

Хмельницький національний університет
Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун
правий 1116.407» із застосуванням верстатів з 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

Спеціалізація: Технології машинобудування
Назва

Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 24306

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-24-1
Шифр

Підпис

Ілля КАМІНСЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник д.т.н., професор
Науковий ступінь, звання

Підпис

Анатолій ГОРДЄЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології
машинобудування
Назва

Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


20.12.25

Дата

Хмельницький 2025

Хмельницький національний університет
факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Шифр і назва
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Шифр і назва
Освітня програма Технології машинобудування
Шифр і назва
Спеціалізація Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технології машинобудування
 2. 09. 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Камінському І. В.

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі
«Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК»

керівник проекту (роботи) Гордєєв А.І., д.т.н., професор
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 20__ р. № _____

2 Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.12.2025 р

3 Вихідні дані до проекту (роботи): Обзор літературних джерел. Креслення деталі.

4 Зміст пояснювальної записки: Вступ. Загальний розділ. Технологічний розділ.

Конструкторський розділ. Дослідницький розділ. Охорона праці. Висновки.


5 Перелік графічного матеріалу: 1 Загальний лист – 1 лист А1; Креслення деталі – 1 лист А2; 2 Креслення заготовки – 1 лист А2; 3. Графотехнологія деталі – 1 лист А1; 4. Карта наладки верстата з ЧПК – 1 лист А1; 5. Верстатні пристрої - 2 лист А1; 6. Контрольний пристрій – 1 лист; 7. Дослідницький лист – 1 лист А1.

6 Дата видачі завдання 10.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2025	
Розділ II	15.10.2025	
Розділ III	30.10.2025	
Розділ IV	15.11.2025	
Розділ V	30.11.2025	

Студент  Ілля КАМІНСЬКИЙ
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)  Анатолій ГОРДЄЄВ
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну магістерську роботу Камінського І. В. «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК»»

Тема дипломної магістерської роботи Камінського І. В. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі Повзун правий 1116.407 із застосуванням верстатів з ЧПК.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано технологічний процес виготовлення деталі Повзун правий 1116.407, спроектовано свердлувальний та фрезерний верстатні пристрої, контрольний пристрій для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі.

Графічна частина виконана на високому рівні із застосуванням програмного продукту SolidWorks. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

У розділі охорони праці наведено загальні вимоги протипожежної безпека на машинобудівному підприємстві

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Камінський І. В. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»

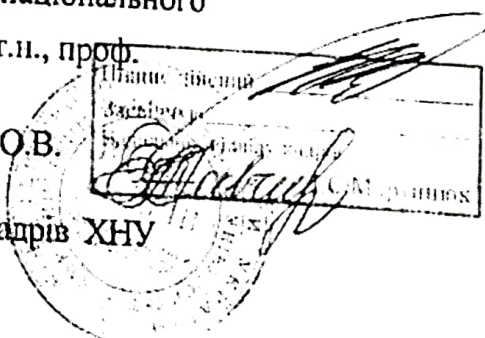
Хмельницького національного
університету д.т.н., проф.

Диха О.В.

Підпис Дихи О.В.

Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ



Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Камінського І. В.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМТм-24-1


ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2024), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та 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 (Strike Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення 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 для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Камінський Ілля Володимирович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Камінський І.В. з 2024 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 16,67 %, добре 66,67 %, задовільно 16,67 %.

шкалою ЄКТС: А 6,67 %, В 46,67 %, С 40,00 %, D 6,67 %, Е 0,00 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Камінський І.В. приготував до захисту дипломний проєкт своєї роботи на тему «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК». За період роботи над проєктом показав добрі механічні знання та вміння вирішувати інженерні завдання. В цілому проєкт оцінюється позитивно.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

Гордєв
(підпис)

А. Гордєв
(ім'я, прізвище)

" 15 " 12 2025 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

технологія машинобудування
(назва)

Ілля Віталійович
(підпис, ім'я, прізвище)

" 15 " 12 2025 р.

Анотація
«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Автор Камінський І. В. Керівник проекту: А. І. Гордєєв
Об'єм пояснювальної записки 70 стор. Графічна частина 7 листів А1.
Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Актуальність роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «Повзун правий 1116.407».

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407».

Об'єкт дослідження – визначення напружень у деталі під робочими навантаженнями, пружні деформації, переміщення поверхонь.

Методи дослідження. Використання аналітичних методів дослідження у SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням верстатів з ЧПК.

2. Розроблено нові конструкції пристроїв для фрезерування і сведлування та пристрій для контролю непаралельності поверхонь.

Ключові слова: технологічний процес оброблення заготовки, проектування, програмний продукт.

Автор проекту: Камінський І. В.
_____ 2025 р.

Abstract

"Improvement of the technological process of manufacturing the part "Right slider 1116.407" using CNC machines"

Author Kaminsky I. V. Project manager: A. I. Gordeev

Explanatory note volume 70 pages. Graphic part 7 sheets A1.

Specialty: 131 Applied mechanics.

Relevance of the work Improving the technological process of manufacturing the part "Right slider 1116.407" using CNC machines is a relevant technological task. The purpose of the work is to improve the technological process of mechanical processing of manufacturing the long part "Right slider 1116.407".

The subject of the study is the technological process of manufacturing the part "Right slider 1116.407".

The object of the study is the determination of stresses in the part under working loads, elastic deformations, surface displacements.

Research methods. Using analytical research methods in SolidWorks.

Scientific novelty of the results obtained.

The technological process of manufacturing the part "Right slider 1116.407" has been improved using CNC machines.

Practical significance

1. A new technology for manufacturing the part "Right slider 1116.407" has been developed.

2. A new design of a milling device and a device for controlling the non-parallelism of surfaces have been developed.

Keywords: technological process of workpiece processing, design, software product.

Author of the project: Kaminsky I. V. 2025

/Signature/

/Date/

<i>№ рядка</i>	<i>Формат</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>Примітка</i>
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
5	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.03.00.00	Графотехнологія	1	
8	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.04.00.00	Карта наладки	1	
9	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.01.00.00 СК	Пристрій для фрезерування	1	
10	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.02.00.00 СК	Пристрій для свердлування	1	
11	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.03.00.00 СК	Пристрій контрольний	1	
12	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.01.01.00.00	Загальний лист	1	
13	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.04.01.00.00	Дослідницький лист	1	
14					
15					

					ДРМ. ПМ.ФІТА.25.00.00.ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив.	Камінський				<i>Відомість роботи</i>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Гордєєв							
Н. Контр.	Бись					ХНУ-ПМТм-24-1		
Затвердив	Ткачук							

ЗМІСТ

	арк.
Зміст	6
Вступ	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	10
1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи.....	10
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	10
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	13
1.5. Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407».....	16
1.6 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень.....	18
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	20
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу	20
2.2 Вибір заготовки та способу її одержання.....	21
2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки.....	21
2.2.2 Визначення параметрів заготовки.....	24
2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення.....	25
2.3.1. Вибір технологічних баз.....	30
2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі.....	31
2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі.....	33
2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на розмір 32H11 та 50d11 33	
2.4.2 Табличний метод призначення припусків.....	40
2.5 Розрахунок режимів різання.....	41
2.5.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на фрезерну операцію 010.....	41
2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання, операція 020 вертикально – свердлильна	43

2.6 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операції	45
2.7 Висновки до розділу 2.....	50
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	51
3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування.....	51
3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів.....	51
3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою.....	51
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	55
3.1.4 Розрахунок пристрою на точність.....	55
3.1.5 Опис роботи пристрою для фрезерування	56
3.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору	59
3.2.1 Схема базування та вибір установочних елементів.....	59
3.2.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою.....	59
3.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	62
3.2.4 Розрахунок пристрою на точність.....	62
3.2.5 Опис роботи пристрою для фрезерування	63
3.3 Проектування контрольного пристрою.....	64
3.3.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю...	64
3.3.2 Вибір схеми контролю заданого параметру	65
3.3.3 Розрахунок пристрою на точність	65
3.3.4 Принцип роботи пристрою.....	67
3.4 Висновки до розділу 3.....	67
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	68
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
ДОДАТКИ.....	85

Вступ

Технологія машинобудування – наука, яка вивчає, та встановлює закономірності протікання процесів обробки.

Ця наука вивчає виготовлення різноманітних деталей, зазначеної якості в встановленою програмою випуску, кількості, при найменших витратах матеріалів та при забезпеченні найбільш високих техніко-економічних показників.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, що виробляється, залежить від розвитку нового устаткування, машин, верстатів і апаратів, запровадження нових методів техніко–економічного аналізу.

Дипломна робота закріплює, поглиблює і узагальнює знання, отримані під час лекцій і практичних занять, вчить користуватися довідковою літературою, таблицями, номограмами, нормами, розцінками, вміло поєднує довідникові дані з теоретичними знаннями, отриманими під час вивчення курсу.

Удосконалення технологічних методів виготовлення машин набуває при цьому першочергового значення. Якість машин, надійність, довговічність і економічність в експлуатації залежать не тільки від досконалості її конструкції, але й від технології виробництва. Використання прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машин, методів зміцнення робочих поверхонь, які підвищують ресурс роботи деталей і машин в цілому.

Ефективне використання сучасних автоматичних і поточних ліній, верстатів з програмним управлінням, електронно – обчислювальних машин та іншої нової техніки, використання прогресивних форм організації і економіки виробничих процесів – все це направлене на вирішення головних задач: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Сукупність всіх дій людей та знарядь виробництва, зв'язаних з переробкою сировини в заготовці, готові деталі, збірні дільниці та готові деталі на даному підприємстві називається виробничим процесом.

Актуальність роботи. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» з використанням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «Повзун правий 1116.407».

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407».

Об'єкт дослідження – визначення напружень у деталі під робочими навантаженнями, пружні деформації, переміщення поверхонь.

Методи дослідження. Використання аналітичних методів дослідження у SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» з використанням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» з використанням верстатів ЧПК.

2. Розроблено нові конструкції пристроїв для фрезерування, свердлування та пристрій для контролю непаралельності поверхонь.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи

Завданням магістерської роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки при виготовленні деталі «Повзун правий 1116.407» Для цього необхідно удосконалити технологічний процес виготовлення деталі з використанням верстатів з ЧПК.

Крім розробки технологічних процесів, в магістерській роботі слід спроектувати спеціальне обладнання для обробки поверхонь та контрольний пристрій для контролб паралельності поверхонь.

На додаток до технологічної та конструкторської частини необхідно виконати дослідницьку частину, в якій представити розрахунки на міцність та визначення напружень і переміщення окремих поверхонь деталі під навантаженням в процесі роботи.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

При аналізі технологічності деталі «Повзун правий 1116.407» проробляємо її конструкцію з метою максимальної уніфікації елементів (розмірів площин, отворів, фасок та ін.), вибираємо і проставляємо розміри згідно вимог ЕСКД, визначаємо оптимальні допуски на розміри та шорсткість поверхонь згідно умов роботи і призначення даної деталі.

Деталь «Повзун правий 1116.407» являється важливим елементом при передачі руху від приводу кривошипно-шатунного механізму до робочого інструменту.

Конфігурація контуру деталі та її призначення зумовлюють отримання заготовки методом кування (поковка), що забезпечить технологічність обробки необхідних поверхонь, або відрізкою від плоского прокату (товстих листів).

Поверхні деталі, що підлягають механічній обробці на металорізальному обладнанні не викликають особливої складності, їх отримання із заданою точністю та чистотою, згідно вимог креслення. Всі поверхні можемо обробити доступними недорогими інструментами. Деталь достатньо технологічна, допускає можливість застосування високопродуктивних режимів обробки на універсальному та спеціальному обладнанні.

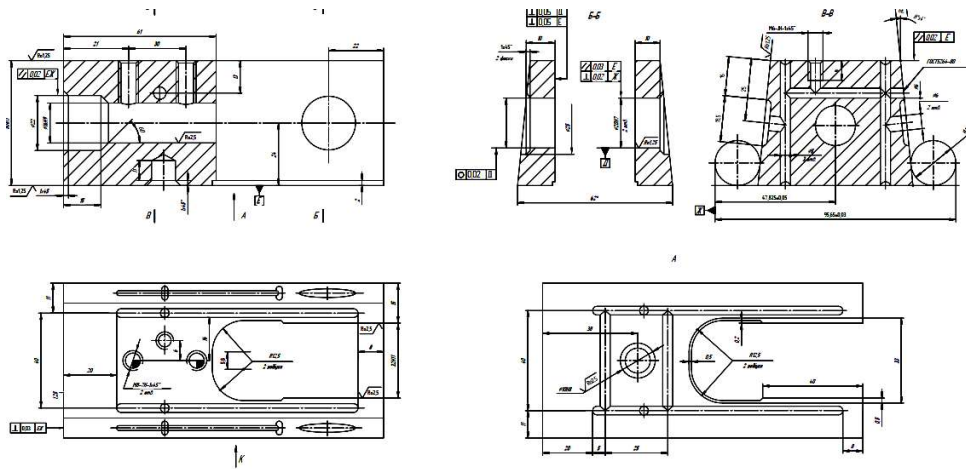


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд деталі «Повзун правий 1116.407»

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

В цілому деталь «Повзун правий 1116.407» має не складну форму і утворена з елементарних плоских та циліндричних поверхонь і не вимагає складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

« Коефіцієнт точності.

$$K_{Tq} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{375}{34} = 11, \quad K_{Tq} = 1 - \frac{1}{11} = 0,9.$$

де T – клас точності обробки; n_i – кількість розмірів відповідного класу точності.

Деталь по коефіцієнту точності є досить технологічною, так як $K_{Tq} \approx 1$.

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}}, \quad Ш_{CP} = \frac{\sum Ш \cdot n_{IM}}{\sum n_{IM}} = \frac{148.5}{34} = 4.4, \quad K_{Ш} = \frac{1}{4.4} = 0.22.$$

де Ш – клас шорсткості поверхні; n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості» [5].

Так як $K_{Ш}$ низький то можна сказати, що деталь по $K_{Ш}$ є технологічна.

Виходячи якісного та кількісного аналізу, робимо висновок про те, що деталь «Повзун правий 1116.407» є технологічною.

Матеріалом для виготовлення деталі являється конструкційна Сталь 38Х2МЮА ДСТУ 7809:2015, яка є конструкційним матеріалом, і здатна задовольнити вимоги до деталі.

Основні характеристики представлені у табл. 1.1 та 1.2

Необхідно проаналізувати матеріал, з якого виготовлена деталь повзуна.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 38ХМЮА ДСТУ 7809:2015

C%	Al%	Cr%	Mo%
0,38	0,8	1	1

Сталь 38ХМЮА це конструкційна сталь, добре обробляється різними методами, добре шліфується та полірується.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 38ХМЮА ДСТУ 7809:2015

σ_T МПа	σ_{BP}, σ МПа	ψ %	σ_{-1}	НВ
450	1100	9	45	220-235

«Повзун правий 1116.407» з точки зору технології механічної обробки не представляє собою великої складності. Форма деталі забезпечує можливість отримати заготовку з мінімальними припусками під механічну обробку і з хорошими чорновими базами під першу механічну обробку.

Нетехнологічна деталь з точки зору нарізання тонких довгих масляних каналів та свердлування глибоких отворів малою діаметру.

В іншому деталь достатньо технологічна, має хороші базові поверхні для першої операції і досить проста по конструкції. Внутрішні поверхні тіл обертання дозволяють застосовувати багатопозиційні способи обробки.

На завершення аналізу конструкції деталі слід відмітити, що конструкція деталі допускає отримати заготовку з мінімальними припусками, що скорочує кількість переходів для оброблення поверхонь.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Характер технологічного процесу і його побудова залежить від вибраного типу виробництва і відповідної йому форми організації роботи.

До того чи іншого типу - одиничного, серійного чи масового, виробництва деталі відносять умовно по кількості деталей, що обробляються ваги та їх типорозмірів.

Прийнято умовно, що до одиничного виду виробництва відноситься виробництво деталей малих типорозмірів (легких) кількістю до 100 штук за рік, до серійного виробництва - відповідно від 100 до 50000 деталей за рік, і, на кінець, до масового типу виробництва - більше 50000 штук за рік. По цих причинах виробництво деталі «Повзун» повинно бути віднесене до серійного типу виробництва, при якому виготовлення виробів виконується партіями чи серіями виробів, що запускаються в виробництво одночасно (річна програма виробництва 2000 штук). Величина партії деталей, що одночасно запускаються в виробництво встановлюється в залежності від різноманітності номенклатури

виробів, що виготовляються; тривалості обробки і зборки; складності, тривалості і вартості наладки станків; наявності запасу матеріалів і т. д.

Для визначення оптимальної величини партії користуються формулою залежності її від одноразової кількості даних деталей за виробничою програмою (D), кількості робочих днів в році (Φ), і числа днів занесення деталей на склад (t):

$$n = \frac{D \cdot t}{\Phi}, \quad [1] \quad (1.1)$$

де n - кількість деталей в партії

$D = 2000$ шт. – виробнича програма;

$\Phi = 260$ днів. – кількість робочих днів в році.

Можна рахувати нормальними запаси деталей на проміжних складах для серійного виробництва - до 10-денної потреби.

Таким чином:

$$n = \frac{2000 \cdot 10}{260} = 76 \text{ шт.}$$

Кількість деталей в партії визначає степінь розвитку серійного виробництва - серійне виробництво.

Цьому типу виробництва притаманна предметна форма організації виробництва: верстати розміщуються в послідовності технологічних операцій, встановлених для деталей, що обробляються на даній верстатній лінії. Час виконання операції на окремих верстатах може бути не узгоджено з часом операції на інших верстатах, деталі під час роботи збираються в тару та транспортуються на другий верстат для виконання чергової операції.

Переналагодження верстатів, пристосувань та інструментів, а також переналагодження виробничого процесу при переході на обробку схожих деталей інших партій забезпечується попередньою технічною підготовкою і розрахунком норми часу по кожній операції.

Форма організації виробництва залежно від коефіцієнту:

$$K_3 = \frac{N_C}{Q_C}, \quad (1.2)$$

де N_C - добове виготовлення виробів, *шт.*:

$$Q_C = \frac{F_C}{T_{cp}} \cdot \eta_3, \quad N_C = \frac{N}{254}, \quad (1.3)$$

де 254 - кількість робочих днів за рік.

$$N_C = \frac{2000}{254} = 78 \text{шт.}$$

Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_C = \frac{F_C}{T_{cp}} \cdot \eta_3, \quad (1.4)$$

де $F_C = 952$ *хв.*, добовий фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі роботи;

T_{cp} - середня трудомісткість основних операцій, *хв.*;

η_3 - коефіцієнт завантаження обладнання.

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ui}}{n} = \frac{28,746}{14} = 2,1 \text{хв.},$$

де n - кількість основних операцій;

$$Q_C = \frac{952 \cdot 0,80}{2,1} = 362 \text{шт.}$$

Для серійного виробництва $\eta_3 = 0,75 - 0,8$.

Приймаємо $\eta_3 = 0,80$.

Такт виробництва:

$$t_{\theta} = \frac{60 \cdot F_{\partial}}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{2000} = 120 \text{хв.}$$

$$K_3 = \frac{78}{362} = 0,215 \approx 0,25.$$

Форми організації виробничих процесів залежить від встановленого порядку виконання операцій технологічного процесу, розташування

технологічного обладнання, кількості виробів та спрямування їх руху в процесі виробництва. Встановлені дві форми організації технологічних процесів - групова та поточна. Так як заданий добовий випуск виробів менше добової продуктивності потокової лінії, то застосовуємо форму організації технологічного процесу - групову, при якій запуск виробів проводиться партіями різної номенклатури, що являється ознакою серійного виробництва» [5].

1.5 Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407»

Для удосконалення технологічного процесу запропоновано застосувати на операціях оброблення верстати з ЧПК.

Для виконання операцій 020, 040, 045 приймаємо верстат вертикальний оброблюючий центр VF-1 фірми HAAS. Дана модель має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки: фрезерування, свердлування. Загальний вигляд верстата VF1 показано на (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд верстата VF-1

Для виконання операції 015 та 025 приймаємо верстат вертикально свердлувальний моделі 2P135Ф2 – 1.

о верстата 2P135Ф2

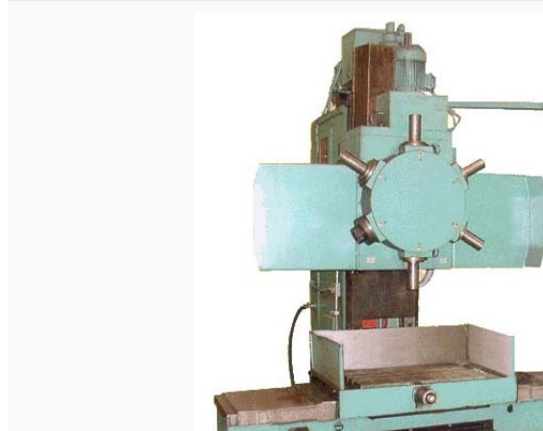


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд верстата 2P135Ф2 – 1

«Технічна характеристика верстата 2P135Ф2 – 1

Максимальний умовний діаметр свердління	35
Кількість шпинделів револьверної головки	6
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	35,5-1600
Максимальний крутний момент на шпинделі, Н м	200
Швидкість швидкого переміщення супорту, м/хв	4
Швидкість швидкого переміщення столу м/хв	7
Осьове зусилля на шпинделі, Н	15 000
Найбільші програмовані переміщення:	
- вісь X	630
- ось Y	360
- вісь Z	560
Споживана потужність, кВт	9,8»

[20]

Для виконання операції 050 приймаємо верстат вертикальний оброблюючий центр DM-1 фірми HAAS. Дана модель має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки: фрезерування, свердлування, різбонарізання.

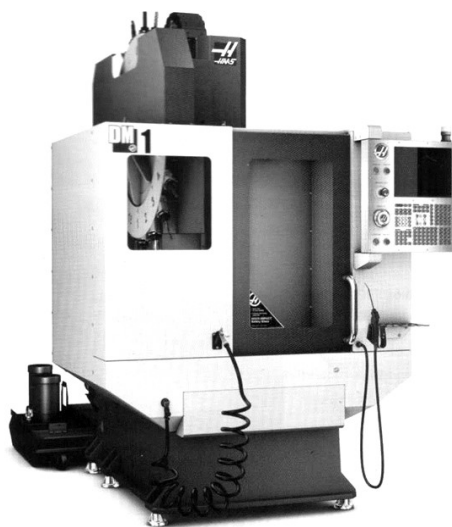


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд верстата з ЧПК свердлильно-різбонарізний центр DT-1

За нормальних умов експлуатації один верстат з ЧПК може замінити від двох до шести верстатів загального призначення, значно скорочуючи час підготовки виробництва і тривалість виробничого циклу, а також підвищуючи гнучкість.

1.6 Висновки та дослідницькі цілі до розділу 1

Аналіз технологічності конструкції деталі «Повзун правий 1116.407» показує, що деталь є технологічною, а її конструктивні параметри дозволяють зручний підвод інструменту, до поверхонь, що оброблюються.

На основі типових технологічних процесів необхідно:

1. Розробити удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» з використанням верстатів з ЧПК;
2. Спроекувати верстатні пристрої ;
3. Спроекувати контрольний пристрій;

4. У дослідному розділі провести розрахунки у програмному продукті SolidWorks на міцність та визначення напружень і переміщення окремих поверхонь деталі під навантаженням в процесі роботи.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Проаналізовано існуючий технологічний процес механічної обробки «Повзун правий 1116.407» з точки зору забезпечення якості продукції, зниження собівартості та підвищення продуктивності праці.

Згідно з базовим технологічним процесом обробки деталей, більшість верстатів, що використовуються для основного маршруту обробки, є старими і вже відпрацювали свій термін експлуатації, що призводить до частих поломок і збоїв, а також витрат, пов'язаних з ремонтом обладнання та браком. Оскільки технічні можливості цього обладнання досить обмежені, нові технологічні процеси вимагають використання сучасних багатоцільових верстатів з ЧПК, тобто верстатів фірми HAAS (США), які дозволяють сконцентрувати роботу на одному-двох верстатах і підвищити точність обробки.

Аналіз базового (існуючого) на виробництві технологічного процесу згідно заданої річної програми виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» дає такі висновки:

необхідність об'єднання деяких операцій на одному верстаті;

заміна розточних операцій обробки отвору $\varnothing 20$ мм на зенкування та розвертування.

«Важливу роль у підвищенні продуктивності відіграє асортимент обладнання. Впровадження прогресивних верстатів дозволяє підвищити продуктивність і точність обробки та контролю, полегшити умови праці, скоротити кількість операторів, знизити необхідну кваліфікацію, суворо регламентувати робочий час, розширити технічні можливості обладнання та підвищити безпеку праці» [3].

2.2 Вибір заготовки деталі та способу її одержання

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготівки

Вірний вибір заготовки здійснює безпосередній вплив на можливість побудови технологічного процесу виробництва як окремих деталей, так і виробу в цілому; сприяє зниженню питомої металоємності машин та зменшенню кількості відходів.

Спосіб отримання заготовки визначаємо на основі креслення деталі, результатів аналізу її призначення та технічних вимог. Виходячи з конструкції деталі та матеріалу, з якого вона виготовляється, її ваги та функціонального призначення можна обрати заготовку для деталі "Повзун" з прокату або ковану. Перевагу слід надавати заготовці, що характеризується кращим використанням металу та меншою її собівартістю.

«Собівартість заготовки з листового прокату:

$$S_{\text{заг.}} = M + \sum C_{\text{о.з.}}, \quad (2.1)$$

де M - витрати на матеріал заготовки, грн;

$\sum C_{\text{о.з.}}$ - технологічна собівартість операцій правки, різки їх на окремі заготовки.

$$C_{\text{о.з.}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot T_{\text{шт(шт-к)}}}{60 \cdot 100}, \quad (2.2)$$

де $C_{\text{п.з.}}$ - приведені витрати на робочому місці, кон/годину;

$T_{\text{шт(шт-к)}}$ - штучний або штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції (правки, калібрування, різки, тощо).

Згідно даних, приведені витрати на одну годину роботи обладнання, мають наступні значення:

- різка заготовок товщиною до 140 мм на ножицях моделей 138-169 грн;

- різка на відрізних верстатах, працюючих дисковими пилами 300-350 грн.

Витрати на матеріал визначаємо по масі прокату, необхідного для виготовлення деталі та масі відходів (стружки). При цьому необхідно враховувати стандартні розміри прокату (листів) та відходи в результаті некратності розміщення заготовок на площині:

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.3)$$

де Q – маса заготовок, кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1т. відходів, грн.

Матеріал деталі – Сталь 38Х2МЮА

Маса деталі $q = 1,6$ кг.

Річна програма $N = 2000$ шт.

Виробництво серійне.

Вартість заготовок, що одержуються методами гарячого штампування на молотах, пресах, ГKM визначається за формулою:

$$S_{\text{заг.}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{\phi} \cdot K_m \cdot K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{\text{відх.}}}{1000}, \quad (2.4)$$

де C_i – базова вартість 1т. заготовок, грн;

$K_m, K_c, K_{\phi}, K_m, K_n$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок;

Q – маса заготовки, кг;

$S_{\text{відх}}$ – ціна 1т. відходів, грн.

q – маса готової деталі, кг.

Для визначення оптимального методу отримання заготовки виконуємо розрахунок технологічної собівартості виготовлення заготовок, вартість заготовок та економічний ефект» [2].

Зробимо порівняльний розрахунок двох методів отримання заготовки.

Перший варіант

Заготовка з прокату

Визначаємо вартість заготовки з прокату - Квадрат 100-В 38ХМЮА

Вартість заготовок з прокату розраховується за формулою

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{зо}}, \quad (2.5)$$

Технологічна собівартість заготівельних операцій

$$C_{\text{оз}} = \frac{C_{\text{нз}} + T_{\text{ум}}}{60 \cdot 100}$$

$$C_{\text{оз1}} = \frac{121 \cdot 2,0}{60 \cdot 20} = 0,04$$

$$C_{\text{оз2}} = \frac{225 \cdot 3,1}{60 \cdot 100} = 0,12$$

$$\sum C_{\text{оз}} = C_{\text{оз1}} + C_{\text{оз2}} + \dots + C_{\text{озn}} \quad (2.6)$$

$$\sum C_{\text{оз}} = 0,04 + 0,12 = 0,16 \text{ грн.}$$

Затрати на матеріал заготовки

$$M = QS - (Q - q) \left(\frac{S_{\text{омх}}}{1000} \right), \quad (2.7)$$

де Q- маса заготовки 10,7 кг; S – вартість 1 кг матеріалу в грн.. 2,5 грн/кг;

q – маса деталі 4,4 кг.; $S_{\text{відх}} = 250$ грн/т

$$M = 10,7 \cdot 2,5 - (10,7 - 4,4) \left(\frac{160}{1000} \right) = 25,75 \text{ грн.},$$

$$S_{\text{заг}} = 25,75 + 0,16 = 25,91 \text{ грн.}$$

Другий варіант

Собівартість заготовки, отриманої методом ковки на молотах, визначаємо за формулою:

$$S_{заг} = \frac{C_i}{1000} Q k_m k_c k_e k_M k_n - \frac{(Q - q)}{1000} S_{відх}, \quad (2.8)$$

де C_i – базова вартість 1 т. заготовок 2900 грн/т; $k_m; k_c; k_e; k_M; k_n$ – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи важкості, маси, марки матеріалу, об'єму виробництва; маса заготовки 8,7 кг.

$$S_{заг} = \frac{2900}{1000} 6.7 \cdot 1.3 \cdot 1 \cdot 1.15 \cdot 0.87 \cdot 1.1 - \frac{(8.7 - 4.4)}{1000} 250 = 17.13 \text{ грн}$$

$$S_{заг} = 17.13 + 0.16 = 17.3 \text{ грн.}$$

Другий варіант є вигіднішим з економічної точки зору, отже розраховуємо економічний ефект для співставлення способів отримання заготовок.

$$E_e = (S_{заг1} - S_{заг2})N \quad (2.9)$$

де $S_{заг1}$, $S_{заг2}$, - вартість заготовок, які порівнюються
N – річна програма випуску.

$$E_e = (25.91 - 17.3) \cdot 2000 = 17220 \text{ грн.}$$

Висновок: Річний економічний ефект: 17220 грн. при річній програмі випуску: 2000 шт.

2.2.2 Визначення параметрів заготовки

За результатами техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості отримано оптимальний метод отримання заготовки: різка з

прокату із послідуною ковкою на молотах. На рис. 2.1 показані параметри заготовки.

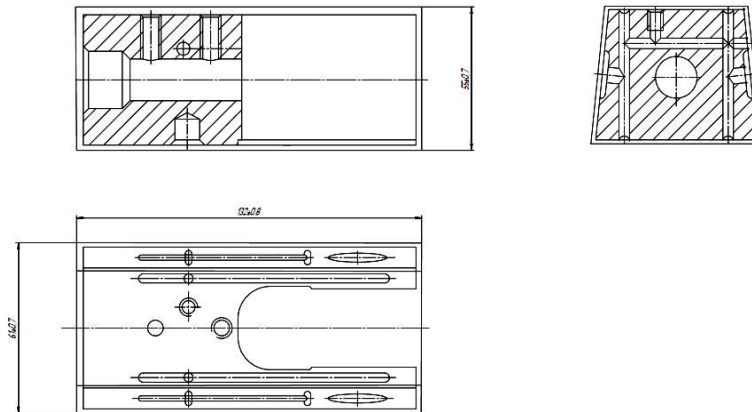


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд зготівки «Повзун»

2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення

Перш, ніж прийняти рішення про методи та послідовність обробки окремих поверхонь деталі та скласти технологічний маршрут виготовлення всієї деталі, необхідно провести розрахунки економічної ефективності окремих варіантів та вибрати з них найбільш раціональний для даних умов виробництва.

Критерієм оптимальності є мінімум зведених витрат на одиницю продукції. Під час вибору технологічного маршруту, зведені витрати можуть бути визначені у вигляді питомих величин на 1 годину роботи обладнання. В якості собівартості розглядається технологічна собівартість, яка включає статті витрат, що змінюються по варіантах.

$$C_{з.в} = C_з + C_{з.в.} + E_n (K_в + K_б), [3] \quad (2.10)$$

де $C_з$ – основна та додаткова заробітна плата з нарахуваннями, коп./год;

$C_{з.в.}$ – годинні витрати на експлуатацію робочого місця, коп./год;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних

вкладень. $E_n = 0,15$ (для машинобудування);
 K_6, K_6 – питомі годинні капітальних вкладень відповідно у верстати та
у будівлю, *кон./год.*

$$C_3 = \varepsilon C_{m\phi} \cdot K \cdot y, \quad (2.11)$$

де ε - коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату, рівну 9%;
нарахування на соціальне страхування – 7,6% та доплати до основної
заробітної плати в результаті перевиконання норм на 30%;

$$\varepsilon = 1,09 \cdot 1,076 \cdot 1,3 = 1,53 \quad [3]$$

$C_{m\phi}$ – годинна тарифна ставка верстатника-відрядника, що відповідає 3
розряду;

$$C_{m\phi} = 60,6 \text{ кон./год} \quad [3]$$

K – коефіцієнт, що враховує плату наладчика, якщо наладка здійснюється
самим робітником (у крупносерійному виробництві), то $K = 1$ [3];

y – коефіцієнт, що враховує оплату робітника при багатOVERSTATному
обслуговуванні; $y = 1$ [3].

$$C_3 = 1,53 \cdot 60,6 \cdot 1 \cdot 1 = 92,7 \text{ кон./год.}$$

$$C_{2.6} = C_{2.6}^{\bar{n}} \cdot K_M, \quad (2.12)$$

де $C_{2.6}^{\bar{n}}$ - практичні годинні витрати на базовому робочому місці,
кон./год.

K_M – коефіцієнт, який показує, в скільки разів витрати, пов'язані із
роботою даного верстата, більші, ніж витрати у базового верстата.

Годинні витрати на базовому робочому місці $C_{2.6}^{\bar{n}}$ в умовах двозмінної
роботи для крупносерійного та масового виробництва приймаються рівними
44,6 *кон./год* [3].

Значення K_M вибираємо з [3].

$$\text{Капітальні вкладення в верстат (кон/год): } K_6 = \frac{Ц \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3}.$$

$$K_6 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3},$$

де C – балансова вартість верстата, *грн*;

F – виробнича площа, яку займає верстат, з урахуванням проходів, m^2 ;

$$F = f \cdot K_f$$

f – площа верстата в плані, m^2 ;

K_f – коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу проходів, проїздів;

F_d – дійсний річний фонд часу роботи верстата, *год*; $F_d = 4029$ *годин*.

$$\eta_3 = 0,8 [3]$$

Обираємо для порівняння два варіанти механічної обробки отвору $\varnothing 20H7(+0,021)$ мм.

Визначення технологічної собівартості по операціях, що відрізняються:

За діючим техпроцесом механічної обробки отвору $\varnothing 20H7$ проводиться свердління отвору до $\varnothing 18$ мм; розточка чорнова, напівчистова, чистова в розмір $\varnothing 20H7$.

За другим варіантом обробки отвору замість розточування пропонується зенкування з подальшим розвертуванням отвору.

1-й варіант (базовий).

Свердління з подальшим розточуванням виконується на координатно-розточувальному верстаті моделі 2450.

$$C = 3740 \text{ грн.}; f = 2,5 \cdot 1,4 = 3,5 \text{ м}^2; K_f = 3,5;$$

$$F = 3,5 \cdot 3,5 = 12,25 \text{ м}^2; N = 5,5 \text{ кВт}$$

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{б.н} \cdot K_m = 44,6 \cdot 0,9 = 40,14 \text{ коп / год}$$

$$C_3 = 92,7 \text{ коп / год}$$

$$K_0 = \frac{3740 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 116 \text{ коп / год}$$

$$K_3 = \frac{12,25 \cdot 78,4 \cdot 100}{4029 \cdot 0,8} = 29,8 \text{ коп / год}$$

$$C_{з.б} = 92,7 + 40,14 + 0,15(116 + 29,8) = 154,7 \text{ коп.}$$

$$C_O = \frac{C_{з.в} \cdot T_{ум}}{60 \cdot K_g}, \quad (2.13)$$

де $T_{ум}$ – штучний час на операцію, хв.

$$T_{ум} = 2,12 \text{ хв}; K_g = 1,3$$

$$C_O = \frac{154,7 \cdot 2,12}{60 \cdot 1,3} = 4,2 \text{ коп / год.}$$

2-й варіант.

Зенкування з подальшим розвертанням отвору в розмір $\varnothing 20H7$ виконується на вертикально-свердлувальному верстаті моделі 2Н135Ф2.

$$Ц = 2360 \cdot 1,1 = 2596 \text{ грн.}; f = 1,55 \cdot 0,97 = 1,5 \text{ м}^2;$$

$$T_{ум} = 1,92 \text{ хв}; m_{np} = 1; M = 2; K_m = 1,2;$$

$$\alpha = 0,3; \text{ 2-й розряд роботи}; E_n = 0,15.$$

$$C_{з.в} = C_3 + C_{ч.з} + E_n(K_c + K_3)$$

$$C_3 = C_{т.ф.} \cdot 1,53 \cdot 1,15 \cdot y = 54,8 \cdot 1,53 \cdot 1,15 \cdot 0,65 = 62,67 \text{ коп/год};$$

$$C_{ч.з}^k = C_{ч.з}^{б.к} \cdot K_m \frac{\varphi}{1,14} \text{ коп / год};$$

$$\varphi = 1 + \frac{\alpha(1 - \eta_3)}{\eta_3} = 1 + \frac{0,3(1 - 0,39)}{0,39} = 1,31$$

$$\eta_3 = \frac{T_{ум}}{t_g \cdot m_{np}} = \frac{1,92}{4,83 \cdot 1} = 0,39$$

$$C_{ч.з}^k = 44,6 \cdot 1,2 \cdot \frac{1,31}{1,14} = 61,5 \text{ коп / год};$$

$$K_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3} = \frac{2596 \cdot 100}{3987 \cdot 0,39} = 138,53 \text{ коп / год}$$

$$F = f \cdot K_f = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ м}^2$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3} = \frac{6 \cdot 78,4 \cdot 100}{3987 \cdot 0,39} = 25,1 \text{ коп / год}$$

$$C_{н.з} = 62,67 + 61,5 + 0,15(138,53 + 25,1) = 148,71 \text{ коп/год}$$

$$C_o = \frac{C_{з.в} \cdot T_{шт}}{60 \cdot K_6} = \frac{148,71 \cdot 1,92}{60 \cdot 1,3} = 3,6 \text{ коп}$$

Приведена річна економія, грн.:

$$\mathcal{E}_Г = \frac{(C_o' - C_o'') \cdot N}{100}, \quad (2.14)$$

де C_o' та C_o'' – технологічна собівартість порівняльних операцій, коп.

$$\mathcal{E}_Г = \frac{(4,2 - 3,6) \cdot 35000}{100} = 210 \text{ грн.}$$

Порівняння двох варіантів операцій показує, що більш вигідно обробляти отвір $\varnothing 20H7$ зенкеруванням з подальшим розвертанням. Інші операції по обох варіантах однакові.

Таким чином визначили, що вибраний маршрут механічної обробки деталі "Повзун" складається:

Обробка заготовки з 4-х сторін, витримуючи кути 90° .

Фрезерування торців заготовки.

Фрезерування мастильних канавок.

Чорнова обробка пазу (32H11).

Напівчистова обробка пазу (32H11).

Обробка отвору $\varnothing 10H8$.

Фрезерування заниження симетрично пазу (32H11).

Фрезерування поверхонь скосів під кутом $8^\circ \pm 15'$.

Фрезерування мастильних канавок на скосах.

Обробка виточки $\varnothing 6 \text{ мм}$.

Обробка отворів $\varnothing 5 \text{ мм}$ (2 шт.).

Обробка 2 отворів $\varnothing 6 \text{ мм}$.

Шліфування поверхні 1-го скосу під кутом $8^\circ \pm 4'$.

Шліфування поверхні 2-го скосу під кутом $8^\circ \pm 4'$.

Обробка отвору $\varnothing 20H7$.

Обробка отвору $\varnothing 16H9$.

Нарізання різьби М8 (2 отв.) та М6.

Шліфування поверхонь в розмір 50d11.

Шліфування скосів в розмір $95,65 \pm 0,1$, $47,825 \pm 0,05$, кут $8^\circ \pm 4'$.

Чистова обробка пазу в розмір 32Н11.

Плани обробки окремих поверхонь наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Плани обробки окремих поверхонь

№ пов.	Квалітет точності	Шорсткість	План обробки поверхні
1	f7	1,25	1.Фрезерування чорнове 2.Фрезерування чистове 3.Шліфування чорнове 4.Шліфування чистове
2	$\pm 12/2$	3,2	1 Шліфування
3	$\pm 12/2$	6.3	1.Фрезерування чорнове 2.Фрезерування чистове
4	H14	6.3	1. Це кування
5	H14	6.3	1. Фрезерування чорнове
6	$\pm 12/2$	3,2	1. Шліфування
7	Б14	6.3	1. Фрезерування однократне
8	H14	3,2	Протягування
9	$\pm 12/2$	6.3	1. Свердлування
10	H14	6.3	1. Свердлування

2.3.1 Вибір технологічних баз

Основними технологічними базами при механічній обробці деталі являються:

площина "Е" нижньої поверхні деталі;

поверхня отвору $\varnothing 10H8$ мм.

За допомогою базових поверхонь деталь встановлюється в пристрій та орієнтується відносно обробляючого інструменту. Базові поверхні пов'язані з

рештою елементів деталі, координуючими розмірами або просторовими співвідношеннями на креслені. Вони обробляються на початку технологічного процесу механічної обробки деталі.

2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

Визначивши згідно прийнятого типу виробництва метод одержання заготовки, базуючи поверхні, за допомогою яких деталей встановлюється в пристрій та орієнтується відносно обробляючого інструменту, та встановивши план (послідовність) і методи обробки окремих поверхонь деталі, переходимо до проектування верстатних операцій.

В сучасному серійному виробництві технологічний процес може бути побудований за одним з двох принципів: за принципом диференціації процесу на елементарні операції, або за принципом концентрації операцій (суміщення декількох операцій в одну). Другий принцип, поряд із паралельним або паралельно-послідовним характером виконання операцій дає найбільшу техніко-економічну ефективність: найбільшу продуктивність, скорочення тривалості виробничого циклу, в багатьох випадках, більшу точність обробки.

Співставлення декількох варіантів технологічного процесу з різним ступенем концентрації переходів по продуктивності дозволяє зробити вибір кінцевого варіанту механічної обробки деталі “Повзун”.

- | | | |
|-----|--|-----------------|
| 005 | Фрезерувальна | Верстат 6P80 |
| | Обробка з 4-х сторін поверхонь під кутом 90°. | |
| 010 | Фрезерувальна | Верстат VF-1 |
| | 1. Фрезерування торців під кутом 90°. | |
| | 2. Фрезерування мастильних канавок. | |
| | 3. Фрезерування пазу (чорнова обробка). | |
| 015 | Свердлильна | Верстат 2P135Ф3 |
| | 1. Свердлити отвір $\varnothing 9,8^{+0,1}$ мм на глибину 11 мм. | |

2. Зенкувати фаску $1,1 \times 45^\circ$ в $\varnothing 9,8$ мм.
 3. Розвернути отвір $\varnothing 9,8^{+1}$ до $\varnothing 10H8$.
- 020 Фрезерувальна Верстат VF-1
1. Фрезерувати заниження симетрично пазу (32H11)
 2. Фрезерувати поверхні скосів під кутом $8^\circ \pm 15'$.
 3. Фрезерування мастильних канавок на скосах.
 4. Фрезерування виточки $\varnothing 6$ мм.
- 025 Вертикально-вердлильна Верстат 2P135Ф3
1. Свердлити два отвори $\varnothing 5$ мм
 2. Свердлити два отвори $\varnothing 6$ мм
- 030 Шліфувальна Верстат 3П722
- Шліфувати поверхню 1-го скоса під кутом $8^\circ \pm 4'$
- 035 Шліфувальна Верстат 3П722
- Шліфувати поверхню 2-го скоса під кутом $8^\circ \pm 4'$
- 040 Фрезерно-свердлильна Верстат VF-1
1. Фрезерування виточки $\varnothing 25$ в розмір 10 мм.
 2. Свердлити отвір до $\varnothing 18$ мм.
 3. Зенкерування отвору.
 4. Розвертання отвору в розмір $\varnothing 20H7$.
 5. Розточити фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. $\varnothing 20H7$.
- Повторити переходи після переустановки деталі.
- 045 Фрезерно-свердлильна Верстат VF-1
1. Свердлити отвір $\varnothing 10$ мм.
 2. Розсвердлити отвір до $\varnothing 14$ мм.
 3. Розсвердлити отвір $\varnothing 14$ мм до $\varnothing 22$ мм на глибину 15 мм.
 4. Розточити отвір $\varnothing 14$ мм до $\varnothing 16H9$.
 5. Розточити фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. $\varnothing 22$ мм.
- 050 Свердлильна-різьбонарізна Верстат DT-1

1. Свердлити два отв. $\varnothing 6,7$ мм; $\varnothing 5$ мм, зняти фаски.
 2. Нарізати різьбу М8 в двох отворах $\varnothing 6,7$ мм напрохід.
 3. Нарізати різьбу М6 на глибину 9 мм.
- 055 Шліфувальна Верстат 3П722
Шліфувати поверхні в розмір 50d11.
- 060 Шліфувальна Верстат 3П722
Шліфувати скоси в розмір $95,65 \pm 0,1$ мм, $47,825 \pm 0,05$ мм; $\angle 8^\circ \pm 4'$.
- 065 Шліфувальна Верстат 3П722
Шліфувати паз в розмір 32Н11.
- 070 Контрольна.

2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі

2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на розміри 32Н11 ($^{+0,16}$), 50d11 ($^{-0,08}$ / $^{-0,24}$)

«Формула, що визначає мінімальний припуск $Z_{\delta min}$, необхідний для виконуваної обробки має вигляд:

$$Zi_{\min} = (Rz_{i-1} + T_{i-1}) + (\overline{p_{i-1}} + \overline{\varepsilon_{yi}}), \quad (2.15)$$

де Rz_{i-1} – середня висота поверхневих мікро нерівностей, що отримані на попередньому переході;

T_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару, що отриманий на попередньому переході;

$\overline{p_{i-1}}$ - векторна сума просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь заготовки, що обробляється, отримана на попередньому переході;

$\overline{\varepsilon_{yi}}$ - відхилення встановлення при обробці, що виконується.

Під час обробки поверхонь обертання величина мінімального припуску визначається за формулою:

$$2Zi_{\min} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}\right). \quad (2.16)$$

Послідовна обробка протилежних, або окремо розташованих поверхонь:

$$Zi_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}$$

Ці формули включають всі можливі виробничі відхилення та є основними для визначення мінімального припуску розрахунково-аналітичним методом» [7].

За цим методом виконуємо розрахунок припусків (загальних та міжопераційних) для поверхонь:

паз 32Н11^(+0,160)

зовнішньої поверхні 50d11^(-0,08 / -0,240)

Розрахунок припусків на механічну обробку пазу 32Н11^(+0,160)

1. Технологічні переходи в порядку послідовності їх виконання під час обробки:

- а) чорнове фрезерування;
- б) шліфування попереднє;
- в) шліфування кінцеве (чистове).

2. Розрахункова формула:

$$2Zi_{\min} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}\right).$$

3. Значення параметрів Rz_{i-1} ; T_{i-1} ; ρ_{i-1} ; ε_{yi} для кожного переходу:

- а) чорнове фрезерування;

$Rz_{i-1} = 200$ мкм; $T_{i-1} = 300$ мкм;

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}. \quad (2.17)$$

де $\rho_{кор}$ – величина короблення, рівна добутку питомого короблення;

$\Delta_k = 1,0$ мкм/мм на найбільший розмір заготовки – 1 мм.

$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot 1 = 1,0 \cdot 132 = 132$ мкм;

ρ_{cm} – величина зміщення пазу при ковці, приймається залежно від відстані від вісі пазу до вимірювальної бази по таблицях допустимих відхилень розмірів.

$$\rho_{cm} = 700 \text{ мкм}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{700^2 + 132^2} = 712 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{yi} = a \cdot B$$

де a – коефіцієнт, що характеризує поверхні, які сприймають затискну силу; $a = 17,5$ [7]

B – ширина заготовки; $B = 70 \text{ мм.}$

$$\varepsilon_{yi} = 17,5 \cdot 70 = 1225 \text{ мкм} \approx 1,22 \text{ мм}$$

Допуск на виконання переходу $\delta = 340 \text{ мкм.}$

б) шліфування попереднє

$$Rz_{i-1} = 50 \text{ мкм}; T_{i-1} = 0;$$

Значення T_{i-1} після першого технологічного переходу виключається.

$$\rho_{i-1} = 0,05 \cdot \rho_{cm} = 0,05 \cdot 700 = 35 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{yi} = K \cdot \varepsilon_{y1} + \varepsilon_{ind},$$

де K – коефіцієнт уточнення; $K = 0,06$;

ε_{y1} – відхилення закріплення при першому переході;

ε_{ind} – відхилення індексації затискного пристрою; $\varepsilon_{ind} = 50 \text{ мкм}$;

$$\varepsilon_{yi} = 0,06 \cdot 1225 = 73,5 \text{ мкм}$$

Допуск на розмір в заготовці для даного переходу: $\delta = 170 \text{ мкм.}$

в) шліфування кінцеве

$$Rz_{i-1} = 30 \text{ мкм}; T_{i-1} = 0;$$

$$\rho_{i-1} = 0,005 \cdot \rho_{cm} = 0,005 \cdot 700 = 3,5 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y1} = 0.$$

4. Розрахункове значення мінімального припуску для кожного переходу механічної обробки:

для чорнового фрезерування:

$$2Z_{\min} = 2\left(200 + 300 + \sqrt{712^2 + 1225^2}\right) = 3834 \text{ мкм};$$

для попереднього шліфування:

$$2Z_{\min} = 2\left(50 + \sqrt{35^2 + 73,5^2}\right) = 263 \text{ мкм};$$

для чистового шліфування:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (30 + 3.5) = 67 \text{ мкм}$$

5. Допуск на розмір отвору в заготовці:

$$\delta = 1000 \text{ мкм}.$$

6. Розрахункові розміри деталі для переходів:

- для чистового шліфування:

$$D_{\text{роз}} = 32 \text{ мм};$$

- для напівчистового (попереднього) шліфування:

$$D_{\text{роз}} = 32,0 - 0,067 = 31,933 \text{ мм};$$

- для чорнового фрезерування:

$$D_{\text{роз}} = 31,933 - 0,263 = 31,67 \text{ мм};$$

- розрахунковий розмір пазу:

$$D_{\text{роз}} = 31,67 - 3,83 = 27,84 \text{ мм};$$

7. Граничне значення розмірів заготовки для всіх технологічних переходів:

а) $D_{\text{заг. max}} = 27,8 \text{ мм}$

$$D_{\text{заг. min}} = 27,8 - \delta_{\text{заг}} = 27,8 - 1,0 = 26,8 \text{ мм}$$

$$D_{\text{заг. min}} \approx 27 \text{ мм}.$$

б) після чорнового фрезерування:

$$D_{\text{заг. max}} = 31,7 \text{ мм}$$

$$D_{\text{заг. min}} = 31,7 - 0,34 = 31,36 \text{ мм}$$

в) після напівчистої обробки:

$$D_{\text{заг. max}} = 31,93 \text{ мм}$$

$$D_{\text{заг. min}} = 31,93 - 0,17 = 31,76 \text{ мм}.$$

8. Граничні значення припусків:

- для чорнового фрезерування:

$$2Z_{min} = 31,7 - 27,8 = 3,9 \text{ мм}$$

$$2Z_{max} = 31,6 - 27 = 4,36 \text{ мм}$$

- для напівчистового шліфування:

$$2Z_{min} = 31,93 - 31,7 = 0,23 \text{ мм}$$

$$2Z_{max} = 31,76 - 31,36 = 0,40 \text{ мм}$$

- для чистового шліфування:

$$2Z_{min} = 32,16 - 31,93 = 0,23 \text{ мм}$$

$$2Z_{max} = 32,0 - 31,76 = 0,24 \text{ мм}$$

Загальний припуск на обробку:

$$2Z_{Omax} = 32,0 - 27 = 5 \text{ мм}$$

$$2Z_{Omin} = 32,16 - 27,8 = 4,36 \text{ мм}$$

Для оглядності розрахунок припусків на механічну обробку поверхонь зведемо до таблиці 2.2.

Розрахунок припусків на механічну обробку площини поверхні "Е" (50d11)

1. Технологічні переходи обробки:

- а) стругання поверхні;
- б) шліфування попереднє (напівчистове);
- в) шліфування кінцеве (чистове).

2. Розрахункова формула

$$Z_{min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2.18)$$

3. Значення параметрів, які входять в розрахункову формулу:

а) стругання поверхні

$$Rz_{i-1} = 200 \text{ мкм.} \quad [7]$$

$$T_{i-1} = 300 \text{ мкм.} \quad [7]$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2} \quad (2.19)$$

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot 1 = 1,0 \cdot 132 = 132 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{см} = 1600 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{132^2 + 1600^2} = 1605 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_i = 60 \text{ мкм.}$$

Допуск на розмір заготовки

$$\delta = 1600 \text{ мкм.}$$

б) шліфування попереднє (напівчистове)

$$Rz_{i-1} = 50 \text{ мкм}; T_{i-1} = 20 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{i-1} = 73 \text{ мкм}; \varepsilon_i = 30 \text{ мкм.}$$

Допуск на виконання попереднього переходу: $\delta = 170 \text{ мкм.}$

4. Розрахункове значення мінімального припуску для кожного переходу механічної обробки площини

- для стругання поверхні:

$$Z_{min} = 200 + 300 + 1605 + 60 = 2165 \text{ мкм}$$

- для попереднього (напівчистового) шліфування:

$$Z_{min} = 50 + 20 + 73 + 30 = 173 \text{ мкм}$$

- для чистового (кінцевого) шліфування:

$$Z_{min} = 10 + 15 = 25 \text{ мкм}$$

5. Розрахункові розміри, починаючи з кінцевого розміру (на кресленні) $50d1 \left(\begin{smallmatrix} -0,08 \\ -0,24 \end{smallmatrix} \right)$ при мехобробці двох площин:

$$D_{роз3} = 49,76 + 2 \cdot 0,025 = 49,81 \text{ мм} \approx 49,8 \text{ мм}$$

$$D_{роз2} = 49,81 + 2 \cdot 0,173 = 50,156 \text{ мм} \approx 50,16 \text{ мм}$$

$$D_{роз1} = 50,156 + 2 \cdot 2,165 = 54,486 \text{ мм} \approx 54,5 \text{ мм}$$

6. Граничне значення розмірів заготовки для всіх технологічних переходів:

$$D_{max3} = 49,76 + 0,16 = 49,92 \text{ мм}$$

$$D_{max2} = 49,8 + 0,17 = 49,97 \text{ мм}$$

$$D_{max3} = 50,16 + 0,34 = 50,5 \text{ мм}$$

$$D_{maxзагот.} = 54,5 + 1,6 = 56,1 \text{ мм}$$

7. Граничні значення припусків:

$$2Z_{max3} = 49,97 - 49,92 = 0,05 \text{ мм} = 50 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max2} = 50,5 - 49,97 = 0,53 \text{ мм} = 530 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max1} = 56,1 - 50,5 = 5,6 \text{ мм} = 5600 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min3} = 49,8 - 49,76 = 0,04 \text{ мм} = 40 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min2} = 50,16 - 49,8 = 0,36 \text{ мм} = 360 \text{ мкм}$$

$$2Z_{min1} = 54,5 - 50,16 = 4,34 \text{ мм} = 4340 \text{ мкм}$$

Загальний припуск на обробку:

$$2Z_{Omax} = 56,1 - 49,97 = 6,13 \text{ мм}$$

$$2Z_{Omin} = 54,5 - 49,8 = 4,7 \text{ мм}$$

Таблиця 2.2 – Розрахунок припусків на механічну обробку пазу 32Н11, та площин 50d11

Технологічні операції і переходи обробляємих елементів поверхні	Елементи припуску				Розрахунок припуск в мкм	Розрахунок розмір в мм	Допуск δ мкм	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	R _{Zi-1} мкм	T _{i-1} мкм	ρ_{i-1} мкм	ϵ_{i-1} мкм				Найб. мм.	Найм. мм.	Найб. мкм.	Найм. мкм.
Паз 32Н11 (+0,16)											
- заготівка	200	300	712	-	-	27,84	1000	27,8	26,8	-	-
- чорнове фрезерування	50	-	35	1225	2 · 1917	31,67	340	31,7	31,6	4360	3900
Шліфування											
- попереднє	30	-	3,5	73,5	2 · 131,5	31,933	170	31,93	31,76	400	230
- кінцеве	5	15	-	-	2 · 33,5	32	160	32,16	32,0	240	230
Зовнішні поверхні 50d11 (-0,08 / -0,240)											
- заготівка	200	300	1605	-	-	54,5	1600	56,1	54,5	-	-
- фрезерування	50	20	73	60	2 · 21,65	50,16	340	50,5	50,16	5600	4340
Шліфування											
- попереднє	10	15	-	30	2 · 173	49,8	170	49,97	49,8	530	360
- кінцеве	5	10	-	-	2 · 25	49,76	160	49,92	49,76	50	40

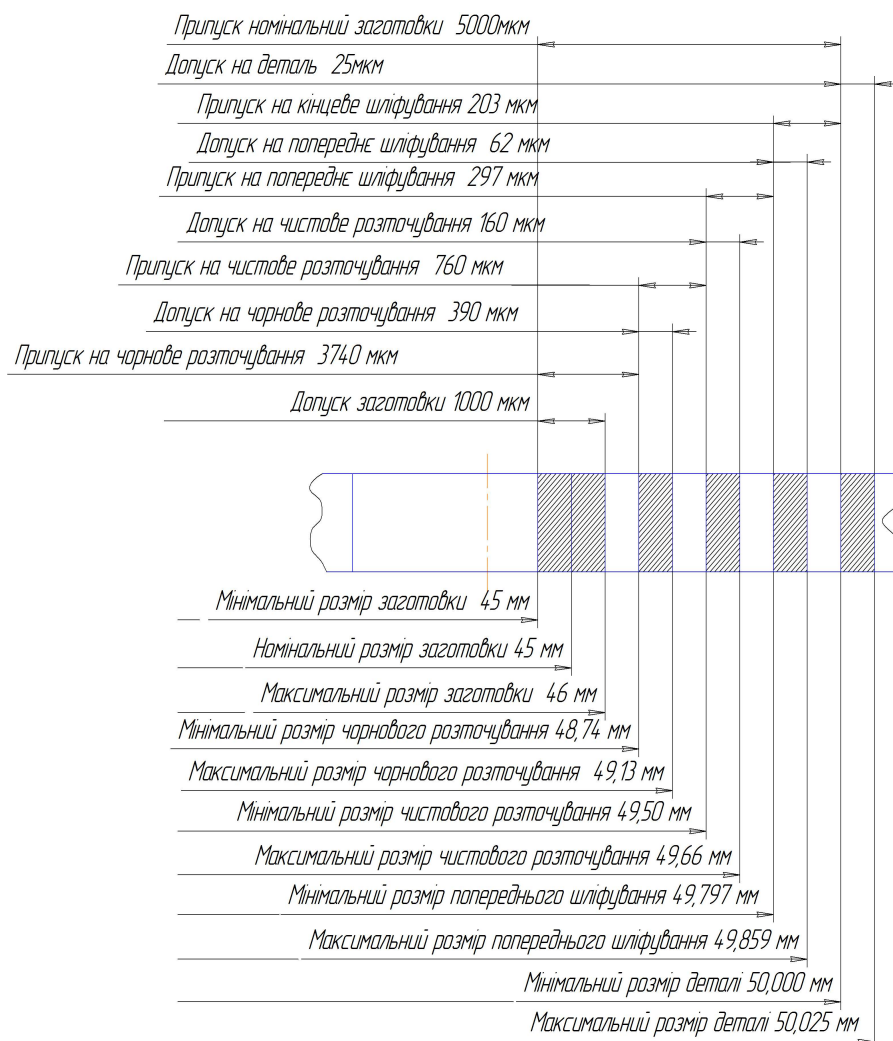


Рисунок 2.2 – Схема розміщення полів допусків та припусків на поверхню $50d11\left(\begin{smallmatrix} -0,08 \\ -0,240 \end{smallmatrix}\right)$

2.4.2. Визначення припусків табличним методом

На решту поверхонь, що обробляються, припуски встановлюємо за спеціальними таблицями, використовуючи практичні дані та керівні нормативи (нормалі, ДСТУ, тощо). Загальний припуск на кожну поверхню виробу (деталі) що обробляється механічною обробкою вибирається залежно від габаритних розмірів, конструктивних форм деталі, методу та точності виготовлення

заготовки та її ваги. Потім проводять визначення операційних та проміжних розмірів і допусків.

Розрахунок починаємо з останньої (фінішної) операції обробки. За таблицями відповідних видів обробки встановлюємо розміри проміжних припусків на кожну операцію, а потім визначаємо проміжні розміри заготовки.

Найменші значення рекомендованих припусків вибираємо з довідників.

Таблиця 2.3 – Припуски на механічну обробку поверхонь деталі

Поверхні деталі	Мінім. припуск, <i>Z, мкм</i>	Допуск δ , <i>мкм</i>	Граничні розміри, <i>мм</i>	
			Найбільші	Найменші
1. Торцеві поверхні				
-розмір 62 <i>мм</i>	2000	1000	66,0	65
-розмір 128 <i>мм</i>	3000	1000	134,0	133,0

2.5 Розрахунок режимів різання

2.5.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на фрезерну операцію 010

Обладнання – вертикальний оброблюючий центр мод. VF-1.

Інструмент – фреза двостороння праворіжуча $D = 160 (Z = 12)$ з вставними ножами, оснащеними твердим сплавом T15K6

Середній період стійкості фрез: $T = 240$ *хв.*

Елементи режиму різання.

Глибина різання t визначається по нормативним довідниковим даним в залежності від типу фрези, оброблювального матеріалу, ріжучої частини інструменту і величини припуску, що знімається.

$$S_z = 0,14 [6].$$

Швидкість різання V при фрезеруванні визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{n_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (2.20)$$

де C_v – коефіцієнт, враховуючий умови обробки;

K_{uv} ; K_{mv} ; K_{nv} – враховуючи впливи марки інструментальної сталі, матеріалу і стану поверхні заготовки.

По нормативним даним $C_v = 740$; $K_{nv} = 0,8$; $K_{mv} = 0,83$; $K_{uv} = 0,8$ [2]

q_v , m , x_v , y_v , n_v , p_v – показники степенів і їх числових значень визначаємо по таблиці нормативів

$$q_v = 0,2; m = 0,35; x_v = 0,4; y_v = 0,4; n_v = 0,2; p_v = 0$$

T – стійкість інструменту, в *хв.*; $T = 240$ *хв.*

t – глибина різання, *мм/зуб.*; $S_z = 0,14$ *мм/зуб.*

B – ширина фрезерування, в *мм.*; $B = 56$ *мм.*

Z – число зубців фрези; $Z = 12$

$$V_{розр.} = \frac{740 \cdot 160^{0,2}}{240^{0,35} \cdot 3^{0,4} \cdot 0,14^{0,4} \cdot 56^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 0,8 = 117 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя (розрахункове) визначається за формулою:

$$n_{розр.} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 117}{3,14 \cdot 160} = 220 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n = 220$ *об/хв.* регулювання обертів верстата безступеневе.

Уточнюємо подачу $S_{м.роз.} = S_z \cdot Z \cdot n = 0,14 \cdot 12 \cdot 220 = 370$ *мм/хв.*

Приймаємо $S_m = 350$ *мм/хв.*

$$S_z = \frac{S_m}{Z \cdot n} = \frac{350}{12 \cdot 220} = 0,132 \text{ мм/зуб}$$

Сила різання визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{X_p} \cdot S^{Y_p} \cdot B^{n_p} \cdot Z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}}, \quad (2.21)$$

де C_p – постійний коефіцієнт; $C_p = 261$
 $x_p = 0,9$; $y_p = 0,8$; $n_p = 1,1$; $q = 1,1$; $w_p = 0,1$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,132^{0,8} \cdot 42^{1,1} \cdot 12}{160^{1,1} \cdot 220^{0,1}} = 2280H$$

Крутний момент на шпинделі визначається за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{228 \cdot 160}{2 \cdot 1000} = 18,24 H \cdot m.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{228 \cdot 110}{102 \cdot 60} = 3,72 кВт$$

$N_d > N$ (4 кВт > 3,72 кВт) Обробка можлива.

2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання

Проведемо призначення табличним методом призначення режимів різання на операцію 055 Шліфувальну.

Обладнання – плоскошліфувальний верстат моделі ЗП722

Шліфування поверхні шириною $B = 63$ мм. та довжиною $l = 128$ мм.

Припуск на сторону $t = 0,27$ мм.

Матеріал – Сталь 38Х2МЮА

На магнітному столі встановлюємо десять заготовок (в два ряди, по п'ять заготовок в кожному).

Круг ПП 450x203x63 24A40CM26K 35м/с.

Визначаємо частоту обертання шліфувального круга при прийнятій швидкості $V = 35 \text{ м/с}$.

$$n_K = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V}{\pi \cdot D_K} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 450} = 1486 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата $n_K = 1500 \text{ хв}^{-1}$.

Для сталі, згідно норм, визначаємо швидкість руху повздовжньої подачі:

$$V_{\text{спрод}} = 16 \text{ м/хв.}$$

Поперечна подача для параметра $R_a = 1,25 \text{ мкм}$. та ширини шліфувального круга до $B_K = 80 \text{ мм}$.

$$S = 32 \text{ мм/хід стола}$$

Для сталі з припуском на обробку до $0,35 \text{ мм}$ та поперечної подачі S до 38 мм/хід стола:

$$S_{\text{ix}} = 0,015 \text{ мм}$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{таб}} \cdot K_N \quad (2.22)$$

$N_{\text{таб}} = 8,4 \text{ кВт}$ для S до 35 мм/хід , подачі на глибину напрохід $S_{\text{ix}} = 0,015 \text{ мм}$ та $V_{\text{спрод}}$ до 20 м/хв $K_N = 1,05$ тоді $N_{\text{різ}} = 8,4 \cdot 1,05 = 8,65 \text{ кВт}$.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}} (8,65 < 12,75) \text{ Обробка можлива.}$$

Основний час (хв) визначається за формулою:

$$T_O = \frac{H \cdot L \cdot h}{1000 \cdot V_{\text{спрод}} \cdot S \cdot S_{\text{ix}} \cdot q}$$

$$H = 2 \cdot 63 + 63 + 5 = 194 \text{ мм};$$

$$L = 5 \cdot 128 + 15 = 655 \text{ мм};$$

$$h = t = 0,27 \text{ мм}; q = 10;$$

$$T_O = \frac{194 \cdot 655 \cdot 0,27}{1000 \cdot 16 \cdot 32 \cdot 0,015 \cdot 10} = 0,45 \text{ хв.}$$

2.6 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операції

Для визначення загальної норми часу на механічну обробку деталі, необхідно визначити окремо, по кожній операції, норму штучно-калькуляційного часу.

«Норматив штучно-калькуляційного часу на операцію ($t_{шт.к.}$) підраховуємо за формулою:

$$t_{шт.к.} = t_O + t_в + t_{обсл.} + t_ф + \frac{T_{н.з.}}{n} \text{ хв.} \quad (2.23)$$

де t_O – основний (машинний) час, хв.;

$t_в$ – допоміжний час, хв.;

$t_{обсл.}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$t_ф$ – час на відпочинок і фізичні потреби, хв.;

$T_{н.з.}$ – норматив підготовчо-заключного часу;

n – кількість деталей, які одночасно запускаються на обробку.

Норма основного часу визначається шляхом розрахунку за формулами в залежності від виду обробки і режимів різання. Окремі елементи штучно-калькуляційного часу визначаються за нормативами:

- норма допоміжного часу – сума часу на встановлення і зняття деталі; на прийоми керування верстатом; на контрольні виміри деталі;

- час на обслуговування робочого місця, і час на відпочинок, та інші потреби, встановлюється у вигляді постійної процентної надбавки від суми основного і допоміжного часу;

- норматив підготовчо-заключного часу визначається як сума часу на наладку верстата і на пробну обробку деталі» [11].

010 Фрезерувальна

$$t_{\text{шт.к.}} = t_O + t_{\text{в}} + t_{\text{обсл.}} + t_{\text{ф}} + \frac{T_{\text{н.з.}}}{n} \text{ хв.} \quad (2.24)$$

$$t_O = \frac{l_O + l_{\text{ч}} + l_n}{S_z \cdot z \cdot n} \cdot i, \text{ хв.}$$

де l_O – довжина поверхні, що оброблюється. $l_O = 56 \text{ мм.}$

$l_{\text{ч}}$ – довжина врізання інструменту.

При фрезеруванні дисковими фрезами:

$$l_{\text{ч}} = \sqrt{t(D-t)} + (0,5 \div 3)$$

$$l_{\text{ч}} = \sqrt{45(160 - 45)} + (0,5 \div 3) = 75 \text{ мм.}$$

l_n – довжина перебігу інструменту; $l_n = (2 \div 5) \text{ мм.}$

$$t_O = \frac{56 + 75 + 3}{0,132 \cdot 12 \cdot 220} = 0,385 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст.}} + t_{\text{пер.}} + t_{\text{вим.}} \quad (2.25)$$

де $t_{\text{уст.}}$ – норматив часу на установку (зняття) і закріплення деталі.

$$t_{\text{уст.}} = 0,08 \text{ хв. [11]}$$

$t_{\text{пер.}}$ – час, зв'язаний з переходом: на підвід інструменту; включення і виключення робочої подачі; відвід інструменту в початкове положення.

$$t_{\text{пер.}} = 0,15 \text{ хв. [11]}$$

$t_{\text{вим.}}$ – час на контрольні виміри

$$t_{\text{вим.}} = 0,06 \cdot 0,2 = 0,012 \text{ хв. [11]}$$

$$t_{\text{в}} = 0,08 + 0,15 + 0,012 = 0,242 \text{ хв.}$$

$$t_{обсл.} = (t_O + t_е) \cdot \frac{\alpha}{100}$$

$\alpha = 3$ – для фрезерних робіт [11]

$$t_{обсл.} = (0,385 + 0,242) \cdot \frac{3}{100} = 0,019 \text{ хв.}$$

$$t_{\phi} = (t_O + t_е) \cdot \frac{\beta}{100}; \beta = 6 \quad [4].$$

$$t_{\phi} = (0,385 + 0,242) \cdot \frac{6}{100} = 0,038 \text{ хв.}$$

$$T_{н.з.} = 21 \text{ хв.} \quad [11]$$

$$t_{ум.к.} = 0,385 + 0,242 + 0,019 + 0,038 + \frac{21}{800} = 0,710 \text{ хв.}$$

045 Свердлильна

перехід 1

$$t_O = \frac{l_O + l_{\psi} + l_n}{S_O \cdot n} \cdot i = \frac{62 + 6 + 2}{0,18 \cdot 500} \cdot 1,0 = 0,777, \text{ хв.}$$

$$l_O = 62 \text{ мм.};$$

$$l_{\psi} = \frac{d}{2} \cdot \text{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2) \text{ мм.} = \frac{10}{2} \cdot \text{ctg} 60^\circ + 0,05 \dots 2 = 6 \text{ мм.};$$

$$l_n = 1 \dots 3 \text{ мм.};$$

$$t_е = t_{ум.} + t_{пер.} + t_{вум.};$$

$$t_{ум.} = 0,09 \text{ хв. (перекривається машинним часом);}$$

$$t_{пер.} = 0,06 + 0,07 = 0,13 \text{ хв.};$$

$$t_{вум.} = 0,1 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 0,2 = 0,05 \text{ хв. (перекривається машинним часом);}$$

$$t_е = t_{пер.} = 0,13 \text{ хв.}$$

$$t_{обсл.} = (t_O + t_е) \cdot \frac{\alpha}{100} = (0,777 + 0,13) \cdot \frac{3}{100} = 0,027 \text{ хв.}; \alpha = 3;$$

$$t_{\phi} = (t_O + t_е) \cdot \frac{\beta}{100} = (0,777 + 0,13) \cdot \frac{7}{100} = 0,065 \text{ хв.}; \beta = 7;$$

$$T_{н.з.} = 36 \text{ хв.};$$

$$t_{ум.к.} = 0,777 + 0,13 + 0,027 + 0,065 + \frac{36}{800} = 1,05 \text{ хв.}$$

045 Свердлильна

перехід 2

Основний час
$$t_O = \frac{l_O + l_q + l_n}{S_O \cdot n} \cdot i;$$

$$l_O = 62 \text{ мм.};$$

$$l_q = \frac{D-d}{2} \cdot \text{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2) \text{ мм.} = \frac{14-10}{2} \cdot \text{ctg} 45^\circ + 0,05 \dots 2 = 4 \text{ мм.};$$

$$S_O = 0,65 \text{ мм/об.};$$

$$n = 270 \text{ хв}^{-1};$$

$$l_n = 1 \dots 3 \text{ мм.};$$

$$t_O = \frac{62 + 4 + 1,5}{0,65 \cdot 270} = 0,385 \text{ хв.}$$

Допоміжний час

$$t_e = t_{\text{уст.}} + t_{\text{пер.}} + t_{\text{вим.}};$$

$$t_{\text{уст.}} = 0,08 \text{ хв. (перекривається машинним часом);}$$

$$t_{\text{пер.}} = 0,13 \text{ хв.};$$

$$t_e = 0,13 \text{ хв.}$$

Час обслуговування:

$$t_{\text{обсл.}} = (t_O + t_e) \cdot \frac{\alpha}{100} = (0,385 + 0,13) \cdot \frac{3}{100} = 0,015 \text{ хв.}; \alpha = 3;$$

Час відпочинку та фізичні потреби:

$$t_\phi = (t_O + t_e) \cdot \frac{\beta}{100} = (0,385 + 0,13) \cdot \frac{7}{100} = 0,036 \text{ хв.}; \beta = 7;$$

$$T_{\text{н.з.}} = 36 \text{ хв.};$$

$$t_{\text{ум.к.}} = 0,385 + 0,13 + 0,015 + 0,036 + \frac{36}{800} = 0,611 \text{ хв.}$$

045 Свердлильна

перехід 3

Основний час
$$t_O = \frac{l_O + l_q + l_n}{S_O \cdot n} \cdot i;$$

$$l_O = 15,0 \text{ мм.};$$

$$l_u = \frac{D-d}{2} \cdot \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \dots 2)_{\text{мм.}} = \frac{22-14}{2} \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ + 0,05 \dots 2 = 6,3 \text{ мм.};$$

$$l_n = 1 \dots 3 \text{ мм.};$$

$$t_O = \frac{15 + 6,3 + 1,5}{0,65 \cdot 270} = 0,13 \text{ хв.}$$

Допоміжний час

$$t_e = t_{\text{уст.}} + t_{\text{пер.}} + t_{\text{вим.}};$$

$$t_{\text{уст.}} = 0,08 \text{ хв. (перекривається машинним часом);}$$

$$t_{\text{пер.}} = 0,06 + 0,07 = 0,13 \text{ хв.}; \quad [1]$$

$$t_{\text{вим.}} = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ хв. (перекривається машинним часом);}$$

$$t_e = 0,13 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{\text{обсл.}} = (t_O + t_e) \cdot \frac{\alpha}{100}$$

$$\alpha = 3 [1]$$

$$t_{\text{обсл.}} = (0,13 + 0,13) \cdot \frac{3}{100} = 0,008 \text{ хв.}$$

Час відпочинку та фізичні потреби:

$$t_\phi = (t_O + t_e) \cdot \frac{\beta}{100}; \quad \beta = 7 \quad [1].$$

$$t_\phi = (0,13 + 0,13) \cdot \frac{7}{100} = 0,019 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-заключного часу:

$$T_{\text{н.з.}} = 36 \text{ хв.}; [1]$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$t_{\text{шт.к.}} = 0,13 + 0,13 + 0,008 + 0,019 + \frac{36}{800} = 0,34 \text{ хв.}$$

4 та 5 переходи розраховуємо аналогічно. Тоді загальний штучний час на всю операцію складає:

$$t_{\text{шт.}} = 1,05 + 0,611 + 0,34 + 0,61 + 0,18 = 2,791 \text{ хв.}$$

030 Шліфувальна

$$t_0 = \frac{H \cdot L \cdot h}{1000 \cdot V_{\text{шпро.}} \cdot S \cdot S_{\text{ix}} \cdot q} = \frac{194 \cdot 655 \cdot 0,27}{1000 \cdot 16 \cdot 32 \cdot 0,015 \cdot 10} = 0,45 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст.}} + t_{\text{пер.}} + t_{\text{вим.}} = 0,1 + 0,15 + 0,02 = 0,27 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{обсл.}} = 0,013 \text{ хв.}; \quad t_{\text{ф}} = 0,026 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{н.з.}} = 19 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{ум.к.}} = 0,45 + 0,27 + 0,013 + 0,026 + \frac{19}{693} = 0,79 \text{ хв.}$$

Нормування верстатних робіт по інших операціях техпроцесу проводимо згідно нормативної літератури.

Загальна норма часу на механічну обробку поверхонь деталі згідно вибраного технологічного процесу:

$$T_{\text{шт.}} = 3,71 + 0,71 + 2,17 + 0,85 + 0,79 + 0,79 + 0,81 + 0,86 + 0,75 + 0,415 + 0,82 + 1,37 + 1,26 + 0,87 + 0,72 + 0,75 + 0,79 + 0,79 + 3,19 + 2,791 + 1,18 + 0,81 + 0,8 + 0,75 = 28,746 \text{ хв.}$$

2.7 Висновки до розділу 2

1. Запропоновано новий технологічний процес оброблення деталі «Корпус» в якому проведено скорочення технологічних операцій за рахунок введення верстатів з ЧПК.

2. Проведено розрахунки по вибору заготовки, розраховано аналітично припуски, режими різання та проведено нормування технологічного процесу.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування

3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів

При фрезеруванні площин та лунки радіусом 12 мм базових поверхонь заготовки є нижня основа та торці, а в пристрої їм відповідають площина плити пристрою та упори. Схем базування показана на рис. 3.1.

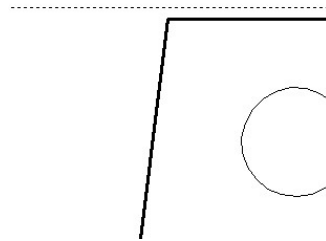


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки при фрезеруванні

3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою

На заготовку «Повзун правий 1116.407» прикладаємо сили різання та сили, які утримують її у процесі оброблення (рис. 3.2).

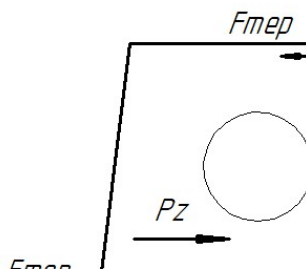


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення заготовки при фрезеруванні

Для виконання процесу обробки деталі “Повзун” при фрезеруванні плоскої поверхні закріплення деталі на столі верстату 6Р12 має велике значення для забезпечення необхідної точності та шорсткості поверхонь, що обробляються. Крім того, забезпечення надійного кріплення деталі захищає верстатника від травматизму при випадку викиду її в наслідок дії сил різання.

При фрезеруванні лунки R12 виникає сила різання, яку визначимо за формулою з потужності різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}; \quad \text{звідки} \quad P_z = \frac{N \cdot 60 \cdot 1020}{V} \quad (3.1)$$

Потужність різання визначимо за картою [7]

$$N_{\text{різ}} = E \cdot \frac{V b_{\text{max}} \cdot z}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2$$

Режими обробки $n = 160$ об/хв; $S_z = 0,1$ мм/об; $S_M = 200$ мм/хв; $V = 30,2$ м/хв; $\Phi 24$ мм, $z = 4$.

E – величина визначається по таблиці $E = 0,2$;

$B = 24$ мм, максимальна ширина фрезерування;

k_1 - коефіцієнт, залежний від оброблювального матеріалу, $k_1 = 1,2$ НБ 375

k_2 – коефіцієнт залежний від типу фрези і швидкості різання, $k_2 = 0,7$.

Підставляємо свої значення:

$$N_{\text{різ}} = \frac{0,2 \cdot 20,2 \cdot 24 \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 0,6}{1000} = 0,276 \text{ кВт};$$

Визначимо силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{0,276 \cdot 60 \cdot 1020}{20,2} = 846 \text{ Н}.$$

Рівняння рівноваги заготовки під дією сил різання та закріплення, визначено з рис. 3.1.

$$F_T = W \cdot f = P_z \cdot K,$$

де F_T - сила тертя, що втримує заготовку;

K – коефіцієнт запасу по утриманню, $K = 1,6$.

Необхідну силу затиску визначимо за формулою [12,13]:

$$W = \frac{P_z}{f} \cdot K, \quad (3.2)$$

де $f = 0,45$ – коефіцієнт тертя;

K – коефіцієнт запасу, приймаємо $K=1,6$.

Тоді

$$W = \frac{846}{0,45} \cdot 1,6 = 3008H$$

Для визначення сили на штоці привода врахуємо передавальну характеристику важільної системи з рис. 3.3.

$$W = \frac{846}{0,45} \cdot 1,6 = 3008H$$

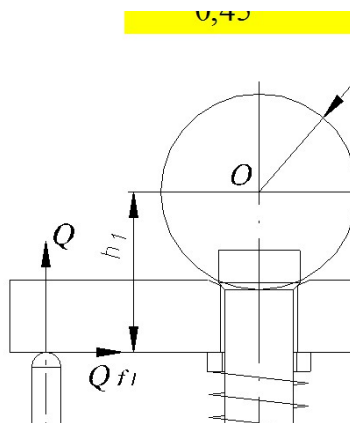


Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку сили затиску

Із рівності моментів сил, діючих на притисках відносно точки О маємо:

$$W \cdot l = Q \cdot l_1$$

Діаметри приймаємо із конструктивних міркувань:

$$l = 60 \text{ мм}; \quad l_1 = 50 \text{ мм};$$

Тоді сила на штоці привода буде:

$$Q = \frac{Wl}{l_1} = \frac{3008 \cdot 50}{60} = 2506 \text{ Н}.$$

Вихідні дані для розрахунку гідроприводу затискаючих пристроїв: необхідна сила на штоці P . Задаючись тиском масла $p = 3 \text{ МПа}$ визначаємо площу поршня гідроциліндра.

$$F = \frac{P}{p} \quad [12], \quad (3.3)$$

де $P = 2506 \text{ Н}$ (із попереднього розрахунку);

$$F = \frac{2506}{1 \cdot 10^6} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Діаметр циліндра гідроприводу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \text{ м};$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,025}{3,14}} = 0,049 \text{ м} = 49 \text{ мм};$$

Приймаємо привід затискного механізму пружинно – гідравлічний циліндр з вбудованим акумулюючим пристроєм діаметром 50 мм.

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

З аналізу конструкції пристрою визначено найбільш навантажену ланку - різьбу на стійці М12. Проведемо розрахунок за напруженнями на зріз [17].

«Розрахунок різьби на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{Q}{F_{зр}} \leq [\tau]_{зр}, \quad (3.4)$$

де $F_{зр}$ – площа зрізу.

$$F_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,1^2}{4} = 0,95 \text{ см}^2$$

$D = 11$ мм – внутрішній діаметр різьби тоді:

$$\tau_{зр} = \frac{2506}{0,95} = 2638 \text{ Н/см}^2 < [\tau]_{зр}$$

$[\tau]_{зр} = 4500 \text{ Н/см}^2$, що є допустимою умовою» [17].

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

«Допустима похибка верстатного пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon_{дон} = T - k \cdot \omega, \quad (3.5)$$

де T – допуск на відповідний розмір, $T = 0,12$ мм

k – поправочний коефіцієнт, $k = 1$

ω – точність верстата, $\omega = 0,02$ мм

$$\varepsilon_{дон} = 0,12 - 0,02 = 0,1 \text{ мм.}$$

Похибка установки деталі в пристрої

$$\varepsilon_y = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{np}^2}, \quad (3.6)$$

де ξ_{δ} - похибка базування,

$$\xi_{\delta} = 0.5 \cdot T_d(1/\sin\alpha - 1) = 0.5 \cdot 0.12(1/\sin 45 - 1) = 0.02 \text{ мм.}$$

ξ_3 – похибка закріплення, $\xi_3 = 0.012$ мм [12].

ξ_{np} – похибка пристрою,

$$\xi_{np} = (1/4 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) \cdot 0.3 = (0.075 \dots 0.03) \text{ мм.}$$

Приймаємо $\xi_{np} = 0.03$ мм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0.02^2 + 0.012^2 + 0.03^2} = 0.038 \text{ мм.}$$

Так як $\varepsilon_{дон} = 0,1 > \varepsilon_y = 0,038$ мм. то пристрій сконструйовано вірно і забезпечує необхідну точність оброблення»[12].

3.1.5 Опис роботи пристрою для фрезерування

Враховуючи те, що виробництво на ділянці серійне, а також відносно високу номенклатуру оброблюваних деталей в якості верстатних пристосувань використовуються універсально-збірні пристосування з гідрозатиском оброблюваних заготовок. Ці пристосування повністю складаються із деталей нормалізованих і стандартних по всіх параметрах. Тому всі елементи такого пристосування можуть бути використані багатократно і є взаємозамінними. Це також означає, що немає необхідності затрачати кошти на конструювання спеціальних верстатних пристосувань.

Проектування і виготовлення такого пристосування зводиться до виготовлення ескізу наладки і збирання його із готових заготовок-елементів. Купляти повний комплект УЗП для багатьох машинобудівних заводів економічно невигідно, тому підприємства купляють його по частинах. Це обходиться значно дешевше. Час від моменту отримання пристосування до

встановлення на верстат складає всього декілька годин (час збирання пристосування середньої складності складає 2-3 год). Це відчутна перевага порівнюючи з декількома тижнями, що затрачалися б на проектування і виготовлення пристосування.

При механізації процесу закріплення заготовок на оброблювальних центрах, а особливо при обробці з поворотним столом виникає проблема підвідних шлангів, що живлять гідроциліндри і підтримують в них тиск. Виходячи з того, що пропонується використовувати гідроциліндри так званої безшлангової конструкції.

На рис 3.4 зображений пружинно-гідралічний циліндр з акумулюючим пристроєм.

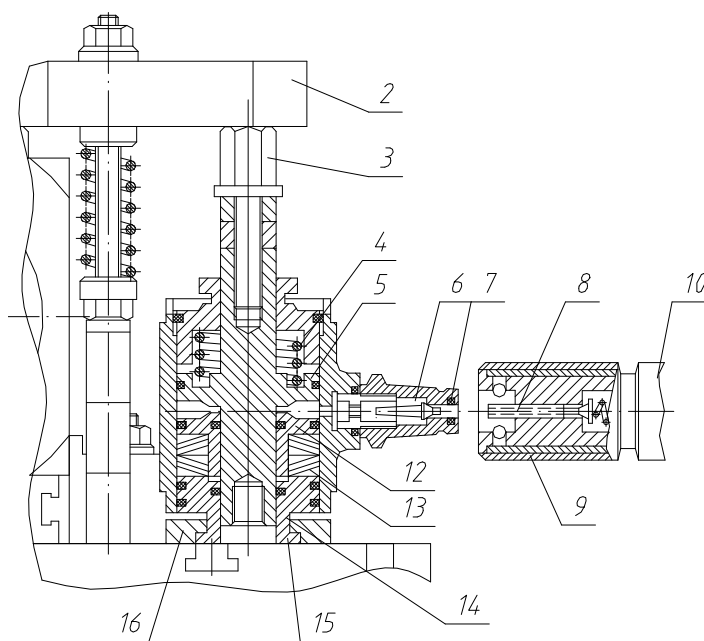


Рисунок 3.4 – Пружинно – гідралічний циліндр з вбудованим акумулюючим пристроєм

На рис. 3.5 показана схема верстатного пристрою для фрезерування. Гідроциліндр 5 з допомогою планки 16 і кільцевого бурта кришки 15 прикріплений до основи пристосування.

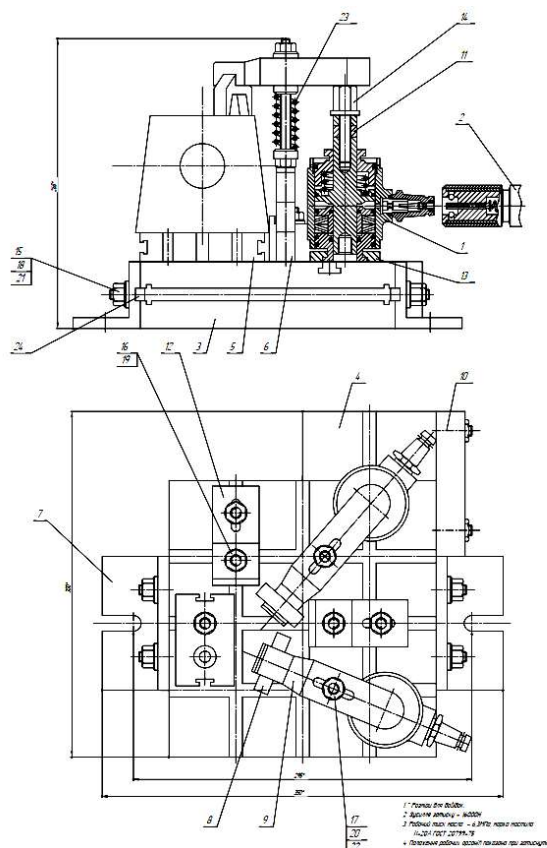


Рисунок 3.5 – Схема верстатного пристрою для фрезерування

Шток поршня 14 через проміжну опору 3 передає зусилля на прихват 2. При подачі масла в гідроциліндр шток поршня 14 переміщається вгору і затискає заготовку 1. Одночасно поршень 12, переміщаючись вниз стискає пакет трикутних пружин 13.

Тиск в гідроциліндрі створюється за допомогою швидко роз'ємного з'єднання штуцер 6 який загвинчений в корпус циліндра, а роз'ємна муфта 10 закріплена на резино-металевому рукаві.

При з'єднанні муфти 10 з штуцером 6 клапан 7 і 8 відкриває прохід масла від приводу до циліндра, а муфта утримується на штуцері за допомогою шарикового замка 9.

Клапан 8 ущільнений прокладками 11. Після закріплення заготовки циліндр від'єднують. Поршень 12 під дією стиснутих пружин підтримує тиск в робочій порожнині циліндра.

Для розтиску заготовки циліндр з'єднують швидкороз'ємним з'єднанням з джерелом живлення під дією зворотної циліндричної пружини 4 повертається в початкове положення.

3.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору

3.2.1 Схема базування та вибір установочних елементів

При обробленні отвору свердлуванням заготовка встановлюється на базові поверхні- торець та впирається у нижню поверхню заготовки, а у пристрої цим поверхням відповідають відповідно поверхня корпусу пристрою та боковий упор. Центрується заготовка за допомогою призматичного затиску.

Схема базування показана на рис. 3.6.

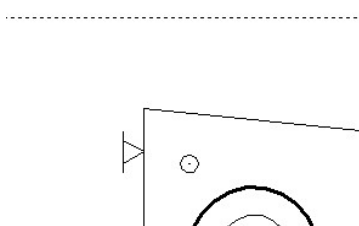


Рисунок 3.6 – Схема базування заготовки при свердлуванні

3.2.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою

Розрахунок сили закріплення ведемо з умови рівноваги заготовки під дією сил різання та сил закріплення. За схемою рис. 3.7.

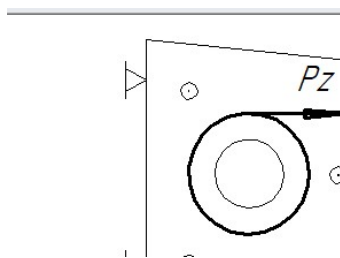


Рисунок 3.7 – Схема базування та закріплення заготовки при свердлуванні

Рівняння рівноваги заготовки під дією сил різання та закріплення W , визначено з рис. 3.7.

$$W = Pz \cdot K,$$

де Pz – сила різання, що зміщує заготовку;

K – коефіцієнт запасу по утриманню, $K = 1,6$.

$$M = 10C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{Y_M} \cdot K_P, \quad (3.7)$$

де $C_M = 0,0345$; $q_M = 2,0$; $Y_M = 0,8$; [5].

K_P - загальний поправочний коефіцієнт на силу різання, визначається за формулою:

$$K_P = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{n_p}, \quad (3.8)$$

де n_p - показник ступеню, $n_p = 0,75$, [5].

$$K_P = K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86.$$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 33^{2,0} \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,86 = 107,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,86 = 32 \text{ мм}.$$

$$P_z = \frac{2M}{d} = \frac{2 \cdot 107,9}{0,02} = 1090H,$$

Сила затиску визначається з мови рівноваги сил та прикладена до штоку пневмоциліндра за формулою:

$$W = Q_{шт} = P_z \cdot K = 1090 \cdot 1,5 = 1635H.$$

Маючи силу на штоці пневмоциліндра, ми визначасмо діаметр пневмоциліндра [12].

$$Q_{шт} = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot D^2 \cdot P \cdot \eta, \quad (3.9)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, см;

$P = 0,4$ МПа, розрахунковий тиск повітря в пневмосистемі.

$\eta = 0,85 \div 0,9$ – ККД пневмоциліндра.

Звідки,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{шт}}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1635}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 76 \text{ мм.}$$

Приймаємо розмір пневмоциліндра $D = 80$ мм.

Фактичне зусилля на штокові визначасмо за формулою:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} \cdot 0,63 \cdot 0,9 = 2848H.$$

де $P = 0,63$ МПа максимальний тиск у системі.

3.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

З аналізу конструкції пристрою визначено найбільш навантажену ланку - вісь, що з'єднує шток пневмоциліндра з притискачем. «Проведемо розрахунок за напруженнями на зрізання.

Розрахунок вісі на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{Q}{F_{зр}} \leq [\tau]_{зр}, \quad (3.10)$$

де $F_{зр}$ – площа зрізу.

$$F_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2 = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ см}^2$$

$D = 10$ мм – діаметр вісі тоді:

$$\tau_{зр} = \frac{2848}{1,57} = 1814 \text{ Н/см}^2 < [\tau]_{зр}$$

$[\tau]_{зр} = 4500 \text{ Н/см}^2$, що є допустимою умовою» [17].

3.2.4 Розрахунок пристрою на точність

«Допустима похибка верстатного пристрою визначається за формулою:

$$\varepsilon_{дон} = T - \kappa \cdot \omega, \quad (3.11)$$

де T - допуск на відповідний розмір, $T = 0.12$ мм

κ – поправочний коефіцієнт, $\kappa = 1$

ω - похибка верстата, $\omega = 0.02$ мм

$$\varepsilon_{дон} = 0,12 - 0,02 = 0,1 \text{ мм.}$$

Похибка установки деталі в пристрої

$$\varepsilon_y = \sqrt{\xi_{\delta}^2 + \xi_3^2 + \xi_{пр}^2}, \quad (3.12)$$

де ξ_{δ} - похибка базування,

$$\xi_{\delta} = 0.5 \cdot T_d(1/\sin\alpha - 1) = 0.5 \cdot 0.12(1/\sin 45 - 1) = 0.02 \text{ мм.}$$

$$\xi_3 - \text{похибка закріплення, } \xi_3 = 0.012 \text{ мм.}$$

$\xi_{пр}$ – похибка пристрою,

$$\xi_{пр} = (1/4 \dots 1/10) T_d = (1/4 \dots 1/10) \cdot 0.3 = (0.075 \dots 0.03) \text{ мм.}$$

Приймаємо $\xi_{пр} = 0.03$ мм.

$$\varepsilon_y = \sqrt{0.02^2 + 0.012^2 + 0.03^2} = 0.038 \text{ мм.}$$

Так як $\varepsilon_{дон} = 0,1 > \varepsilon_y = 0,038$ мм. то пристрій сконструйовано вірно і забезпечує необхідну точність оброблення» [14].

3.2.5 Опис роботи пристрою для свердлування

Пристрій для свердлування складається з корпусу 3 на якому встановлено базові елементи – упори (рис. 3.8). На стойці 6 розташована відкідна кондукторна плита 7 з закріплюючим елементом 29. На корпусі 3 встановлено пневмипривод 1 з'єднаний штоком з притискним елементом 8.

Працює пристрій наступним чином: заготовка встановлюється на базові елементи, закривається кондукторна плита та закріплюється замком. Краном подають стиснене повітря у пневмоциліндр. Притискний елемент підходить до заготовки своїми губками, centruя її притискає до базового елемента. Проводиться оброблення.

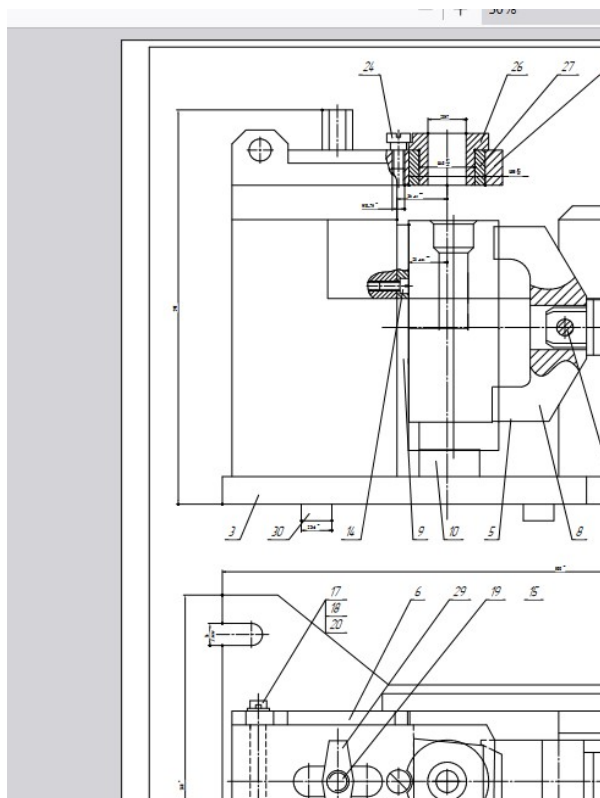


Рисунок 3.8 – Схема верстатного пристрою для свердлування

3.3 Проектування контрольного пристрою

3.3.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Для контролю непаралельності косих поверхонь деталі вибираємо наступну схему контролю, яка представлена на рис. 3.9. На деталь з двох сторін скосів встановлюються контрольні валіки та підтискаються гвинтом.

Після вимірювання розміру на кінцях валіків скобою-калібром або мікрометром робиться висновок по отриманих чисельних розбіжних результатів вимірювання про паралельність.

3.3.2 Вибір схеми контролю заданого параметру

Згідно рекомендацій [12], вибираємо наступну схему контролю непаралельності косих поверхонь. Схема зображена на рис. 3.9.

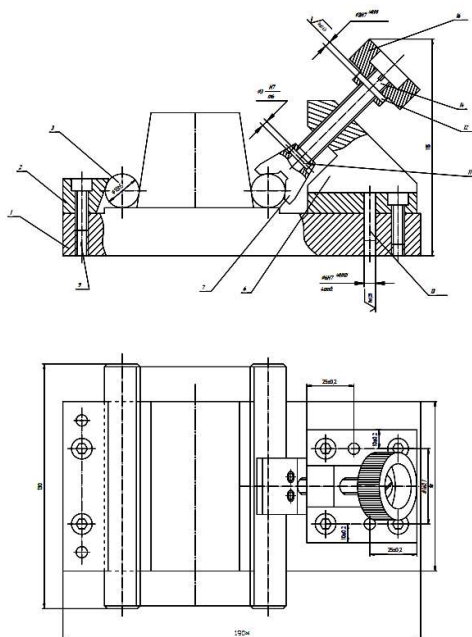


Рисунок 3.9 – Схема вимірювання параметру непаралельності поверхонь

3.3.3 Розрахунок пристрою на точність

«Визначаємо допустиму похибку пристрою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot T, \quad (3.13)$$

де T -допуск на контролюємий параметр, $T = 0,03$ мм. – допуск на непаралельність площин, взятий з креслення деталі» [14].

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot 0,03 = 0,009 \text{ мм}$$

«Визначаємо фактичну похибку пристрою:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{np}^2 + \varepsilon_{прил}^2 + \varepsilon_{зн}^2}, \quad (3.14)$$

де ε_{δ} – похибка базування деталі, $\varepsilon_{\delta} = 0$ (технологічна база співпадає з конструкторською);

ε_{np} - похибка виготовлення пристрою, $\varepsilon_{np} = 0,001$ мм;

$\varepsilon_{зн}$ - похибка зношення пристрою, $\varepsilon_{зн} = 0,005$ мм;

$\varepsilon_{прил}$ – похибка контрольно - вимірювального приладу:

$$\varepsilon_{прил} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.15)$$

де $Ц$ – ціна поділки контрольно - вимірювального приладу» [14].

Для контролю параметрів розмірів вибираємо скобу індикаторну, ціна поділки якої $Ц = 0,001$ мм.

$$\varepsilon_{прил} \approx \frac{0,001}{2} = 0,0005 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0,001^2 + 0,005^2 + 0,0005^2} = 0,0051 \text{ мм}$$

Отже фактична похибка обробки не перевищує допустиму $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{доп}$, тобто $0,009 > 0,0051$.

Таким чином фактична похибка контрольно-вимірювального пристрою $\varepsilon_{пр} = 0,013$ мм менше ніж допустима похибка $\varepsilon_{доп} = 0,015$ мм., тобто пристрій придатний для контролю

3.2.4 Принцип роботи пристрою

Згідно технічних вимог до виготовлення деталі необхідно контролювати паралельність поверхонь скосу. Деталь встановлюється між двома контрольними валиками, один з яких притискають до площини за допомогою гвинтового механізму. Потім проводимо заміри за допомогою важільної скоби у двох місцях на відстані не менше 100 мм. Різниця у вимірах буде непаралельністю поверхонь на 100 мм довжини.

3.2.4 Висновки до розділу 3

У конструкторському розділі розроблено та розраховано верстатний пристрій для протягування мастильної канавки та контрольний пристрій для визначення непаралельності поверхонь скосу. Спроектовано та розраховано на точність пристрій для контролю паралельності поверхонь скосу деталі «Повзун»

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1. Аналіз конструкції деталі Повзун правий 1116.407 у середовищі SolidWorks

«Процес дослідження у SolidWorks починається зі створення або імпорту геометричної моделі. Науковий підхід до моделювання передбачає не лише відтворення реальної форми деталі, а й раціональне спрощення, спрямоване на уникнення надлишкових геометричних дрібниць, що не впливають на глобальний напружений стан, але затримують збіжність розрахунку. Саме тому важливою частиною методики є попередній аналіз геометричних елементів і визначення тих ділянок, де необхідно зберегти високу точність опису поверхонь. Після завершення геометрії проводиться вибір матеріалу, який задається через базу даних SolidWorks або додається вручну з урахуванням експериментальних характеристик. Наукова достовірність розрахунку вимагає застосування реальних механічних параметрів: модуля Юнга, коефіцієнта Пуассона, границі текучості або міцності на розрив, що визначають закономірності пружної роботи конструкції та критерії втрати працездатності» [19].

Метою досліджень є інженерний аналіз конструктивних параметрів деталі Повзун правий 1116.407 на міцність та можливих переміщень елементів деталі при впливі робочих навантажень.

«У середовищі SolidWorks та модулі Simulation, користувач може проводити інженерні розрахунки і моделювати методом аналізу кінцевих елементів різні впливи робочих навантажень на виріб» [19].

«Основними особливостями модуля Simulation є:

- лінійний аналіз;
- втомний аналіз металу;
- нелінійний аналіз;
- теплової аналіз;

- частотний аналіз;
- аналіз виробів з пластмаси і гуми;
- динамічний аналіз і ін.

Моделювання методом аналізу кінцевих елементів (FEA) – це дискретизація проєктованих компонентів в тверде тіло, оболонку або балковий елемент, що використовує лінійний аналіз напружень для визначення реакції деталей і вузлів під впливом: - сили; - тиску; - прискорення; - температури. - контакт між компонентами.

Будь-який вид аналізу здійснюється у декілька етапів. Перелічимо необхідні для виконання аналізу кроки. Для здійснення розрахунків необхідно:

- 1) побудувати тривимірну модель виробу;
- 2) згенерувати кінцево-елементну сітку;
- 3) визначити матеріал моделі;
- 4) накласти граничні умови, що визначають суть фізичного явища, що підлягає аналізу;
- 5) виконати розрахунок;
- 6) проаналізувати результати» [19].

«Також можна врахувати напруження, що виникають внаслідок температурного розширення чи стиснення матеріалу або деформації конструкції на величину відомих переміщень. За допомогою програмного продукту SolidWorks користувач може оцінити міцність розробленої ним конструкції за напруженнями, що допускаються, визначити найменш надійні місця конструкції і внести необхідні зміни, конструктивно оптимізувати виріб» [19].

Тривимірну модель створюємо за допомогою програмного продукту SolidWorks, яка представлена на рис. 4.1.

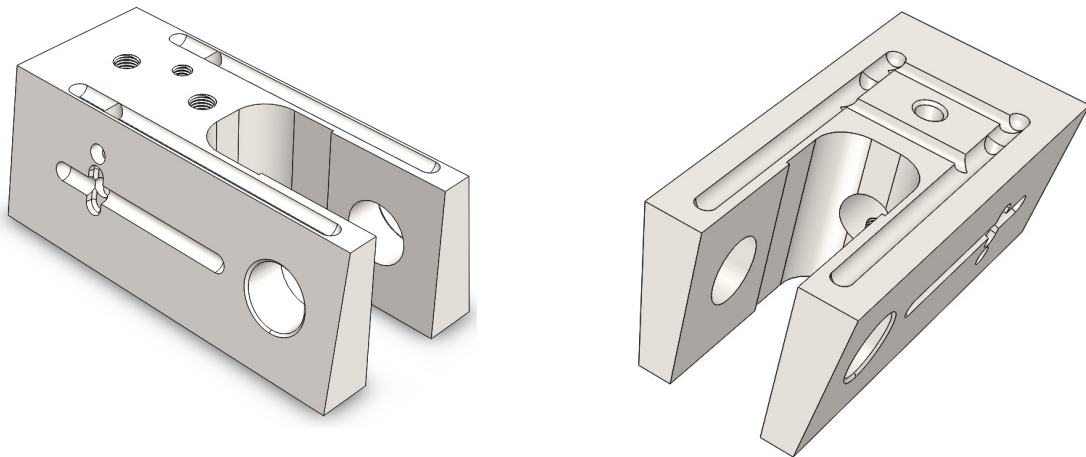


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд тривимірної моделі деталі Повзун правий 1116.407 з різних сторін

4.1.1. Розбиття моделі Повзун правий 1116.407 на скінчені елементи

«Користувач визначає параметри дискретизації – середній розмір скінченого елемента та, при необхідності, зони з більш мількою сіткою. Крім того, можливо дозволити системі самостійно керувати розмірами комірок у зонах із різкою зміною геометрії» [18].

У нашому випадку концентратором зусиль у Повзуні будуть торець та місце закріплення та місце боквого отвору.

«Після формування граничних умов задаються зовнішні навантаження. У контексті SolidWorks Simulation вони можуть мати форму сили, моменту, тиску, вагового навантаження, теплових впливів та комбінованих факторів. Ключова вимога полягає в тому, щоб прикладене навантаження було фізично обґрунтованим і відповідало сценарію, що досліджується. У науковій практиці завжди формулюється припущення про рівномірність або нерівномірність розподілу навантаження, напрям дії сили, характер контакту з робочими поверхнями та можливі ефекти концентрацій. Методика вимагає уважного ставлення до напрямку дії навантажень, оскільки саме цей параметр формує головну картину напруженого стану, визначає положення ділянок з максимальними еквівалентними напруженнями та впливає на величину

деформацій. Важливо також врахувати, що навантаження повинно бути прикладене до фізично реальної площини чи ребра, а не до штучно створеної геометрії» [18]. Схему сітки розбиття Повзуна на скінченні елементи зображено на рис. 4.2.

Для того, щоб здійснювати які-небудь розрахунки з твердотільною моделлю деталі необхідно визначити матеріал, з якого вона виготовлена.

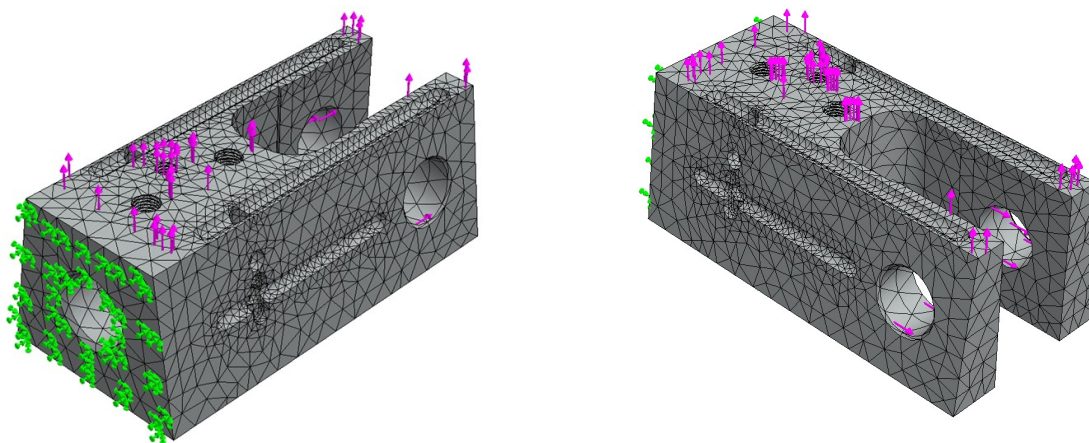


Рисунок 4.2 – Сітка деталі, побудована методом кінцевих елементів

Призначимо для нашої моделі згідно технічних умов матеріал виготовлення деталі Сталь 38ХМЮА з бази матеріалів SolidWorks.

4.1.2 Визначення переміщень окремих поверхонь деталі Повзун правий 1116.407

Навантаження виникає в процесі передачі руху від приводу кривошипно-шатунного механізму до робочого інструменту під час роботи деталі у вузлі (рис. 4.3) та створюють переміщення елементів деталі Повзун правий 1116.407. При значних зміщеннях можливе заклинювання рухомих вузлів.

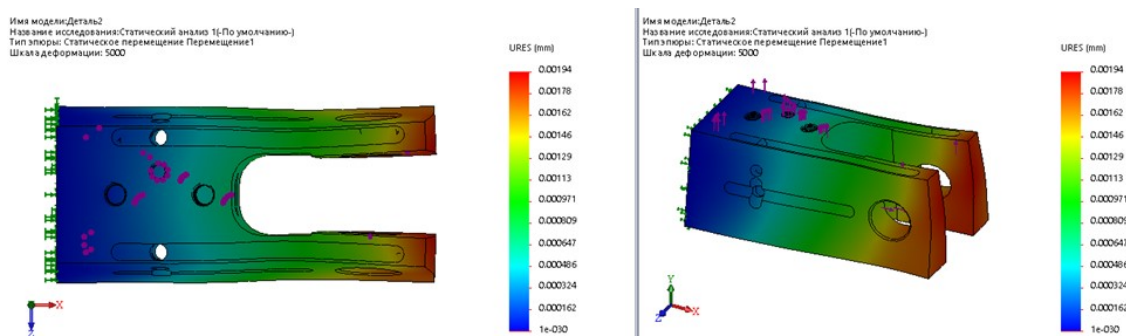


Рисунок 4.3 – Переміщення елементів деталі Повзун правий 1116.407 під дією робочих навантажень

Встановлено, що під дією робочих навантажень максимальні переміщення основних поверхонь складають – 0,00194 мм

4.1.3. Методика розрахунків на міцність елементів деталі Повзун правий 1116.407

«Після завершення обчислень дослідник отримує поле переміщень, деформацій і напружень, яке є візуалізованим у вигляді кольорових карт. Ці результати потребують наукової інтерпретації, оскільки сама по собі колірна гамма не дає однозначних відповідей. Поле переміщень дозволяє визначити загальну деформативність конструкції, її прогини та характерні напрямки переміщення. З наукової точки зору переміщення є первинною величиною, яку обчислює метод скінченних елементів, оскільки саме вони визначають напруження та деформації згідно із законом Гука. У контексті дослідження важливо оцінити, чи не перевищують прогини допустимих значень, встановлених стандартами або технічними умовами, адже надмірні переміщення можуть спричинити функціональну непридатність конструкції навіть у разі низьких напружень.

Аналіз поля деформацій дозволяє оцінити розподіл відносних змін форми та розмірів деталі. На практиці деформації рідко є критичним параметром,

однак у наукових дослідженнях вони часто використовуються для перевірки коректності обчислень, оскільки деформаційне поле має плавно змінюватися в межах моделі, без стрибків і артефактів, які можуть свідчити про неправильно сформовану сітку або некоректні граничні умови. Саме відсутність розривів у деформаційному полі є одним з індикаторів достовірності розрахунку.» [18].

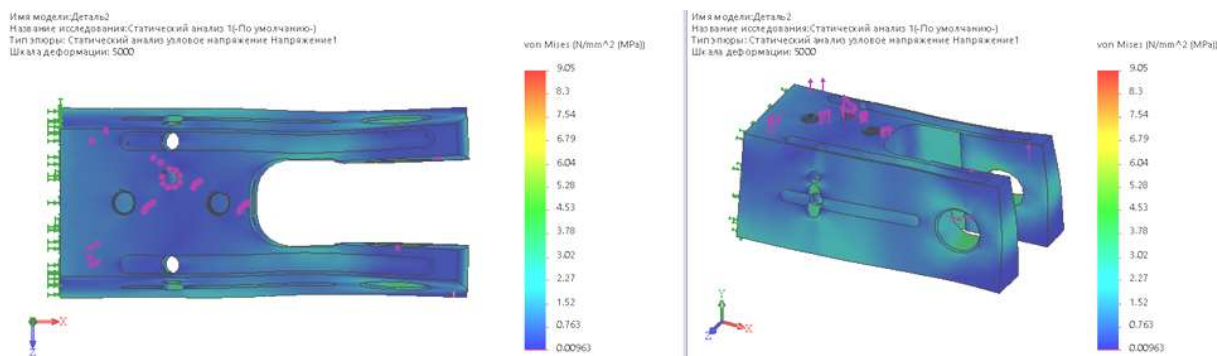


Рисунок 4.4 – Напруження в елементах деталі Повзун правий 1116.407

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок напружень рис.4.4 та деформацій поверхонь рис.4.5. Максимальні напруження в елементах деталі становлять 0,0453 МПа.

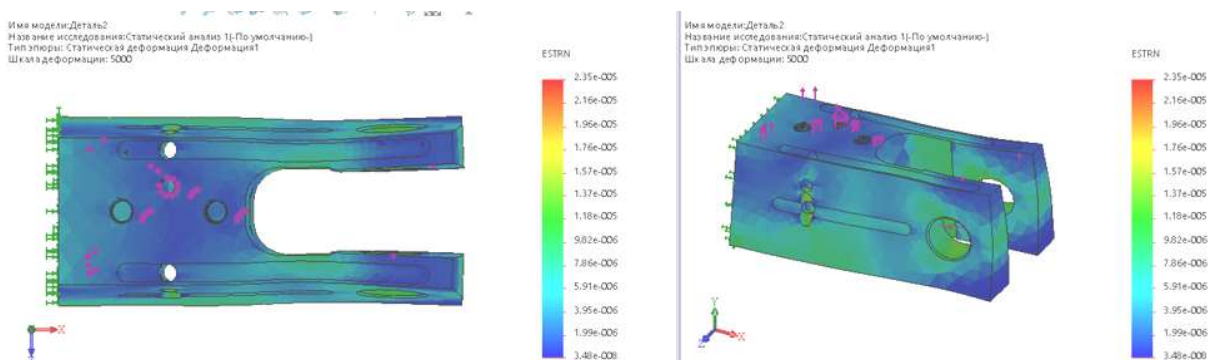


Рисунок 4.5 – Результати аналізу (деформація) деталі Повзун правий 1116.407

Наукова інтерпретація напружено-деформованого стану включає

порівняння отриманих значень із допустимими величинами, визначеними стандартами або технічними умовами на матеріали та конструкції. Це дозволяє здійснити кількісну оцінку запасу міцності, визначити можливі місця виникнення пластичних деформацій або руйнування, а також оцінити стійкість деталі до багатократних циклів навантаження. У контексті наукового дослідження важливо враховувати не лише максимальні напруження, але й розподіл напруженостей у всій конструкції, оскільки навіть локальні перевищення можуть впливати на довговічність виробу.

4.2. Висновки до розділу 4

Аналіз конструктивних параметрів деталі під робочим навантаженням показав, що в окремих зонах спостерігаються максимальні напруження за Мізесом на рівні 0,0453 МПа і максимальні переміщення 0,00194 мм. Ці значення знаходяться в межах допустимих норм, що забезпечують безперебійну роботу деталі.

Таким чином, деталь Повзун правий 1116.407 має достатній рівень жорсткості й здатна працювати під робочим навантаженням без суттєвих деформацій поверхонь. Конструктивних змін для збільшення розмірів окремих параметрів не потрібно.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Електробезпека на виробництві

«Сьогодні неможливо уявити життя без електричної енергії. Безліч різних електроустановок використовується в промисловості, будівництві, на транспорті, в сільському господарстві та інших галузях, в медичних, культурних закладах та в побуті.

За таких умов великого значення набувають питання захисту працівників, що обслуговують електроустановки, та інших осіб, які мають справу з експлуатацією електроустановок, від небезпеки ураження електричним струмом.

Аналіз нещасних випадків на виробництві, пов'язаних з тимчасовою втратою працездатності, показує, що кількість електротравм відносно невелика і становить близько 1% від загальної кількості виробничих травм.

Якщо розглядати нещасні випадки зі смертельним наслідком, постає зовсім інша картина. При цьому виявляється, що кількість смертельно травмованих в результаті ураження електричним струмом становить 15-18% від загальної кількості загиблих.

Щорічно органами Держнаглядохоронпраці розслідується близько 420-450 електротравм зі смертельними наслідками. Із них 220-230 випадків беруться на облік як такі, що пов'язані з виробництвом, зі складанням актів за формою Н-1 з усіма наслідками, що з цього випливають. Близько 70% смертельних уражень електрострумом на виробництві відбувається в електроустановках напругою до 1000 В, в основному в установках напругою 220-380 В. Це пояснюється значним поширенням таких установок, а також тим, що з такими установками має справу практично кожний працюючий на виробництві, тому потерпілі - працівники різних спеціальностей.

Понад 200 нещасних випадків з числа розслідуваних на облік не беруться через те, що здебільшого пов'язані з крадіжкою (випадки крадіжки електрообладнання та електроматеріалів, зокрема кольорових металів,

лічильників тощо, спроби сховати викрадене в розподільному пристрої 6-Ю кВ, а також випадки крадіжки електричної енергії безпосередньо накидом проводів на ПЛ різних напруг).

Таким чином, щороку в Україні електричним струмом смертельно травмуються понад півтори тисячі чоловік.

У вирішенні проблем електробезпеки беруть участь органи Держнаглядохоронпраці, Міненерго, вчені, державні адміністрації, господарники та ін.

Розвиток робіт щодо забезпечення електробезпеки здійснюється з урахуванням накопиченого в світі досвіду як в галузі наукових досліджень, так і в прикладному плані - вдосконалення способів та засобів захисту, опрацювання нормативних документів, підвищення діяльності енергослужб підприємств та організацій.

Щоб забезпечити безпечні умови праці під час експлуатації електроустановок на виробництві, а також безпечну експлуатацію побутових електроприладів, необхідно знати, як діє електричний струм на організм людини, які засоби захисту від ураження електричним струмом повинні застосовуватись в тих чи інших умовах, як правильно надати допомогу людині, яка постраждала від дії електричного струму.

Застосування електричної енергії пов'язане з небезпекою ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом.

При випадковому контакті неізольованого струмоведучого провідника з металевими частинами конструкцій устаткування на останніх з'являється небезпечна для людини напруга» [18].

5.2 Протипожежна безпека на машинобудівному підприємстві

«В промислових умовах самими розповсюдженими джерелами загоряння є:

1) іскри, що утворюються при коротких замиканнях, і нагрівання ділянок електромереж і електрообладнання, що виникає при їх перевантаженнях чи при появі великих перехідних опорів.

Точки коротких замикань можуть досягати великих значень. Вони здатні утворювати електричну дугу, що приводить до плавлення проводів, загоряння ізоляції, а також предметів, речовин і матеріалів, що можуть горіти, які знаходяться поблизу. Короткі замикання можуть виникати також при неправильному підборі і монтажі електромереж і електрообладнання, зношуванні старінні і пошкодженні ізоляції електропроводів і обладнання.

Перевантаження електромереж, машин і апаратів виникають при струменевому навантаженні, котре на протязі тривалого часу перевищує величини, що допускаються нормами;

2) тепло, що виділяється при терті під час ковзання підшипників, дисків, пасових передач, а також при виході газів під високим тиском і з великою швидкістю через малі отвори;

3) іскри, що утворюються при ударах металічних деталей одна об одну чи об абразивний інструмент;

4) тепло, що виділяється при хімічній взаємодії деяких речовин і матеріалів, наприклад лужних металів з водою, окислювачів з горючими речовинами, а також при само загорянні речовин, наприклад, промасленого спецодягу;

5) не іскрові заряди статичної електрики;

6) полум'я, променеве тепло, а також іскри, що утворюються, наприклад, при плавленні металу і заливанні ливарних форм, при роботі термічних печей, загартовувальних ванн;

7) іскри, що утворюються при електро- і газозварювальних роботах.

Виникнення пожежі можна попередити шляхом виконання відповідних інженерно-технічних заходів при проектуванні і експлуатації технологічного обладнання, енергетичних і санітарно-технічних установок, а також дотримання встановлених правил і вимог пожежної безпеки [18].

«Найважливішими пожежно-профілактичними заходами являються:

- правильний вибір електрообладнання і способів його монтажу з урахуванням пожежобезпеки навколишнього середовища, систематичний контроль працездатності захисних апаратів і пристроїв електрообладнання, постійний нагляд за експлуатацією електроустановок і електромереж силами електротехнічного персоналу;
- попередження перегріву підшипників, деталей і механізмів, що труться шляхом своєчасного і вчасного змащування, контролю за температурою і т. д.;
- обладнання ефективної вентиляції, що виключає можливість утворення в приміщенні вибухонебезпечної суміші, і забезпечення нормальної роботи вентиляції в камерах де здійснюється покраска і сушіння і інших апаратах;
- створення умов, що забезпечують пожежну безпеку при роботі з нагрітими до високої температури виробами і розплавленим металом, при зварювальних і інших вогневих роботах;
- ізолювання вогнедіючих промислових установок і опалювальних приборів від легкозаймистих конструкцій і матеріалів, а також дотримання режиму їх експлуатації;
- забезпечення надійної герметизації промислового обладнання і трубопроводів з вогнебезпечними продуктами і негайне усунення несправностей при виявленні утічок продуктів в навколишнє середовище;
- заборонення зберігання, транспортування і утримування на робочих місцях вогнебезпечних рідин і розчинів в відкритих ємкостях (в відрах, відкритих баках і т. д.);
- ізоляція речовин, що самозагоряються від інших речовин і матеріалів, виконання правил безпечного їх зберігання і систематичний контроль стану цих речовин;

- попередження появи іскрових розрядів статичної електрики при обробці матеріалів чи використанні рідин, що схильні до електризації;
- своєчасне видалення промаслених обтирочних матеріалів і вогнебезпечних промислових відходів в спеціальні відведені для цього місця;
- проведення роз'яснювальних робіт серед робочих і працівників по дотриманню правил пожежної безпеки» [18].

«При розробці і здійсненні заходів по усуненню причин виникнення пожеж особливу увагу слід приділяти пожежонебезпечним цехам і ділянцям (лакофарбованих покриттів, деревообробки і ін.). В цих цехах і на ділянках необхідно широко застосовувати прибори і апарати автоматичного регулювання параметрів, котрі впливають на зниження пожежної безпеки технологічного процесу виробництва.

Цехи холодної обробки металів – збірні, слюсарні, ремонтно-механічні, електромеханічні і ін. – великої пожежної небезпеки не представляють, однак виникнення пожеж не виключається. Причинами пожежі можуть бути: горіння проводів і електромоторів в результаті коротких замикань і перевантажень; спалахи бензину чи керосину, що застосовується для обезжирювання (промивки) деталей; горіння підшипників в результаті поганого змащування; горіння пасів трансмісій внаслідок поганого натягу; само загоряння охолоджуючих рідин на верстатному обладнанні в випадках застосування рідин з низькою температурою само загоряння; промаслених обтирочних матеріалів, одягу, металічної стружки і ін., своєчасно не прибраних; несправності приборів опалення чи порушення правил їх експлуатації» [18].

«Пожежну небезпеку в майстернях холодної обробки металів являють рідини, що застосовуються для охолодження оброблюваних деталей і інструментів. Це звичайно горючі і легкоспалахуючі рідини.

Температура загоряння багатьох рідин, що застосовуються для охолодження невисока (як правило, близько 200 °С). В той же час при великих швидкостях різання металу оброблювана деталь і ріжучий інструмент на

верстатах сильно нагріваються, тому при зменшенні чи зупинці подачі охолоджуючої рідини може виникнути загоряння. Загоряння також відбудеться, якщо для охолодження застосовують рідини з температурою само загоряння нижчою, ніж передбачено технологічним процесом.

Щоб виключити можливість виникнення загоряння охолоджуючих рідин на верстатах, необхідно: слідкувати за справністю насосів, що подають охолоджуючу рідину; зупиняти роботу верстату при зупиненні роботи насосу; при збільшенні швидкості різання на верстатах і збільшення їх продуктивності пропорційно збільшувати подачу рідини для охолодження, не замінити рідин для даного верстату, іншими, з меншою температурою самозагоряння; при виборі рідин для охолодження надавати перевагу рідинам з більшою температурою самозагоряння та спалаху; по закінченні робочого дня очищати верстати і видаляти промаслену стружку; періодично (один раз в тиждень) ретельно прибирати усі верстати, особливо автомати.

В слюсарних і ремонтно-механічних майстернях механічну тирсу і стружку потрібно щоденно прибирати всі обтирочні матеріали з приставшим до них металічним пилом обов'язково складати в металічні ящики з герметичними кришками і по закінченні робіт виносити їх з приміщення.

Дерев'яні підлоги в виробничих цехах повинні бути без пустотними, щільними, без щілин. Щілини сприяють накопиченню під підлогою горючого сміття, промаслених тряпок, що може призвести до самозагоряння і пожежі.

Цехи холодної обробки металів відносяться до підприємств категорії Г пожежонебезпечні, оскільки процес обробки металів супроводжується виділенням тепла, іскор і полум'я; використанням мастильно-охолоджувальних речовин, котрі також можуть буди джерелом пожежі.

Обезжирювання металічних деталей. Металічні деталі (заготовки) часто промивають в таких рідинах, як бензин і керосин, які легко загоряються. Зберігають бензин і керосин в окремих приміщеннях в закритих металічних бідонах з спеціальним пристроєм для розливу в кількості, що не перевищує

добової норми. По закінченні роботи рідини зливають і виносять в кладовки. Посудини, в яких промивають деталі, повинні закриватися кришкою.

Якщо деталі промивають в приміщенні, де проводять роботи, пов'язані з можливістю появи іскор (наприклад при ремонті і випробуванні електродвигунів і електрогенераторів), то при невеликому об'ємі роботи необхідно влаштувати спеціальну витяжну шафу зі світильниками з вибухозахисним захистом.

При великому об'ємі робіт спеціальні промивочні ванни з бензином і керосином виносять в окреме приміщення з виходом в сусіднє приміщення через тамбур-шлюз, захищений двійними важкозоряючими дверима. Ванни забезпечують кишками, що автоматично закриваються (на випадок пожежі) і місцевим бортовим відсосом, що виключає попадання парів рідин що легко загоряються в приміщенні.

При використанні для промивки бензину і керосину в кількості більше 100 кг посудину (бочку) встановлюють в окремому приміщенні на спеціальному помості і постачають спеціальним краном з вогневим трубчатим запобіжником типу БК. Горловину закривають пробкою на різьбі і захищають запобіжником. Роздача рідин при допомозі ручного насосу-ліверу чи перекиданням заборонена. Роздавати рідину можна лише через кран, під який підставлена посудина. Над місцем зберігання встановлюють природну витяжку з дефлектором.

Заповнюють ванни для промивки само стоком із напорних бачків, встановлених зовні приміщення для промивки, чи за допомогою насосів.

З огляду на підвищену небезпеку використання керосину і без низу ці рідини по можливості заміняють лужними розчинами. В деяких випадках застосовують спеціальні суміші» [18].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В дипломній роботі вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК фірми HAAS (США). Виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу двох варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки методом ковки на молотах.

В конструкторському розділі спроектовано та виконано розрахунки верстатних пристроїв для фрезерування та свердлування. Для виконання технічних вимог на деталь та забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано та розраховано контрольно-вимірювальний пристрій.

У програмному продукті SolidWorks проведено аналіз переміщення та прогин конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні. Виявлено в деяких конструктивних елементах максимальні напруження по Мізесу 0,419 МПа, та максимальні переміщення елементів конструкції деталі на 0,003468 мм., що є в межах допустимої норми.

В розділі охорони праці розглянута електробезпека та ротиопожежна безпека на машинобудівному підприємстві.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Повзун правий 1116.407», специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
3. Шабайкович В. А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
4. Технологія машинобудування. [Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А., Петраков Ю. В.] Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
5. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009 528 с.
6. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І. І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
7. 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.
8. Залога В. О. О.О. Залога О. О., В.Д. Гончаров В. Д. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник.; за загальн. ред. В. О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
9. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
10. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.

11. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
12. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. [Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г.] Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
13. Гордєєв А. І. Урбанюк Є. А., Сілін Р. С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
14. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.
15. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726с.
16. Железна А. М., Кирилович В. А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
17. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.
18. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.
19. Пустюльга С. І., Самостян В. Р., Клак Ю. В. Інженерна графіка у SolidWorks. Навчальний посібник. Луцьк. 2018, 174 с.
20. Паспорт верстата 2P135Ф2 – 1.

ДОДАТКИ