні типи ливникових систем:

- Горизонтальна – з живильниками, які розміщені в горизонтальній площині роз'єму ливарної форми.
- Вертикальна – з живильниками, що розташовані у вертикальній площині роз'єму форми відносно її положення під час заливання (до цієї категорії відносяться вертикально-щілинні та ярусні ливникові системи).
- Верхня – система подачі рідкого металу до порожнини ливарної форми зверху.
- Дощова – система подачі металу в форму через велику кількість тонких живильників, є різновидом верхньої ливникової системи.
- Сифонна – система подачі металу в форму знизу через один або кілька живильників.

При розрахунку ливникових систем слід враховувати наступні моменти:

- Розміри та конструкція ливникових каналів визначаються з урахуванням забезпечення оптимального режиму заповнення форми розплавом.

- Залежно від розмірів, маси, форми, матеріалу виливки та прийнятої технології формоутворення потрібно визначити:

1. спосіб заливки форми (з чайникового або стопорного ковша);
2. необхідні місця підведення металу (місця розташування живильників);
3. конструкцію ливникової системи;
4. розташування і довжину ливникового ходу;
5. місце розташування стояка;
6. спосіб доливання надливів.

Розміри ливникових каналів розраховуються за спеціальними методиками. Основним критерієм є оптимальна тривалість заливки форми, адже відхилення від неї може погіршити якість виливків і призвести до утворення дефектів, таких як спаї, ужимини, газові раковини, пористість та інші.

Залежно від конфігурації, товщини стінок і розмірів сталевого виливка застосовуються різні ливникові системи, які класифікуються за розташуванням живильників:

- з боку по роз'єму форми з частковим вільним падінням потоку розплаву в порожнину форми;
- знизу сифоном;
- зверху вільним падінням потоку розплаву;
- комбіновані – на різних рівнях порожнини форми;
- вертикальні – у вигляді щілинного каналу.

Розташування живильників збоку по роз'єму форми використовується при машинному формуванні дрібних, середніх і великих виливків з вуглецевих та низьколегованих сталей, коли вільне падіння потоку металу не перевищує 100...200 мм. У цих випадках потік сталі з живильників не повинен обмивати плоскі стінки форми, розташовані вище. Високолеговані сталі повинні заливатися сифоном лише під затоплений рівень.

(до 100...200 мм) вільного падіння потоку форми (рис. 4.1).

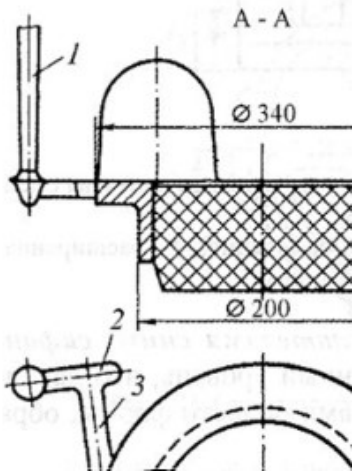


Рисунок 4.1 – Схема ливникової системи для виготовлення виливка «корпус»: 1 – стояк; 2 – ливниковий хід; 3 – живильник; 4 – виливок

Цю технологію також застосовують у випадках, коли присутні бокові надливи, оскільки підведення металу безпосередньо до надлива сприяє створенню умов для спрямованого твердіння виливка (рис. 4.2). У таких ситуаціях важливо уникати вільного падіння потоку розплаву з живильників.

Для подачі металу в ливарну форму знизу, через сифон, використовують метод заливання форми під затоплений рівень, що дозволяє уникнути стікання потоку сталі по стінках порожнини і запобігти утворенню дефектів, таких як ужимини та піщані раковини. Така технологія особливо корисна при виготовленні виливків з великими плоскими поверхнями, а також для виробів, дефекти яких важко виправити заварюванням після механічної обробки. Прикладом таких виробів є зубчасті колеса, зубчасті муфти, тонкостінні гальмівні шківи та інші (рис. 4.3).

рооки. Прикладом таких виливків є зуочасті к
костінні гальмівні шківи та ін. (рис. 4.3).

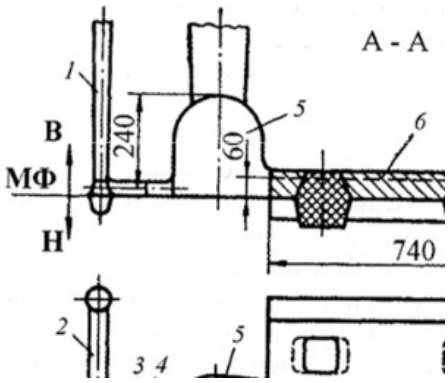


Рисунок 4.2 – Схема ливникової системи для виготовлення виливка «Плита»:
1 – стояк; 2 – ливниковий хід; 3 – живильник; 4 – розширена частина живильника;
5 – надлив; 6 – виливок

«Плита» зі сталі 110

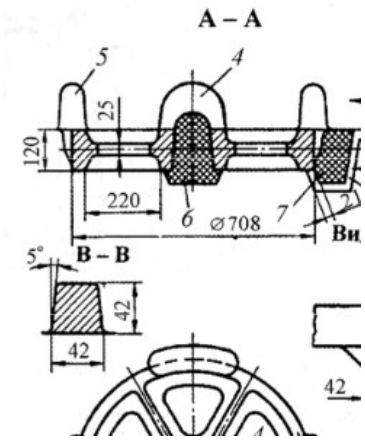


Рисунок 4.3 – Схема ливникової системи для виготовлення виливка «Колесо»:
1 – стояк; 2 – ливниковий хід; 3 – живильник;
4,5 – надливи; 6,7 – стрижні

Підведення металу до ливарної форми зверху має обмежене застосування і використовується, переважно, для виготовлення великих виливків з вуглецевих та складно легованих сталей. В такому випадку метал підводять до кільцевого або швидко відокремлюваного надлива, за умови невеликого падіння потоку розплаву в порожнину форми (до 100 мм при машинному

формуванні «по-сирому»). При цьому потік металу не повинен зіткнутися зі стінками форми.

Комбіноване підведення металу до ливарної форми здійснюється на різних рівнях порожнини з метою рівномірного розподілу металу по висоті форми, а також для створення умов спрямованого твердіння виливка, що досягається послідовним заповненням порожнини живильниками, починаючи з нижнього ряду і поступово рухаючись вгору. Цей метод застосовується при виготовленні великих виливків. Подача металу на різні рівні досягається за допомогою багаторядних ливникових систем.

Багаторядні ливникові системи проектуються з використанням одного або кількох стояків, які одночасно з'єднуються з двома або більше окремими ливниковими ходами (рис. 4.4), у вигляді кількох незалежних рядів або у вигляді комбінації двох вищезгаданих методів.

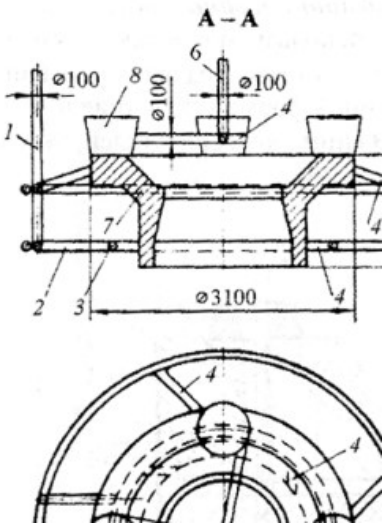


Рисунок 4.4 – Схема побудови багаторядної ливникової системи для виготовлення виливка «Фланець»: 1 – стояк I та II рядів; 2 – проміжний канал; 3 – ливниковий хід I ряду ; 4 – живильник; 5 - ливниковий хід II ряду; 6 – стояк; 7 – виливок; 8 – надлив

Підведення металу до ливарної форми за допомогою вертикального щілинного живильника використовують переважно при виготовленні виливків для гальмівних шківів, зубчастих муфт, зубчастих коліс та інших подібних виробів.

Проаналізувавши відомі конструкції ливникових систем для виготовлення заготовки «Фланець», було обрано багаторядну ливникову систему. Така система забезпечує рівномірний розподіл металу по висоті форми та створює умови для спрямованого твердненння виливка в ливарній формі завдяки послідовному заповненню порожнини починаючи з нижнього ряду живильників, а потім — наступними рядами в напрямку знизу вгору. Цей підхід дозволяє уникнути стікання потоку сталі по стінках порожнини форми та утворення дефектів, таких як ужимини і піщані раковини.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Основні засади забезпечення охорони праці на підприємстві

1. Загальні положення

Для забезпечення здорових умов праці, підтримання високої працездатності, попередження травматизму, професійних захворювань та інших негативних впливів на здоров'я, на підприємствах, в установах і організаціях будь-якої форми власності повинні бути впроваджені єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів. Ці вимоги охоплюють діяльність працівників, а також стандарти якості машин, обладнання, будівель та інших об'єктів, які можуть мати потенційно шкідливий вплив на здоров'я.

Державні стандарти, технічні умови та промислові зразки повинні обов'язково узгоджуватися з органами охорони здоров'я згідно з чинним законодавством. Керівники та власники підприємств несуть відповідальність за дотримання правил техніки безпеки, виробничої санітарії та інших норм охорони здоров'я. Вони зобов'язані забезпечити безпечні умови праці та уникати будь-якого негативного впливу на здоров'я працівників (ст. 28 Основ законодавства України про охорону здоров'я).

2. Обов'язки роботодавця

Власник підприємства повинен створити в кожному структурному підрозділі та на робочому місці умови праці, що відповідають нормативним актам. Крім того, він зобов'язаний забезпечити виконання прав працівників, які гарантовані чинним законодавством, та суворо дотримуватися встановлених вимог охорони здоров'я і техніки безпеки.

Типове положення про службу охорони праці затверджене наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 року № 255. У разі наявності на підприємстві понад 50 працівників створюється служба охорони праці. Для підприємств, де працює менше 50 осіб, ці обов'язки можуть виконуватися на умовах сумісництва або суміщення працівниками, які мають відповідну підготовку. На підприємствах із кількістю

працівників менше 20 осіб функції охорони праці можуть виконуватися залученими сторонніми фахівцями на договірних засадах. Такі фахівці повинні мати не менше трьох років виробничого досвіду та пройти навчання з охорони праці. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю, а її ліквідація допускається лише при закритті підприємства або припиненні використання найманої праці фізичною особою.

2. Завдання та функції служби охорони праці

У разі відсутності впровадженої системи якості відповідно до стандарту ISO 9001, служба охорони праці займається розробкою та впровадженням ефективної системи управління охороною праці. Вона також сприяє вдосконаленню роботи кожного підрозділу та працівника у цьому напрямку. Основні обов'язки включають:

Надання експертної підтримки роботодавцю у питаннях охорони праці.

Організація профілактичних заходів для усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим загрозам здоров'ю або життю працівників.

Вивчення та впровадження сучасних досягнень науки і техніки, прогресивних безпечних технологій та засобів індивідуального і колективного захисту.

Контроль за дотриманням законодавства та нормативних актів з охорони праці, включаючи положення колективного договору та внутрішніх регламентів підприємства.

Надання працівникам підприємства консультацій та роз'яснень щодо питань охорони праці.

3. Профілактика та контроль

Служба охорони праці організовує заходи з попередження ризиків для здоров'я та безпеки працівників, впроваджує сучасні технології та контролює дотримання вимог охорони праці усіма співробітниками підприємства. Всі дії

спрямовані на забезпечення безпечних умов праці та збереження здоров'я працівників.

5.2 Ідентифікація професійних ризиків

Ідентифікація небезпек та екологічних аспектів на виробничій дільниці здійснюється згідно з локальним нормативним документом, що регламентує порядок виявлення екологічних аспектів, промислових небезпек і потенційних ризиків. Для цього використовуються математичні моделі та репрезентативні статистичні дані для побудови відповідних показників.

Процес ідентифікації та оцінки ризиків базується на зборі інформації про діяльність. Під час цього враховуються наступні аспекти:

- Джерела проблем (як зовнішніх, так і внутрішніх), що стосуються якості процесів діяльності або продукції.
- Регулярна та нерегулярна діяльність підприємства.
- Оптимальний технологічний режим, режими зупинки та запуску обладнання, інциденти та аварії.
- Інфраструктура, сировина та матеріали.
- Діяльність суміжних підрозділів, підприємств, підрядників і споживачів.
- Умови праці (рівень шуму, вібрації, наявність шкідливих речовин у робочій зоні).
- Вплив на навколишнє середовище (скиди, викиди, відходи).
- Події (інциденти, нещасні випадки, аварії), які вже мали місце на підприємстві або можуть бути реально передбачені.

Цей підхід дозволяє проводити комплексну оцінку ризиків для розробки ефективних заходів з мінімізації їхнього впливу на працівників, виробничі процеси та навколишнє середовище.

До можливих ризиків можна віднести:

- Неправильне використання засобів індивідуального захисту (СІЗ), включаючи використання пошкоджених, несертифікованих або таких, що не відповідають розміру чи виявленим небезпекам.
- Падіння предметів, послизання на слизькій поверхні.
- Неадекватна поведінка осіб, виникнення пожежі, аварій чи захворювань персоналу.
- До причин реалізації цих ризиків належать:
- Несправність обладнання.
- Надзвичайні ситуації природного чи техногенного характеру.
- Сон на робочому місці, помилки проектування.
- Принесення чи використання заборонених речовин (легкозаймисті рідини та інші небезпечні матеріали).
- Психічні розлади, пандемії.

Такі ситуації можуть призвести до травм або захворювань через відсутність належного захисту від шкідливих чи травмуючих факторів.

5.3 Методи і засоби зниження професійних ризиків

Виявлені потенційні ризики заносяться до реєстру, який надається для ознайомлення всім працівникам, на яких вони поширюються. Працівники підтверджують ознайомлення власноручним підписом у журналі. За необхідності реєстри ризиків розміщуються на інформаційних дошках або в електронній формі. Реєстри зберігаються у розробника протягом не менше трьох років.

Для зниження ризиків необхідно забезпечити:

- Точне дотримання технологічного регламенту та виконання інструкцій щодо робочих місць і охорони праці.
- Справність обладнання, арматури, трубопроводів, контрольно-вимірювальних приладів, систем аварійної сигналізації та блокування.
- Негайне усунення витоків горючих чи агресивних газів і рідин.

- Регулярну перевірку стану та комплектності засобів індивідуального захисту (СІЗ). Відповідальна особа за облік і контроль СІЗ призначається локальним нормативним актом.

Рекомендовані заходи:

- Навчання персоналу за програмою цивільного захисту та дій у надзвичайних ситуаціях.
- Проведення інструктажів, перевірка знань і збирання статистичних даних.
- Виконання правил протипожежного режиму.
- Використання захисних засобів (масок, рукавичок, антисептиків).
- Заборона використання несправних інструментів та обладнання.

Під час обслуговування машин і механізмів з електричним приводом слід дотримуватися заходів електробезпеки. Усі струмопровідні частини повинні бути закриті, а доступ до них виключений. Рухомі частини машин повинні бути оснащені справними огорожами. Використання машин без захисних огороджень заборонено.

Для забезпечення безпеки виробничий майданчик необхідно оснастити:

- Системою вентиляції.
- Системами холодо- та теплопостачання.
- Системою водопостачання та каналізації.
- Системами енергопостачання та контролю загазованості.
- Пожежною та охоронною сигналізацією.

5.4 Забезпечення пожежної безпеки

Пожежа є одним із найімовірніших джерел аварійних ситуацій техногенного характеру. Вона може виникнути на виробничій ділянці, поширюючись через горючі матеріали на облицюванні стін, технологічні отвори, а також на покрівлю будівлі. Швидкість поширення вогню становить від 0,6 до 1,0 м/хв. При пожежі можливе інтенсивне виділення диму від горіння

полімерних і синтетичних матеріалів, що створює ризик отримання опіків або отруєння продуктами горіння для працівників.

Для порятунку постраждалих залучаються пожежні служби та працівники підприємства. Перша медична допомога надається із використанням обладнання автомобіля швидкої допомоги. Найефективнішим способом гасіння пожежі є подача суцільних струменів води для охолодження і ліквідації вогню. Подачу води здійснюють через пожежні гідранти за допомогою насосів.

Особливості включають, що гасіння обладнання під напругою дозволено лише після повідомлення про його відключення від електромережі, а всі рухомі та струмопровідні частини повинні бути надійно ізольовані або закриті.

Системи безпеки повинні включати вентиляцію, систему контролю загазованості, пожежну сигналізацію, автоматичне пожежогасіння, евакуаційні виходи з належним маркуванням.

Приміщення виробничої дільниці обладнані пожежною сигналізацією, що складається з димових пожежних сповіщувачів «AJAX FireProtect Plus». Сповіщувачі підключені послідовно в один шлейф. Додатково всі евакуаційні шляхи оснащені ручними пожежними сповіщувачами ІПР-Р2. Автоматичні сповіщувачі закріплені на перекриттях, а ручні — на стінах і конструкціях на висоті 1,5 метра від підлоги. Обладнанням для зчитування показань сповіщувачів є приймально-контрольний прилад «AJAX Hub Plus».

Пожежа можлива в будь-якому приміщенні виробничої дільниці. Перекриття виготовлене з металевих листів і щитів. Зовнішні стіни і перегородки виконані з керамічної цегли. Товщина зовнішніх стін становить 0,75 м зі штукатуркою, яка має межу вогнестійкості не менше 45 хвилин. Стіни пофарбовані водоемульсійною фарбою. Приміщення можливого виникнення пожежі характеризується значним горючим навантаженням. Пожежа може поширюватися у будь-якому напрямку, вогонь проникатиме через отвори в конструктивних елементах будівлі, що спричинить займання легкозаймистих елементів приміщень. Поширення полум’я здебільшого відбувається у вертикальній площині та у напрямку відкритих прорізів. Насладання пилу у

вентиляційних шахтах у разі їх займання призведе до підвищення рівня задимлення. Внаслідок тривалого впливу високої температури можливе порушення цілісності конструкції та обвалення перекриття даху над зоною пожежі. Дим може проникати в усі приміщення виробничої дільниці. Капітальні елементи приміщення обмежуватимуть тепловий вплив. Теплове випромінювання буде найсильнішим поблизу осередку пожежі, віконних і дверних прорізів, біля стелі приміщення, де відбувається горіння.

До причин можливого виникнення пожежі можна віднести: замикання в електромережі; перевантаження при механічній обробці на верстатах; паління у недозволеному місці; недотримання правил протипожежного режиму; некомпетентність персоналу.

Для зниження ризиків необхідно дотримуватися правил протипожежного режиму, проводити інструктажі та періодичну перевірку знань. Виробничу дільницю необхідно оснастити інженерними системами: вентиляцією, системами холодопостачання та енергопостачання, системою контролю загазованості, пожежною та охоронною сигналізацією. Приміщення слід забезпечити первинними засобами пожежогасіння: пожежними гідрантами, вогнегасниками, ємностями з піском, пожежними мотузками, карабінами, респіраторами, протигазами, баграми, лопатами і сокирами. Також необхідно встановити автоматичну систему пожежогасіння.

ВИСНОВКИ

У цій дипломній роботі були використані раніше отримані знання щодо визначення технологічності деталі, вибору баз, методів обробки, з розрахунку режимів різання та норм технологічного часу.

Розроблений маршрутно-операційний технологічний процес містить операції з обробки заготовки з розрахунком режимів різання, технологічного часу.

Було порівняно два технологічні процеси та визначено економічну ефективність кожного за нормою штучного та штучно-калькуляційного часу.

Були розглянуті питання безпеки та екологічності роботи. Також було проведено аналіз базового та проектованого варіантів технологічного процесу за економічними показниками . Так як в проектованому варіанті ЧДС=1400 р., а термін окупності 4,3 року, цей проект вважатимуться економічно доцільним.

Вивчено методи випробування виробів на герметичність (дефектність). Для виконання дипломного проекту використовувалися такі програми, як: Microsoft Word, Microsoft Excel, SolidWorks.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносов А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

2. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

3. Багрій В. Г., Коржик С. М., Лисенко В. І. "Технологія машинобудування". Навчальний посібник. – Київ: Наукова думка, 2018. – 432 с.

4. Зайцев А. М. "Основи проектування технологічних процесів машинобудування". – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 300 с.

5. Ляшенко О. В., Середа В. П. "Методи аналізу та оптимізації технологічних процесів". – Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2017. – 356 с.

6. Григоренко Ю. М. "Технологія обробки металів різанням". – Дніпро: ДНУ, 2019. – 290 с.

7. ДСТУ EN 13788:2008. Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні. – Київ: Держстандарт України, 2008.

8. ДСТУ ISO 6309:2007. Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007.

9. Ніконов П. М. "Механіка матеріалів та основи конструювання в машинобудуванні". – Одеса: ОНМУ, 2015. – 275 с.

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

11. Гуленко І. П. "Абразивна обробка поверхонь: нові підходи". Стаття. – Журнал "Машинобудівні технології", 2021. – №3. – С. 45–56.

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

13. Сапон С. А. "Основи технології машинобудування". – Харків: Вид-во ХПІ, 2018. – 398 с.

14. Резник О. П. "Технологічні основи обробки металів різанням". – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 275 с.

15. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – Київ: Міністерство праці та соціальної політики України, 1998.

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

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

18. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio.