

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
Назва теми

«Корпус 356-78-14» з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія
Цифра і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Цифра і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРМ.ФІТА.ПМ.23.10.ПЗ

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-22-1
Назва



Вадим КОХАНЮК
Ім'я, прізвище

Керівник каф. тех. наук, доцент
Назва кафедри, ступінь, звання



Микола КОСТЮК
Ім'я, прізвище

Нормоконтролер каф. тех. наук, доцент
Назва кафедри, ступінь, звання



Сергій БІЛІЙ
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри
технологій машинобудування
Назва



Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Дата 18.07.2023

Завідувачу кафедри

Віталія Казюка

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Вадим Котанюк

ЗАЯВА

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

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

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

18.12.2023

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджую ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продуктованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 356-78-14» з використанням перстатів з ЧПК
 Автор Вадим КОХАНЮК
 Освітня програма Технології машинобудування
 Спеціальність: 131 Прикладна механіка
 Науковий керівник: Микола КОСІЮК

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, вказані в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Так
2	Вказані запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються деталі та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відрегонована.	Так
3	Вказані запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути дозושена до захисту після того як буде відрегонована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	Так
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані способи укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	ні
5	Інше:	

Підтвердження:

... Текст вважається унікальним і не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням

Дата 19.12.2025

Завідувач кафедри [підпис] Віталій ТКАЧУК
Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми [підпис] Віталій ТКАЧУК
Підпис Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи [підпис] Микола КОСІЮК
Підпис Ім'я, прізвище

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу Вадима КОХАНЮКА
Тема роботи: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
"Корпус 356-78-14" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломної роботи, та її зміст відповідають обраній спеціальності.
Дипломна робота має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломній роботі студент проаналізував конструкцію обраної деталі,
її технологічність та визначив тип виробництва.

Обрав (економічно обґрунтувавши) метод отримання заготовки -
вливка в пісчано-глинисту форму, в подальшому був розроблений
технологічний процес механічного оброблення корпусу з використанням
сучасного м/р устаткування з ЧПК фірми HAAS. Згідно виданого завдання
розраховані припуски на оброблення, визначені режими різання, норми
штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені
відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено верстатний пристрій для
фрезерної операції та пристрій для контролю торцевого биття.

У дослідницькому розділі викладені результати дослідження коливань і
точності обробки при багатоінструментальному тонкому розточуванні. У
відділі охорони праці наведені поради щодо створення безпечних умов праці
на виробництві.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ,
розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням
основних вимог високому рівні. Все це свідчить про досить високий рівень
дипломника як сформованого молодого фахівця.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на
достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент:  к.т.н., доцент Олег БАБАК

« 18 » « грудня » 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури

Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістр)

Галузь знань 13 механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

Віталій ТКАЧУК

_____._____.2023

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

Коханюку Вадиму Вікторовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус 356-78-14» з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Косіюк Микола Миколайович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 серпня 2023 р. № 30

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 грудня 2023

3 Вихідні дані до проекту (роботи) кресленик деталі Корпус 356-78-14 та технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 5 тис.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

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

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

6 Консультанти розділів дипломної роботи (за наявності)

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

7 Дата видачі завдання

3.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	01.10.2023	
2 Технологічний розділ	01.11.2023	
3 Конструкторський розділ	20.11.2023	
4 Дослідницький розділ	10.12.2023	
5 Охорона праці	15.11.2023	

Студент

_____ **Вадим КОХАНЮК**
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)

_____ **Микола КОСПЮК**
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
«Корпус 356-78-14» з використання верстатів з ЧПК

Пояснювальна записка включає 92 сторінки та додатки зі специфікаціями креслеників, технологічною документацією та програмою для верстата з ЧПК. Графічна складова роботи складається з 9 аркушів формату А1. Відповідно до завдання, було процес механічного оброблення для виготовлення Корпусу 356-78-14 з річною програмою випуску 5 тис. штук.

У пояснювальній записці містяться всі необхідні розрахунки та розділи, відповідні вимогам роботи. Загальний розділ аналізує технічні умови, базуючись на функціональному призначенні виробу, заводських технологічних процесах та останніх досягненнях у виготовленні подібних виробів. Це утворює початкові завдання, що детально розглядаються в подальших частинах проекту.

Розроблено механізовані пристрій із пневмоприводом для закріплення заготовки на вертикально-фрезерній операції при обробленні циліндричних поверхонь та отворів, а також контрольний пристрій.

Розроблено заходи з охорони праці і навколишнього середовища.

Автор роботи: Вадим КОХАНЮК

2023 р.

/Підпис/

Дата

ABSTRACT:

The topic of the work "Development of the technological process for manufacturing the component 'Casing 356-78-14' using CNC machines."

The explanatory note consists of 102 pages and appendices containing specifications of drawings, technological documentation, and a program for the CNC machine. The graphical component of the work comprises 9 sheets in A1 format. According to the task, the process of mechanical processing was carried out to produce the 356-78-14 casing with an annual production program of 5,000 pieces.

The explanatory note includes all necessary calculations and sections corresponding to the requirements of the task. The general section analyzes technical conditions based on the functional purpose of the product, factory technological processes, and recent advancements in manufacturing similar products. This forms the initial tasks that are elaborated on in subsequent parts of the project.

A mechanized device with pneumatic drive was developed for securing workpieces during vertical milling operations for processing cylindrical surfaces and holes, along with a monitoring device.

Measures for occupational health and safety, as well as environmental protection, have been devised.

The author of the work

Vadim KOHANIUK

2023 p.

/Signature/ Date

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ	8
1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи	8
1.2 Аналіз об'єкта виробництва	8
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва	11
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	12
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	12
2.2 Розрахунок припусків під обробку	16
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	26
2.4.1 Технологічний маршрут механічної обробки деталі	26
2.4.2 Вибір засобів технологічного оснащення	27
2.5 Розрахунок режимів різання	36
2.6 Нормування технологічного процесу механічної обробки	40
2.7 Розроблення в САМ ESPRIT програми оброблення на верстаті	41
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	.....
3.1 Проектування верстатного пристрою для	.....
3.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої	.....
3.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою	.....
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність	.....
3.1.4 Розрахунок пристрою на точність	.....
3.1.5 Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи	.....
3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	.....
3.2.1 Розробка схеми вимірювання	.....
3.2.2 Розрахунок пристрою на точність	.....
3.2.3 Принцип роботи пристрою	.....

3.3 Проектування різального інструменту.....	
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	
Список використаних джерел	
Додатки.....	

Вступ

Мета керівників та організаторів машинобудівного виробництва полягає у створенні мережі середніх та малих підприємств, які спеціалізуються на виготовленні деталей, вузлів та модулів для сучасної техніки. Такий підхід успішно вживається в розвинених країнах Заходу і є важливою "інфраструктурою" для сучасного машинобудування. Разом із спеціалізованими підприємствами з виробництва заготовок, інструментів та оснастки, ця мережа має утворювати основу для комплексу галузей загального машинобудування.

Збільшення обсягів виробництва можливе через розподіл праці та спеціалізацію виробництва, зокрема, за допомогою функціонального підходу до проектування та виробництва техніки. Сучасна модель машинобудування повинна поєднувати високоспеціалізоване виробництво функціональних вузлів і деталей з високим рівнем розробки технічних пристроїв та враховувати культурні та кваліфікаційні аспекти.

Основні завдання на цьому етапі переходу економіки країни до ринкових відносин включають у себе уникнення зниження обсягів виробництва, збільшення частки товарів народного вжитку в загальному обсязі продукції, впровадження нових методів господарювання, зокрема, приватизації трудових колективів малих та середніх підприємств. Також на передньому плані стоїть підвищення продуктивності праці через зміни в підході до праці, використання нового обладнання та технологій у співпраці з розвиненими країнами, а також розширення ринків збуту та впровадження міжнародних стандартів ISO у загальному машинобудуванні.

Національне машинобудування поки що недостатньо забезпечене якісним інструментом, оснасткою та передовими технологічними пристроями. У майбутньому важливо забезпечити значно прискорений розвиток в Україні спеціалізованого виробництва інструментів та технологічної оснастки.

Основним завданням в сучасному періоді є уникнення розпаду економіки, виробничих підприємств, збереження зв'язків між підприємствами та подолання зниження виробництва.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та постановка задач дипломної роботи

Завдання роботи полягає у розробленні процесу механічного оброблення деталі корпус 356-78-14. Головна мета полягає в автоматизації технологічного процесу, оскільки універсальне обладнання, що зараз використовується, не відповідає сучасному рівню розвитку науки, техніки та технології.

Автоматизація виробництва у машинобудуванні є складною задачею, що потребує створення нового сучасного обладнання, технологічних процесів та систем управління. Це сприяє підвищенню продуктивності праці, поліпшенню умов праці, зменшенню потреби у робочій силі, що призводить до зниження собівартості виробу, підвищення якості продукції та зменшення виробничого травматизму.

Для досягнення цих цілей в серійному виробництві необхідно створити умови, які відповідають високій продуктивності масового виробництва, а також здатності до гнучкого виробництва малими партіями продукції.

У роботі необхідно розробити технологічний процес механічного оброблення деталі «Корпус 356-78-14».

1. Базова інформація

- кресленик деталі;
- матеріал деталі – сталь 35Л ДСТУ 8781:2018
- Програма випуску деталі N = 5000 шт.
- режим роботи підприємства – двозмінний.

2. Керівна інформація - стандарт підприємства ДСТУ 1.0-93

3. Довідкова інформація [2, 4].

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь корпус є елементом зборки «Гальмо електромагнітне», в який надалі встановлюються: гальмо електромагнітне, кільце, пробки.

До основних поверхонь деталі відносяться: отвори діаметром 370Н9 мм і 365Н8 мм, в які встановлюється гальмо електромагнітне; поверхня діаметром 390h8 мм, яким гальмо встановлюється в подальше складання.

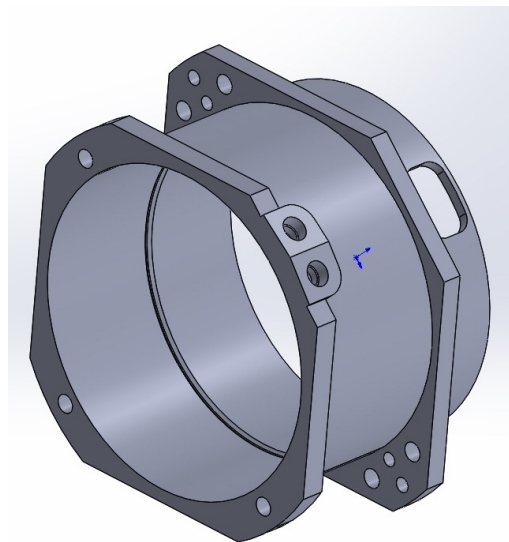
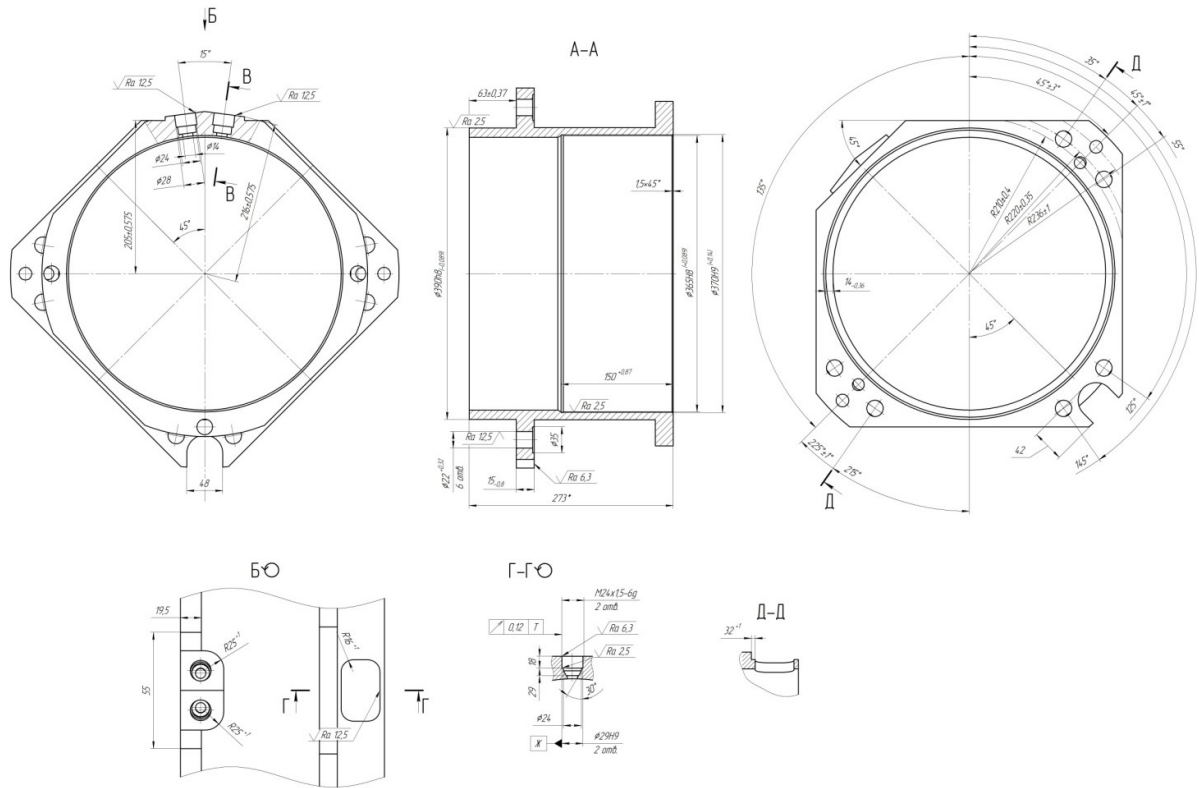


Рисунок 1.1 – Деталь корпус

"Корпус" виготовляється з марки сталі 35Л ДСТУ 8781:2018

Дана сталь застосовується для виготовлення корпусу і обойми турбомашин, станини прокатних станів, зубчасті колеса, деталі гідротурбін, тяги, бігунки, баби парових молотів, засувки, балансири, діафрагми, катки, вилки, кронштейни та інші деталі, що працюють під дією середніх статичних та динамічних навантажень. Для стяжних коліс, плаваючі головок підігрівачів та теплообмінників, що працюють за температури від -30 до +450°C.

Хімічний склад сталі 35Л наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Хімічний склад сталі 35Л

C, %	Si, %	Mn, %	P не більше, %	S не більше, %
0,32÷0,4	0,2÷0,52	0,45÷0,9	0,06	0,06

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції деталей оцінюється якісно та кількісно за ДСТУ EN 62304:2014 та ДСТУ ГОСТ 2.601:2006:

- раціональним вибором вихідних заготовок та матеріалів;
- простотою форми деталі;
- раціональним проставленням розмірів;
- призначенням оптимальної точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, параметрів шорсткості та технічних вимог.

Технологічний контроль креслень зводиться до ретельного вивчення. Робочі креслення оброблюваних деталей повинні містити всі необхідні відомості, які дають повне уявлення про деталь, тобто всі проекції, розрізи та перерізи, які абсолютно чітко і однозначно пояснюють конфігурацію та можливі способи отримання заготовки.

Для визначення кількісної оцінки технологічності деталі використовують кілька коефіцієнтів.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Виробнича програма випуску виробу та визначення типу виробництва

Тип виробництва визначений приблизно. Надалі після розробки технологічних процесів складання та виготовлення деталі серійність виробництва буде уточнюватися. Уточнення проводиться у разі коефіцієнту закріплення операцій відповідно до ДСТУ ГОСТ 13682:2008.

Для середньосерійного виробництва визначається розмір партії запуску:

$$n = \frac{N \cdot \alpha}{F},$$

де N – річна програма, шт;

α – період запуску в днях, приймаємо $\alpha=6$;

F – число робочих днів у році, для 2023-го року $F=247$;

$$n = \frac{600 \cdot 6}{247} = 14,57 = 15 \text{ шт.}$$

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Для того щоб вибрати раціональний метод отримання заготовки для виготовлення деталі необхідно порівняти два технічно рівноцінні варіанти отримання заготовки на основі укрупненого економічного розрахунку. Вибрати заготовку – значить встановити спосіб її отримання, намітити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри та вказати допуски на неточність виготовлення. При виборі заготовки, способу її отримання необхідно прагнути максимального наближення форми та розмірів заготовки до параметрів готової деталі та зниження трудомісткості заготівельних операцій

Виходячи з конструкції деталі, та враховуючи застосований матеріал, заготовку можна отримувати лише литтям у ПГФ. При виборі виду заготовки

та методів її виготовлення розглядаються два альтернативні варіанти. У першому випадку заготовка виходить литтям у піщано-глинистій формі, другим – литтям у кокіль.

Розрахунок заготовки, що отримується литтям у піщане – глинисті форми

Матеріал – Сталь 35Л

Клас розмірної точності – 11

Ступінь короблення елементів виливків - 3

Ступінь точності поверхонь - 10

Шорсткість (Ra, мкм) - 16

Ряд припусків-6

Маса деталі – 7,24 кг.

Розміри виливків у ПГФ представлені у таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Розміри виливки в ПГФ

Розмір деталі, мм	Припуски на сторону, мм	Розмір заготовки, мм
20±1	2,1	22,5±0,8
273	3,1·2	279,5±1,8
Ø365H8	5,3·2	Ø354±2
Ø370H9	5,3·2	Ø359±2
Ø390h8	5,3·2	Ø401±2

Допуск маси виливки трохи більше 20%.

$$Q_3 = 47,24 + 20\% = 8,68 \text{ кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалів:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{47,24}{49,85} = 0,95.$$

Вартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = a_i \cdot Q_i \cdot m_{\delta}$$

де Q_i – маса матеріалу по варіанту, кг;

m_{δ} – вартість одного кілограма заголовки, виготовленої базовим способом;

$$C_{\text{заг}} = 0,35 \cdot 49,85 \cdot 360 = 62,8 \text{ грн}$$

a_i – коефіцієнт відносної 1 кг заготовки.

З додатку В вибираємо значення коефіцієнт для заготовок:

$$\alpha_i = k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{П}}$$

де k_T - коефіцієнт, що залежить від класу точності заготовки, 1,1,

k_C - від групи складності, 1;

k_B - від маси заготовки, 1;

k_M - від марки матеріалу, 5,1;

$k_{\text{П}}$ – від об'єму виробництва, 1.

$$\alpha_i = 1,06 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 1,21 = 0,35.$$

Величина Q_B оцінюється за такою формулою:

$$Q_B = \frac{Q_a}{K_{\text{ВМ}}}$$

де Q_d - маса деталі робочими креслення, кг.;

k_{BM} – середній коефіцієнт використання матеріалу для обраного отримання заготовки 0,95.

$$Q_B = \frac{7,24}{0,95} = 7,85 \text{ кг.}$$

Розрахунок заготовки, що отримується литтям у кокіль

Матеріал – Сталь 35Л

Клас розмірної точності – 11

Ступінь короблення елементів виливків – 3

Ступінь точності поверхонь – 10

Шорсткість (R_a , мкм) - 16

Ряд припусків - 6

Маса деталі – 7,24 кг.

Розміри виливків кокіль представлені в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – Розміри виливки в кокіль

Розмір деталі, мм	Припуски на сторону, мм	Розмір заготовки, мм
20±1	2,1	22,5±0,8
273	3,1·2	279,5±1,8
Ø365H8	5,3·2	Ø354±2
Ø370H9	5,3·2	Ø358±2
Ø390h8	5,3·2	Ø401±2

Допуск маси виливки трохи більше 20%.

$$Q_3 = 47,24 + 20\% = 56,68 \text{ кг.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалів:

$$K_{BM} = \frac{Q_d}{Q_3},$$
$$K_{BM} = \frac{47,24}{Q_3 49,85} = 0,95.$$

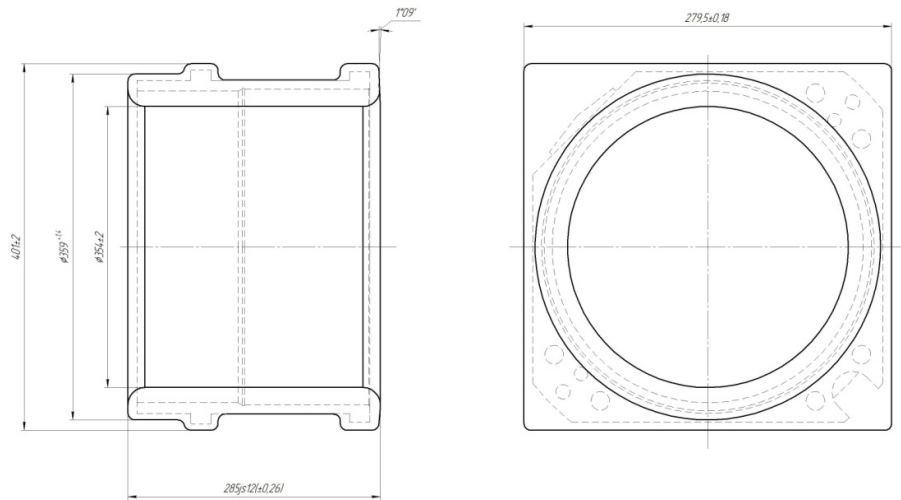


Рисунок 2.1 – Заготовка

Вартість заготовки:

$$C_{заг} = a_i \cdot Q_i \cdot m_{\delta}$$

де Q_i – маса матеріалу по варіанту, кг;

m_{δ} – вартість одного кілограма заготовки, виготовленої базовим способом;

$$C_{заг} = 0,35 \cdot 49,85 \cdot 300 = 52,4 \text{ грн}$$

a_i – коефіцієнт відносної 1 кг заготовки.

З додатку В вибираємо значення коефіцієнт для заготовок:

$$\alpha_i = k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{П}$$

де k_T - коефіцієнт, що залежить від класу точності заготовки,

k_C - від групи складності;

k_B - від маси заготовки;

k_M - від марки матеріалу;

$k_{П}$ – від об'єму виробництва.

$$\alpha_i = 1,06 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 1,21 = 0,35.$$

Величина Q_i оцінюється за такою формулою:

$$Q_i = \frac{Q_a}{K_{ВМ}}$$

де Q_d - маса деталі робочими креслення, кг.;

$k_{\text{вм}}$ – середній коефіцієнт використання матеріалу для обраного отримання заготовки 0,95.

$$Q_i = \frac{47,24}{0,95} = 49,85 \text{ кг.}$$

З економічних міркувань, бачимо, що ПГФ виходить дешевшим. Але лиття в кокіль не отримаємо такої форми. В даному випадку вибираємо лиття в ПГФ, що дозволить скоротити час за рахунок зменшення числа проходів на механічну обробку і сучасного обладнання та інструменту.

2.2 Розрахунок припусків під обробку

Розрахунок припусків на механічну обробку здійснюється після вибору оптимальних для даних умов технологічного маршруту та вибору методу одержання заготовки.

Розрахунок проводиться розрахунково-аналітичним методом. Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході похибок обробки та дефектів поверхневого шару, одержаних на попередньому переході.

Припуск на діаметр під час обробки внутрішніх поверхонь обертання:

$$2Z_{i \text{ min}} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{\Sigma i-1})^2} \right)$$

де $Z_{i \text{ min}}$ – мінімальний припуск;

$R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередніх переходах;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетинів осей) і в деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності перед переходами, мкм);

ϵ_{y_i} – похибка установки заготовки на переходах.

Сумарне відхилення визначається за такою формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_{\Delta}^2}$$

де $\Delta_{\Sigma_k}^2$ – загальне відхилення осі від прямолінійності визначається за формулою;

$$\Delta_{\Sigma_k}^2 = \Delta_k \cdot L$$

де $\Delta_k=0$ мкм — кривизна поверхні залежно від ступеня короблення;

L - довжина виливка; 278 мм;

$$\Delta_{\Sigma_k}^2 = 0 \cdot 278 = 0 \text{ мкм}$$

Δ_{Δ} – зміщення осі заготовлі внаслідок похибки центрування визначається за формулою;

$$\Delta_{\Delta} = 0,25 \cdot Td,$$

де Td – допуск на діаметральний розмір бази заготовки, використаний під час центрування. 400 мкм;

$$\Delta_{\Delta} = 0,25 \cdot 400 = 100 \text{ м}$$

$$\Delta = \sqrt{0^2 + 100^2} =$$

Залишкова величина просторового відхилення після попередньої обробки визначається за такою формулою:

$$\Delta_i = K_y \Delta_{i-1},$$

де K_y — коефіцієнт уточнення форми;

$K_{y1} = 0,03$ – для чорнового розточування;

$K_{y2} = 0,02$ – для чистового розточування.

Для чорнового розточування:

$$\Delta_1 = 0,05 \cdot 102 = 5 \text{ мкм.}$$

Для чистового розточування:

$$\Delta_2 = 0 \cdot 5 = 0 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення $\varepsilon=0$ мкм.

Далі проводиться розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків:

для чорнового розточування:

$$2Z_{l\ min} = 2 \left(200 + 200 + \sqrt{1600^2 + 0^2} \right) =$$

для чистового розточування

$$2Z_{l\ min} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{96^2 + 0^2} \right) =$$

Графа «розрахунковий розмір» (d_p) заповнюється, починаючи з кінцевого, у даному випадку креслярського розміру, послідовним додаванням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_p = 389,961 - \text{для чистового розточування};$$

$$d_p = 389,961 + 0,392 = 390,353 - \text{для чорнового розточування};$$

$$d_p = 390,353 + 4 = 394,253 - \text{для заготовок}.$$

Визначаємо максимальний граничний розмір сумою мінімального розміру та допуску T_d :

$$d_{\min} = 389,961 + 0,23 = 390,191 - \text{для чистового розточування};$$

$$d_{\min} = 390,353 + 0,57 = 390,923 - \text{для чорнового розточування};$$

$$d_{\min} = 394,253 + 1,7 = 396,053 - \text{для заготовок}.$$

Визначаємо граничні значення припусків:

$$2Z_{\min} = 390,353 - 389,961 = 0,392 \text{ мм} - \text{для чистового розточування};$$

$$2Z_{\min} = 394,253 - 390,353 = 5 \text{ мм} - \text{для чорнового розточування}$$

$$2Z_{\max} = 390,323 - 390,191 = 0,732 \text{ мм} - \text{для чистового розточування};$$

$$2Z_{\max} = 396,053 - 390,923 = 5,13 - \text{для чорнового розточування}.$$

Розрахунок загальних припусків:

$Z_o\ \max = 0,191 + 0,732 + 5,13 = 6,053$ мкм - загальний максимальний припуск;

$$Z_o\ \min = 0,05 + 0,392 + 4 = 4,892 \text{ мкм} - \text{загальний мінімальний припуск}.$$

У таблиці 2.2 наведено розрахунок припусків на обробку

Таблиця 2.2 — Припуск на поверхню

Технологічний перехід обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Допуск TD, мм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	h	Δ_{Σ}	ϵ		min	max	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	200	1600	–	1,7	394,353	396,053	–	–
Обточування чорнове IT12	50	50	96	–	0,570	390,353	390,923	4000	5130
Обточування чистове IT10	20	20	5	–	0,230	389,961	390,191	392	732
Шліфування попереднє $390h_{(-0,089)}$	10	15	0	–	0,089	389,911	390	50	191

Перевірка правильності розрахунків проводиться за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = T_{d\text{заг}} - T_{d\text{дет.}}$$

$$6,053 - 4,892 = 1,7 - 0,089,$$

$$1,611 = 1,611. \text{ Умова виконується.}$$

2.3 Вибір технологічних баз.

005 Токарна з ЧПК:

Базування здійснюється за необробленим торцем у чотирьохкулачковому патроні.

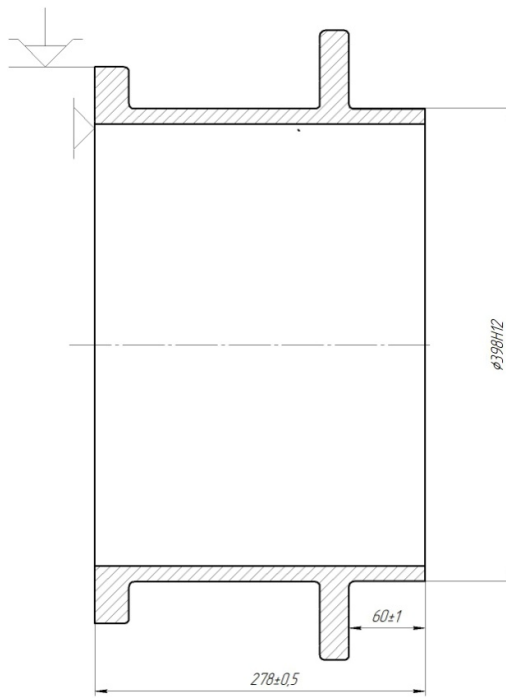


Рисунок 1.1 – Токарна операція 005

010 Токарна з ЧПК.

Базування здійснюється за обробленим торцем у трьохкулачковому патроні.

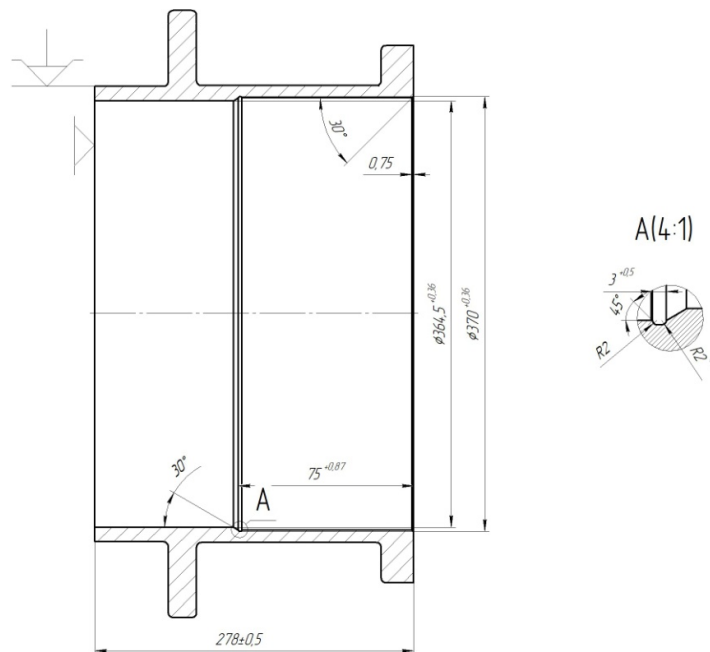


Рисунок 1.2 – Токарна операція 010

Операція 015.

Базування здійснюється за обробленим торцем у трьохкулачковому патроні.

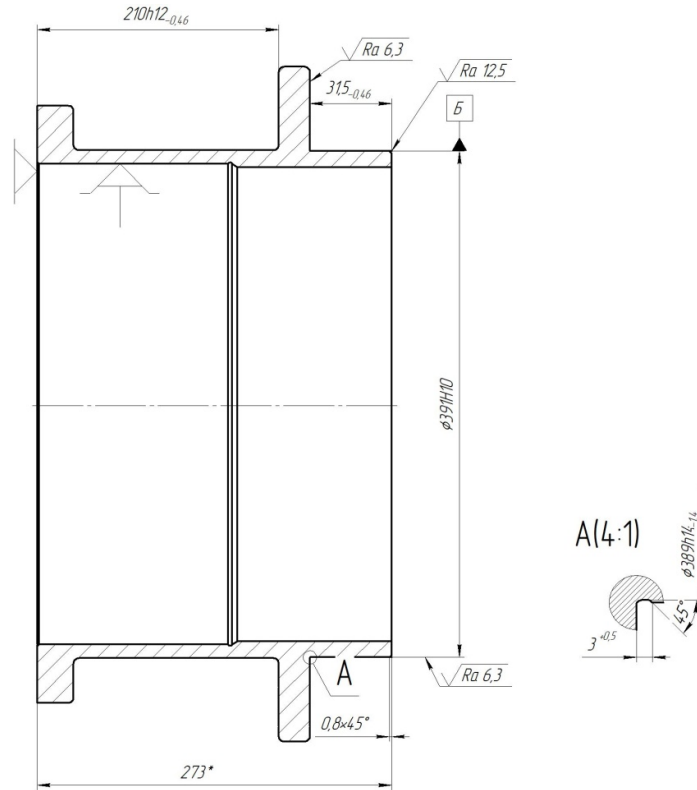


Рисунок 1.3 – Токарна операція 015

020 Фрезерна з ЧПК.

Базування здійснюється по обробленому торцю пальця, упором в спеціальному пристосуванні.

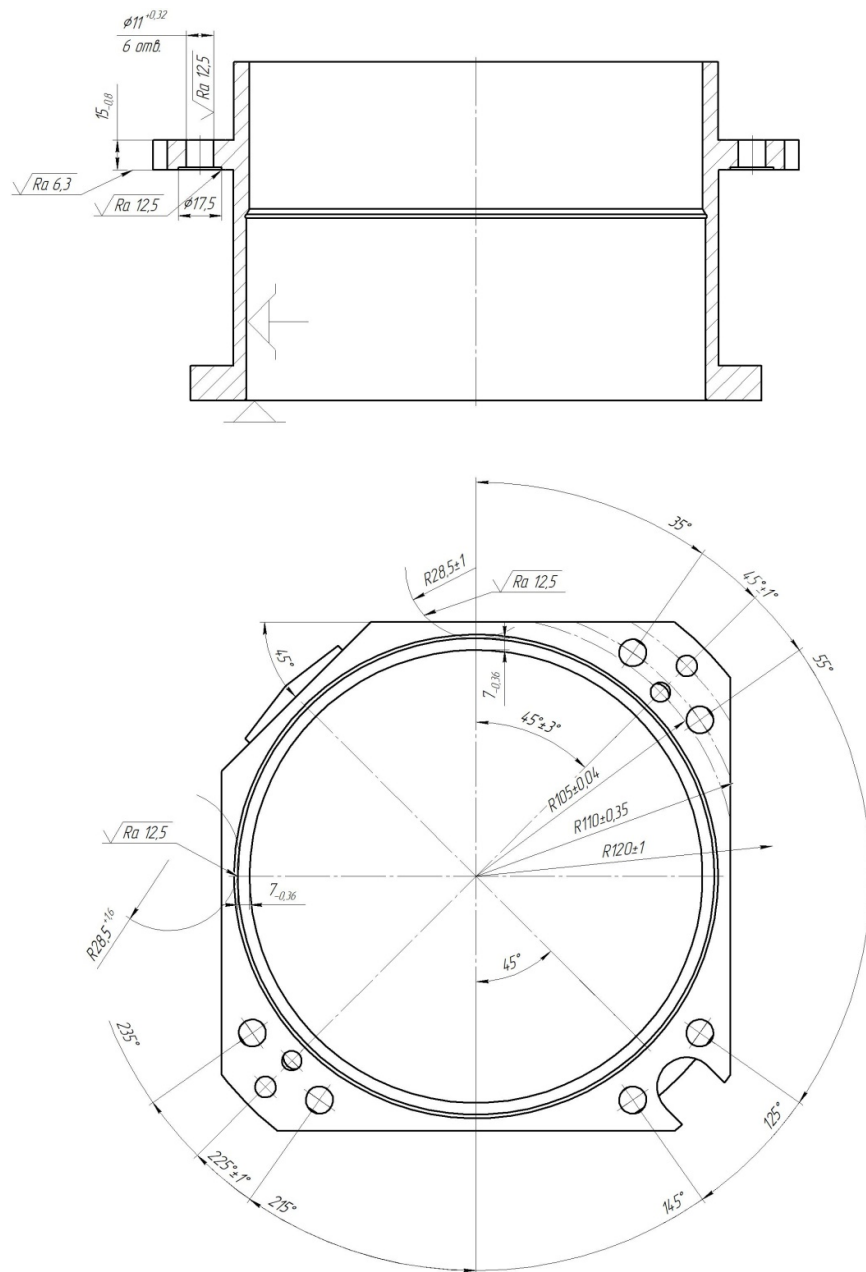


Рисунок 1.4 – Фрезерна операція 020

025 Фрезерна з ЧПК.

Базування здійснюється за обробленим торцем і пальцем у спеціальному пристосуванні.

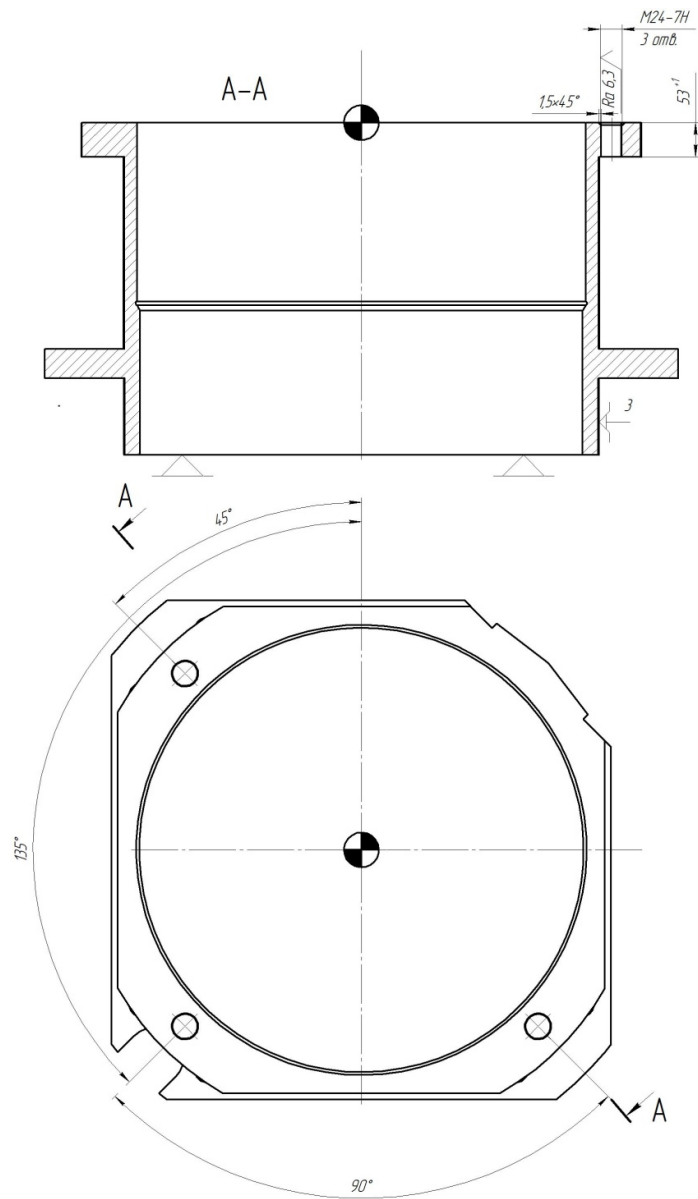


Рисунок 1.5 – Фрезерна операція з ЧПК 025

030 Фрезерна з ЧПК.

Базування здійснюється за обробленим торцем і пальцем, упором у спеціальному пристосуванні.

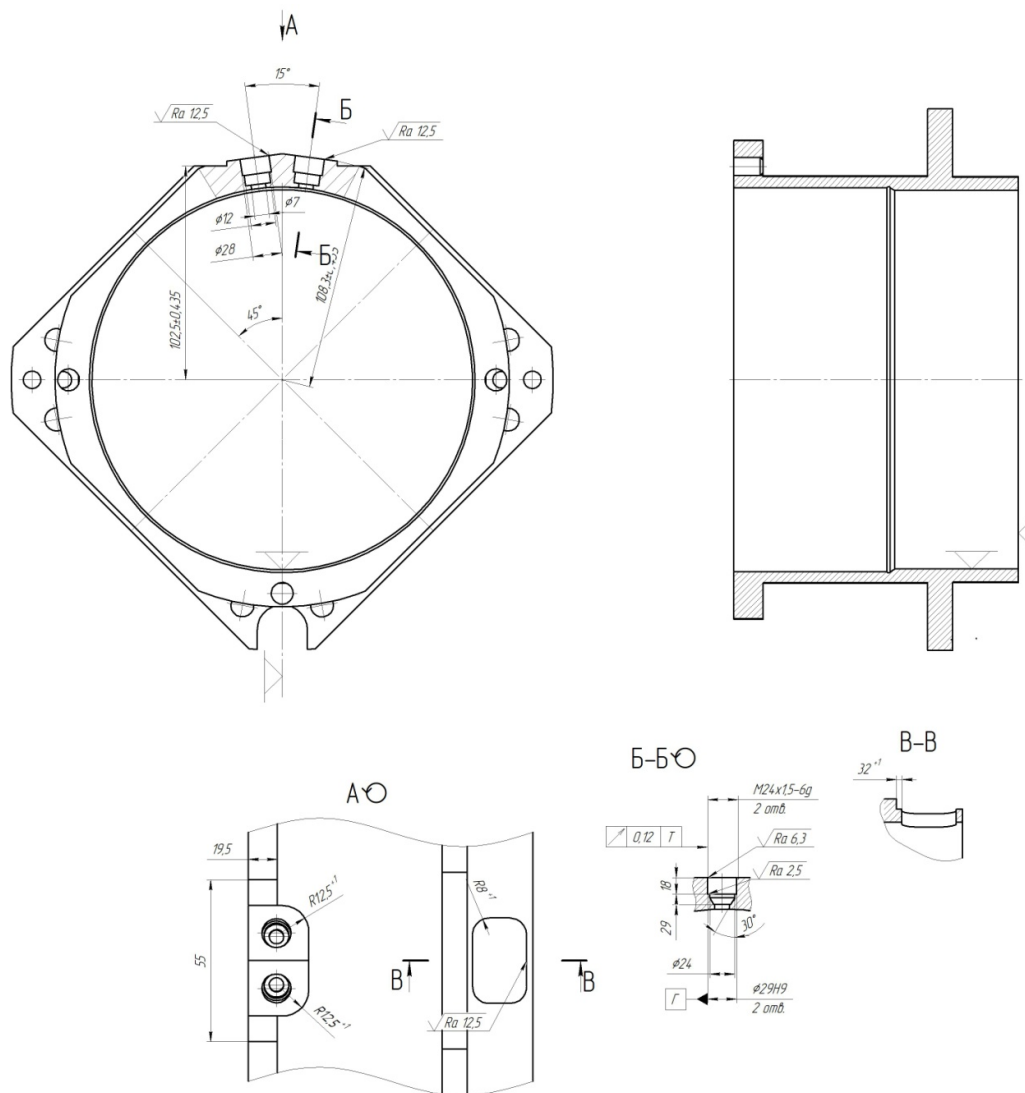


Рисунок 1.6 – Фрезерна операція 030

035 Внутрішньошліфувальна.

Базування здійснюється за обробленим торцем і в трьохкулачковому патроні попередньо розточеному.

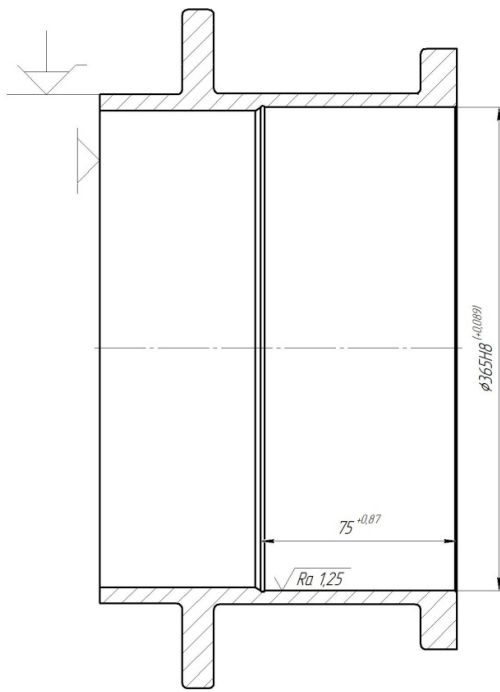


Рисунок 1.7 – Внутрішньошліфувальна операція 035

040 Круглошліфувальна

Базування здійснюється за обробленим торцем і в трьохкулачковому патроні попередньо розточеному.

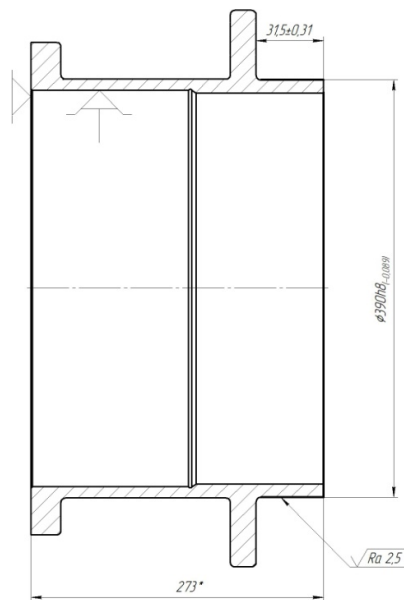


Рисунок 1.8 – Круглошліфувальна операція 040

2.4 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.4.1 Технологічний маршрут механічної обробки деталі

Таблиця 1.5 – Технологічний маршрут механічної обробки деталей

Номер операції	Зміст операції	Обладнання
005	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець розміром $275 \pm 0,5$	Верстат токарний з ЧПК моделі 16K20Ф3
010	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець розміром $273 \pm 0,5$ 2. Чорне точіння у розмірі $\varnothing 398h12$, витримуючи розмір 63 ± 1 3. Чистове точіння у розмірі $\varnothing 390h8$, витримуючи розмір 63 ± 1 4. Чорне розточування розміром $\varnothing 364,5H14$ напрохід 5. Чистове розточування розміром $\varnothing 365H12$ напрохід 6. Точити канавку $\varnothing 389h14$ та шириною 3мм 7. Розточити канавку $\varnothing 371H14$ та шириною 3мм	Верстат токарний з ЧПК моделі HAAS ST-30
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Центрувати 10 отворів 2. Свердли 6 отворів $\varnothing 22$ 3. Свердли 2 отвори $\varnothing 13H14$ 4. Зенкерувати 2 фаски 2×45 5. Зенкерувати 2 отвори $\varnothing 15,75H10$ 6. Розгорнути 2 отвори $\varnothing 16H9$ 7. Свердли 2 отвори $\varnothing 17,4H14$ 8. Фрезерувати 2 пази радіусом 57	Верстат вертикально фрезерний з ЧПК. моделі HAAS VF-3
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Зенкерувати 2 фаски $2,5 \times 45$ 2. Цикувати 6 пазів $\varnothing 35$ 3. Нарізати різьблення у 2х отворах M20-7H	Верстат Вертикально-фрезерний з ЧПК. моделі HAAS VF-3
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Центрувати 3 отвори 2. Свердли 3 отвори $\varnothing 21,5H11$	Верстат вертикально-фрезерний з ЧПК. моделі HAAS VF-3

	3. Зенкерувати 3 фаски 4. Нарізати різьблення M24-7H 5. Фрезерувати поверхню 110мм та шириною 57мм	
030	Внутрішньошліфувальна 1. Шліфувати внутрішні поверхні Ø365H8 та Ø370H9	Внутрішньошліфувальний верстат марки Bernardo URS 1000 N
035	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню Ø390h8	Круглошліфувальний верстат марки Bernardo URS 500 N

2.4.2 Вибір засобів технологічного оснащення

Устаткування

Токарний верстат моделі 16К20Ф3

Вид верстата представлений на рис 1.9.



Рисунок 1.9 – Верстат моделі 16К20Ф3

Таблиця 1.6 – Параметри токарного верстата моделі 16К20Ф3

ЗОНА ОБРОБКИ		
Найбільший діаметр заготовки, що встановлюється над станиною	мм	900
Найбільший діаметр заготовки, що оброблюється над станиною	мм	700
Найбільший діаметр заготовки, що оброблюється над супортом	мм	700
Довжина заготовки, що обробляється	мм	1300
Максимальна маса деталі	кг	2000
Максимальна маса деталі, встановленої в центрах та люнеті	кг	3000
Кут нахилу станини	град	45
ШПИНДЕЛЬ		
Максимальна частота обертання шпинделя	об/хв	1500
Потужність головного двигуна	кВт	30/37
Торець шпинделя		A2-11
Діаметр гідравлічного патрона	мм	450
Діаметр отвору в шпинделі	мм	155
Діаметр отвору під пруток	мм	117
ПЕРЕМІЩЕННЯ		
Переміщення по осі X	мм	385
Переміщення по осі Z	мм	1500
Переміщення по осі Y (опція)	мм	±40
ПОДАЧІ		
Прискорене переміщення по осі X/Z/Y	м/хв	20
РЕВОЛЬВЕРНА ГОЛОВКА (стандарт)		
Кількість позицій револьверної головки	шт	12
Переріз різця	мм	32x32, Ø60
РЕВОЛЬВЕРНА ГОЛОВКА З ПРИВОДНИМ ІНСТРУМЕНТОМ (опція)		
Посадковий розмір під інструментальні блоки		VDI60/BMT85
Максимальна кількість обертів приводного інструменту	об/хв	3000

Кількість револьверної голови	позицій		12
ЗАДНЯ БАБКА			
Переміщення пінолі задньої бабки		мм	150
Діаметр пінолі задньої бабки		мм	150
Переміщення задньої бабки		мм	1245
Конус пінолі задньої бабки			Морзе 5
ДОДАТКОВІ ДАНІ			
Місткість бака для охолоджувальної рідини		л	185
Максимальна витрата охолоджувальної рідини		л/хв	65
Місткість масляного бака для змащення		л	2
Максимальна витрата олії		л/хв	0,13
ТОЧНІСТЬ			
Точність позиціонування		мм	±0,005/300
Повторюваність		мм	0,005
МАСА І ГАБАРИТИ			
Маса верстата		кг	12000
Довжина верстата		мм	5800
Ширина верстата		мм	2500

Вертикально-фрезерувальний верстат з ЧПК HAAS VF-3

Вид верстата представлено на рис 1.10.



Рисунок 1.10 – Вертикально-фрезерувальний верстат HAAS VF-3

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики верстата HAAS VF-3

РОБОЧИЙ СТИЛ:	
Поверхня столу X x Y	457 x 914 мм
Розмір T-образних пазів	16 мм x 5
Максимальна вага встановлюваної деталі	1588 кг
РОБОЧІ ПЕРЕМІЩЕННЯ	
Переміщення по осі X	1016 мм
Переміщення по осі Y	508 мм
Переміщення по осі Z	635 мм
Відстань між поверхнею столу і торцем шпинделя	102-742 мм
ШПИНДЕЛЬ:	
Конус шпинделя/тип	ISO 40 / BT
Максимальна швидкість обертання шпинделя	8100 об/хв
Тип приводу	прямий

Потужність двигуна шпинделя	22,4 кВт
Максимальний крутний момент / при 2 000 об / хв /	122 Нм
ШВИДКІСТЬ І ТОЧНІСТЬ ППОЗІЦІОНУВАННЯ ОСІ:	
Прискорені переміщення по осях X, Y,Z	25,4 м/хв
Максимальна швидкість подачі при різанні	16,5 м/хв
Точність позиціонування	+/-0,005мм
Точність повторного позиціонування	+/-0,0025мм
МАГАЗИН ІНСТРУМЕНТІВ:	
Кількість інструменту в магазині	20 / 30+1 / 50+1
Метод вибору інструменту	довільний
Конус шпинделя	40
Максимальний діаметр інструмента	89 мм
Максимальний діаметр інструмента з вільними сусідніми карманами	127 мм
Максимальна вага інструменту	5,4 кг
Час зміни інструменту (середнє)	4,2 сек
Час від стружки до стружки (середнє)	4,5 сек

Внутрішньошліфувальний верстат універсальний Bernardo URS 1000 N

Вид верстата представлений на рис 1.12.



Рисунок 1.12 – Внутрішньошліфувальний верстат Bernardo URS 1000 N

Таблиця 1.9 – Параметри внутрішньошліфувального верстата універсальний 3К229А

Параметри	Значення
Найбільший діаметр отвору, що шліфується, мм	500
Найменший діаметр отвору, що шліфується, мм	100
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється, мм	800
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється в кожусі, мм	630
Найбільша довжина виробу, що встановлюється, мм	500
Найбільша довжина шліфування при найбільшому діаметрі шліфування, мм	500
Найбільша довжина шліфування при найменшому діаметрі шліфування, мм	200 125
Діаметр гільзи внутрішньошліфувальної головки, мм	
Умовний розмір кінця шпинделя	2-11 М
Частота обертання шпинделя виробу, об/хв	20240
Швидкість обертання шпинделя, об/хв	4000
Відстань від дзеркала стола до осі шпинделя виробу, мм	4100+5
Відстань від осі шпинделя до підшви станини, мм	1300+25
Кут повороту бабки виробу, град., не менше	30
Найбільша відстань від опорного торця фланця шпинделя виробу до торця корпусу шліфувальної бабки, мм	1570+25
Відстань від торця нового кола торцешліфувального пристосування до опорного торця фланця шпинделя виробу, мм	250..550
Поперечне переміщення шліфувальної бабки, мм	5
- за оборот маховика грубе (налагоджувальне) тонке	0,5
- на один поділ лімбу	0,002
- за одне хитання важеля ручної дозованої подачі	0,002
- найбільше налагоджувальне переміщення вперед (від робочого)	100
назад (від робочого)	10
Найбільше налагоджувальне переміщення бабки виробу, мм	

- Вперед (від робочого)	300
- назад (від робочого)	50
Величина поперечної подачі на сторону, мм/дв. хід	0,002; 0,004; 0,006; 0,008; 0,012
Поздовжнє переміщення столу за один оборот маховика, мм	25
Найбільше поздовжнє переміщення столу, мм	800
Швидкість руху столу, м/хв	
- при правці кола	0,1..2
- при шліфуванні	1..7
- при швидкому поздовжньому підведенні та відведенні	10
Поздовжнє переміщення торця шліфувального круга, мм	
- найбільше налагоджувальне	300
- найбільше робоче (тонке)	4
- за один оборот маховика налагоджувального переміщення	27
- за один оборот маховика робочої (тонкої) подачі	0,1
- на один поділ лімба тонкої подачі	0,0025
Найбільший діаметр шліфувального круга, мм	250x76x63
Габаритні розміри із приставним обладнанням (ДхШхВ), мм	4165x1730 x2000
Маса верстата з приставним обладнанням, кг	8300
Точність обробки верстата ЗК229А:	
- циліндричної внутрішньої поверхні	
- круглість	1,6 (3)
- шорсткість, мкм	0,16 (0,32)
- торцевої поверхні	
- площинність	3 (5)
- шорсткість, мкм	0,32 (0,63)

Круглошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N

Вид верстата представлено на рис 1.13



Рисунок 1.13 – Круглошліфувальний верстат серії Bernardo URS 500 N

Таблиця 2 – Параметри верстата Bernardo URS 500 N

Технічні характеристики	Параметри
Діаметр шліфування, мм	Ø30-630
Довжина шліфування, мм	2000
Мах. вага заготовки, кг	12000
Мах. хід робочого столу, мм	2100/5200
Швидкість переміщення робочого столу, мм/хв	100-4000
Кут повороту робочого столу	2°30
Висота центрів, мм	350
Розмір шліфувального круга	Ø750·75·305
Швидкість обертання шпиндельної бабки, об/хв	100
Швидкість обертання шліфувального кола,	870

об/хв	
Швидкість переміщення по осі X, м/хв	0,01-5
Мах. переміщення по осі X, мм	400
Мінімальне переміщення по осі X, мм	0,001
Потужність приводу шліфувального круга, кВт	15
Потужність приводу шпиндельної бабки, кВт	5,5
Потужність приводу гідронасосу, кВт	1,1
Габаритні розміри верстата, мм	8600·2140·1550
Маса верстата (без оправки), кг	14900

Вибір технологічного оснащення представлений у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Вибір технологічного оснащення

Номер операції	Оснащення	Верстат
005	Токарна з ЧПК 1 Різцетримач DCLNR 2525M 19 2 Різець 2102-4036 Пластина CNMG 19 06 08-PR 4425 3. Окуляри ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 4. Кран	Токарний з ЧПК 16K20Ф3
010	Токарна з ЧПК 1, Різцетримач DIN69880 2. Різець 2102-4035 Пластина T5K10 SNMA-160412 3. Різець 2102-4036 Пластина T5K10 SNMA-120412 4. Різець 2102-4036 Пластина T5K10 SNMA-120412 5. Різець 2102-4035 Пластина T5K10 SNMA-160412 6. Утримувач DIN69880 Різець канавковий T15K6 7. Утримувач DIN69880 Різець канавковий T15K6 8. Окуляри	Токарний з ЧПК HAAS ST-30
015	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК

	1 Різетримач DCLNR 2525M 19 2 Різець 2102-4036 Пластина CNMG 19 06 08-PR 4425 3. Окуляри ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 4. Кран	HAAS ST-30
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Свердло центрувальне 4мм P6M5 2. Свердло DNC130-156-Ø13 3. Свердло DCN160-192-Ø21 4. Зенківка DIN334 ДСТУ 2233-93 5. Зенкер 2320-2571 6 Розгортка 2363-3448 Ø16H9 7. Свердло DCN160-192-Ø17,4 8. Фреза кінцева P6M5 KM2 Ø25 9. Окуляри ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 10. Кран	Вертикально-фрезерувальний з ЧПК HAAS VF-3
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1.Зенківка DIN336 DIN334 ДСТУ 2233-93 2. Цековка GB4260-84 Ø35 3. Мітчик 2621-1741 M20 4. Окуляри ГОСТ 12.4.001-80 5. Кран	Вертикально-фрезерувальний з ЧПК HAAS VF-3
030	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1. Свердло центрувальне 4мм P6M5 2. Свердло DNC130-156-Ø21 3. Зенківка DIN336 ДСТУ 21543:2008 4. Мітчик TaeguTec M24x1,5 HSSE TiN 6H 5. Фреза кінцева P6M5 KM2 Ø30 6. Нутромір 7. Окуляри ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 8.Кран	Вертикально-фрезерувальний з ЧПК HAAS VF-3
035	Внутрішньошліфувальна 1. Шліфувальний круг PA600У 2.Нутромір 400мм ДСТУ ГОСТ 17215:2009 3. Окуляри ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 4. Кран	Внутрішньошліфувальний Bernardo URS 1000 N
040	Круглошліфувальна 1. Шліфувальний круг 25A K/L 35мм 2. Окуляри ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 3. Кран	Круглошліфувальний Bernardo URS 500 N

2.5 Розрахунок режимів різання

005 Токарна з ЧПК

Токарний верстат 16К20Ф3 з ЧПК

Підрізати торець розміром 278±0,5.

Матеріал ріжучої частини T5K10

1 Глибина різання: $t = 3$ мм.

2 Подача: $S=0,6$ мм/об.

3 Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

K_{mv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$C_V = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$;

$T = 50$ хв – період стійкості інструмента;

$$K_{mv} = K_r \cdot (750/\sigma_B)^{n_v}.$$

Приймаємо $n_v = 1$, $K_{nv} = 0,8$; $K_{uv} = 0,65$; $K_r = 1$;

$$K_{mv} = 1 \cdot (750/491)^1 = 1,53,$$

$$K_V = 1,53 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,79,$$

$$V = \frac{340}{50^{0,2} \cdot 30^{0,15} \cdot 0,6^{0,45}} \cdot 0,79 = 132 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{(\pi \cdot D)} = \frac{1000 \cdot 132}{(3,14 \cdot 401)} = 105 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{ct} = 105$ об/хв.

5 Крутний момент та осьова сила

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p.$$

K_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\Gamma p},$$

$$K_{mp} = (\sigma_B/750)^{n_v},$$

де $n_v = 0,75$;

$$K_{mp} = (491/750)^{0,75} = 0,73,$$

$K_{\varphi p} = 1$; $K_{\gamma p} = 1,25$; $K_{\Gamma p} = 1$;

$$K_p = 0,73 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 0,91.$$

$C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$;

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 132^{-0,15} \cdot 0,91 = 2983 \text{ Н.}$$

6 Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

$$N_e = \frac{2682 \cdot 132}{1020 \cdot 60} = 5,8 \text{ кВт.}$$

025 Фрезерна з ЧПК

Вертикально-фрезерний обробний центр HAAS VF-3

Фрезерувати 6 отворів

1. Фреза для обробки паза 21,5 діаметр 35 розмір 15

Матеріал різальної частини P6M5

2 Глибина фрезерування: $t = 1,1$ мм.

3 Подача: $S_z = 0,1$ мм/зуб.

4 Ширина фрезерування $B = 5$ мм

Діаметр фрези $D = 21,5$ мм

5 Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^g}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

де K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{nv} – коефіцієнт, що враховує стан поверхневого шару;

K_{uv} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$$K_{mv} = K_r \cdot (750 / \sigma_B)^{nv}$$

K_r – коефіцієнт матеріалу інструменту;

σ_B – тимчасовий опір;

n_v – показник степені при обробці;

$C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = 0,4$; $p = 0,33$; $m = 0,1$;

$T = 60$ хв. - період стійкості інструмента.

Приймаємо $K_r = 0,9$; $n_v = 1,0$; $K_{nv} = 1$; $K_{uv} = 1$.

$$K_{mv} = 0,9 \cdot (750 / 491)^1 = 1,53,$$

$$K_v = 1,53 \cdot 1 \cdot 1 = 1,53.$$

$$V = \frac{46,7 \cdot 35^{0,45}}{60^{0,1} \cdot 1,1^{0,5} \cdot 0,1^{0,1} \cdot 5^{0,4} \cdot 8^{0,33}} \cdot 1,53 = 224 \text{ м/хв},$$

$$N_{\text{фн}} = 1000 / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 244 / (3,14 \cdot 1,25) = 3612 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо $n_{\text{см}} = 800 \text{ об/хв}$.

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^{u_z}}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}.$$

Приймаємо $C_p = 68,2$; $q = 0,86$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $w = 0$;

$Z = 8$ – число зубів фрези.

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 5^{1,8}}{21,5^{0,86} \cdot 800^0} \cdot 0,73 = 294 \text{ Н}.$$

5 Крутний момент

$$M_{\text{кр}} = P_z \cdot D / 2000,$$

$$M_{\text{кр}} = 294 \cdot 21,5 / 2000 = 3,16 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

6 Потужність різання:

$$N_B = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

$$N_B = \frac{294 \cdot 54}{1020 \cdot 60} = 0,26 \text{ кВт}.$$

Розрахунок режимів різання представлений у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Розрахунок режимів різання.

№ Опер./перех.		t, мм	S, мм/об.	V, м/хв.	n, об/хв.	T _о , хв
1		2	3	4	5	6
005	1	3,0	0,6	95	105	0,46
010	1	2,5	1,4	110	100	0,46
	2	3,0	0,3	101	80	2,5
	3	3	0,4	84	120	1,8
	4	2	0,5	90	160	1,95
	5	3	0,25	98	120	0,27
	6	1,5	0,2	86	120	0,9
	7	2,0	0,3	96	80	0,3
015	1	1	0,6	115	120	0,38
	2	2,5	0,4	98	120	1,42
	3	1,5	0,5	96	160	0,85

	4	2	0,4	86	90	0,75
	5	4	0,3	105	80	2,38
	6	2	0,1	56	75	1,11
	7	11	0,3	72	100	1,84
	8	1,4	0,65	50	80	0,22
020	1	1	0,6	115	120	0,38
	2	1,5	0,5	96	160	0,85
	3	2	0,4	86	90	0,75
025	1	2	0,4	86	90	0,75
	2	4	0,3	105	80	2,38
	3	3	0,2	83	92	0,86
	4	11	0,3	72	100	1,84
	5	1,4	0,65	50	80	0,22

2.6 Нормування технологічного процесу механічної обробки

Норми часу:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

де $T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляційний час виконання робіт на верстатах, хв;

$T_{\text{шт}}$ – норма штучного часу, хв;

$T_{\text{пз}}$ – норма підготовчо-заключного часу, хв;

$$T_{\text{пз}} = t_0 + t_d + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}}$$

де t_0 — основний час;

t_d — допоміжний час;

$t_{\text{обс}}$ — час обслуговування робочого місця;

$t_{\text{відп}}$ — час на особисті потреби та додатковий відпочинок.

Норма часу:

$$T_{\text{шт-к}} = 19,41 + \frac{19,41}{6} = 22,6 \text{ хв},$$

$$T_{\text{пз}} = 8,58 + 9,83 + 0,50 + 0,50 = 19,41.$$

Норми часу представлені у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 — Норми часу на операцію

№	Тв	Тшт
005	0,6	5,84
010	2,4	22,6
015	1,9	15,88
020	2,1	12,36
025	1,4	8,42

2.7 Розроблення в САМ ESPRIT програми оброблення на верстаті

При обробленні деталі корпус, запропоновано використовувати високопродуктивний вертикально-фрезерувальний верстат Haas VF - 3.

Для написання програми були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель корпусу у SolidWorks та завантажено у середовище САМ Esprit.

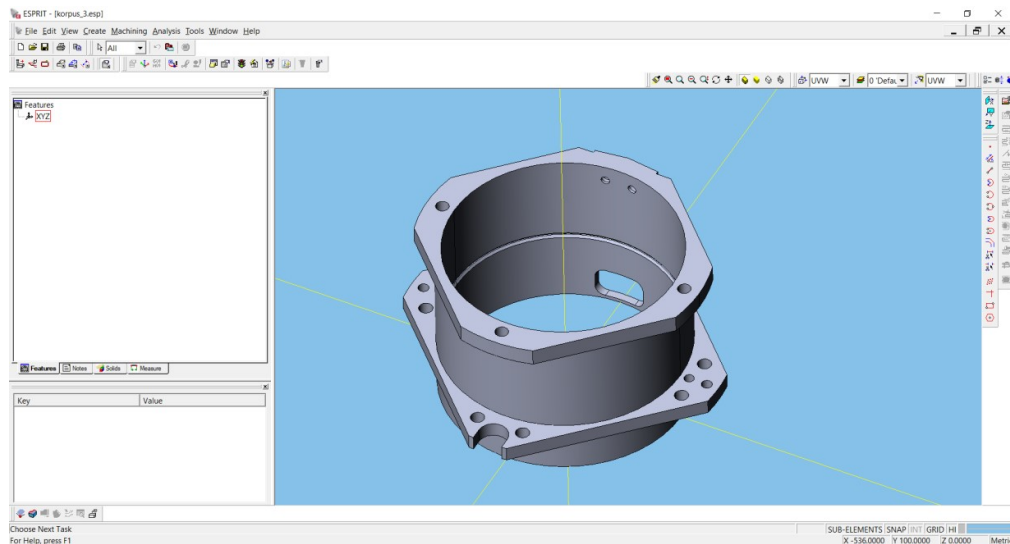


Рисунок 2.5 – Деталь корпус в середовищі САМ Esprit

2. Створено заготовку

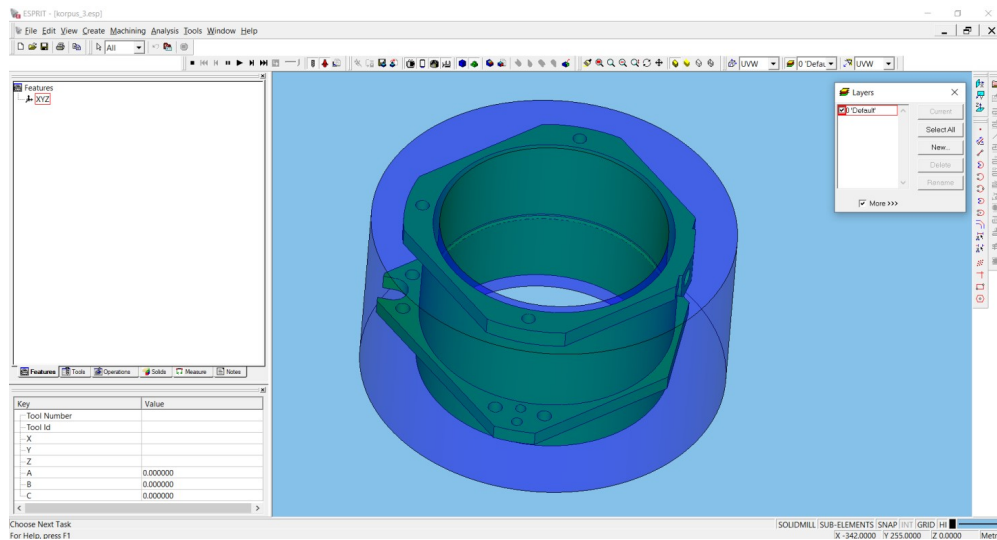


Рисунок 2.5 –

3. Виконано розпізнання елементів корпусу рис. 2.5.

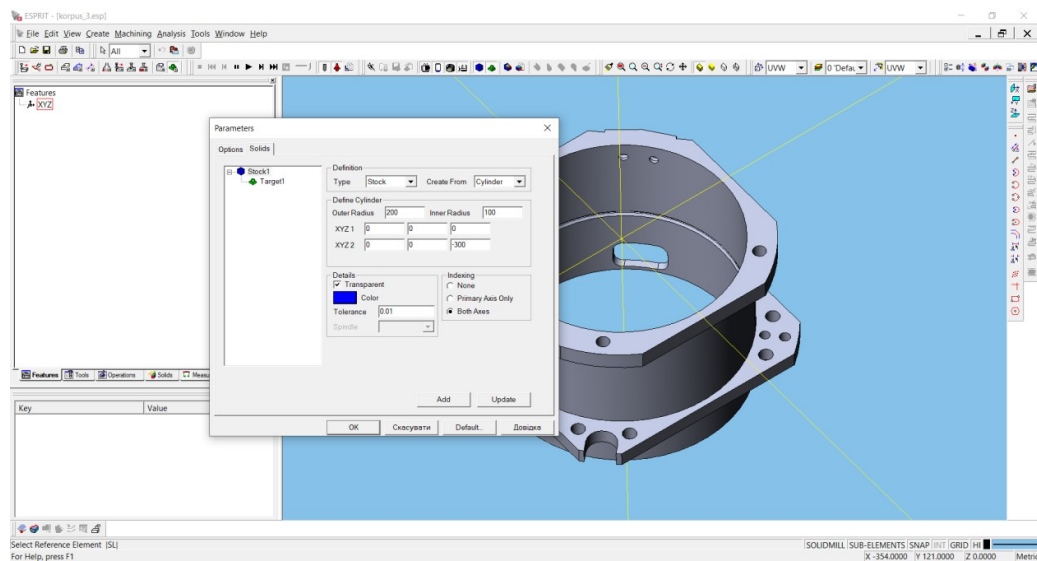


Рисунок 2.5 – 3D модель корпусу в середовищі Esprit

4. Вибрано види оброблення.

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 2.6).

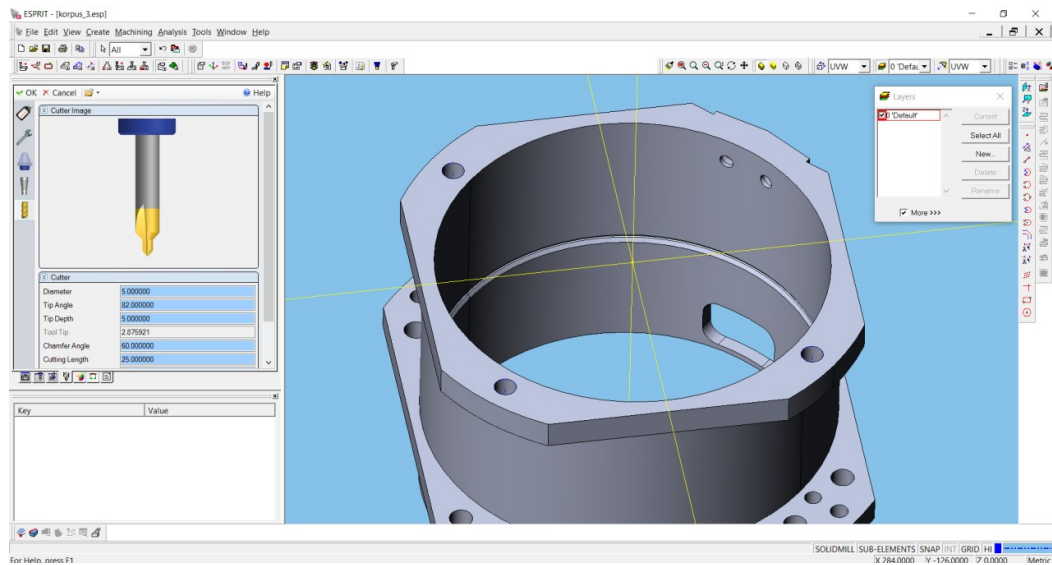


Рисунок 2.6 – Вибір виду оброблення

6. Вибрано стратегію оброблення.

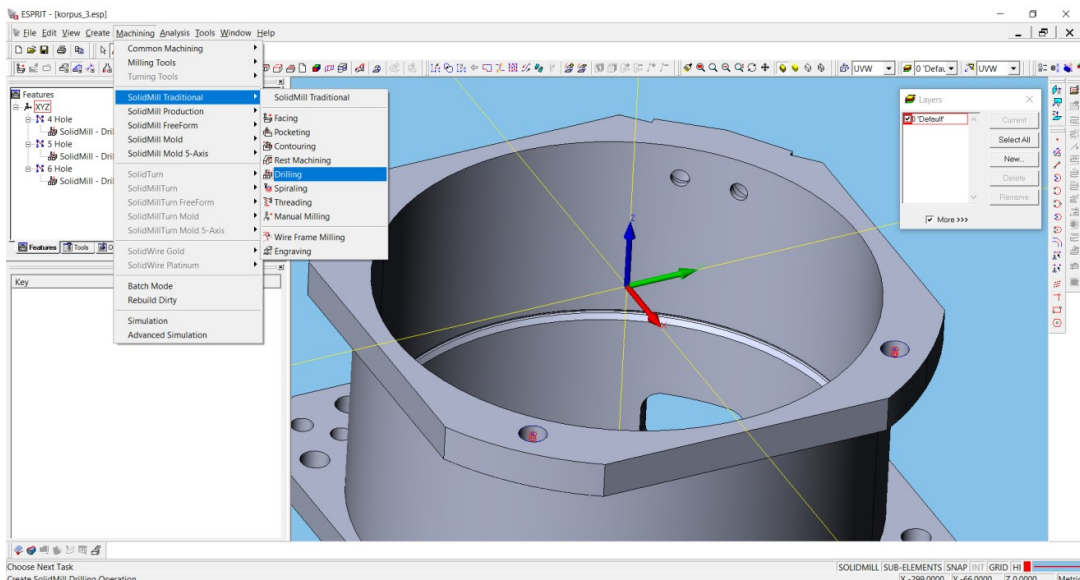


Рисунок 2.5 –

7. Вибрано режими різання.

8. Виконано Автоматичне генерування траєкторії руху металорізальних інструментів при обробленні елементів корпусу.

9. Виконано візуалізацію процесу оброблення з метою виявлення помилок при обробленні (рис 2.7);

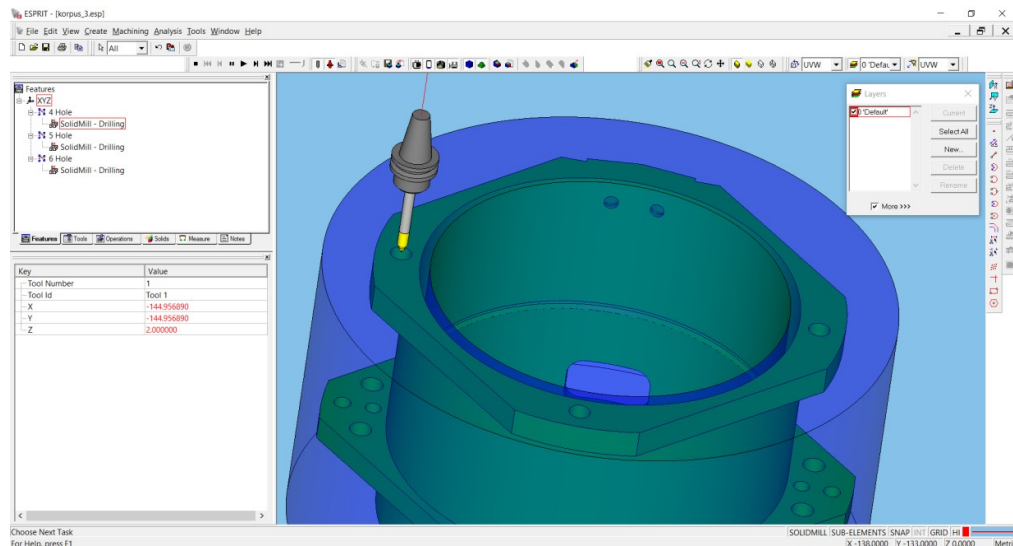


Рисунок 2.7 – Візуалізація процесу оброблення

10. Автоматично створено програму оброблення для вертикального фрезерного верстату з ЧПК від HAAS за допомогою постпроцесора. (рис 2.8).

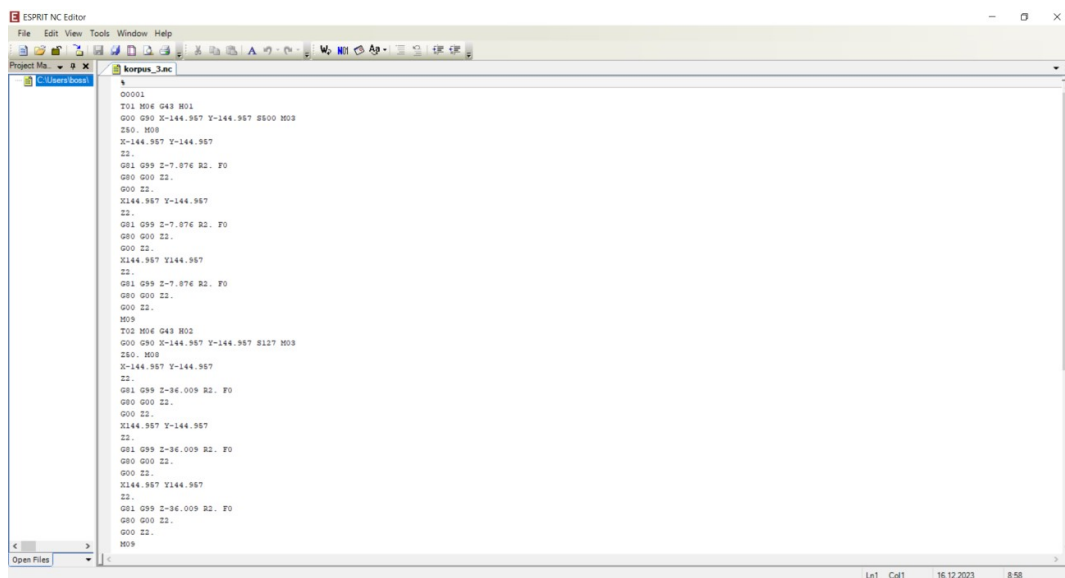


Рисунок 2.8 – Скрін коду програми оброблення на вертикально-фрезерувальному верстаті з ЧПК HAAS

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталей при свердлуванні.

На фрезерувальному верстаті використовується настільний трикулачковий самоцентруючий патрон для обробки отворів діаметром 13 мм. Цей патрон кріпиться до столу верстата і має корпус з діафрагмовим пневматичним приводом двохсторонньої дії. У його обертовій частині розташовані три кулачки під кутом 120° . Кулачки активуються за допомогою штока, що з'єднується з опорною шайбою привода.

Для затискування деталі стиснене повітря подається в верхню частину привода, що викликає опускання діафрагми в нижню частину привода. Це рухає опорну шайбу зі штоком, і більше плече важеля викликає дію кулачків, ведучи їх до центру. Таким чином, деталь фіксується в патроні.

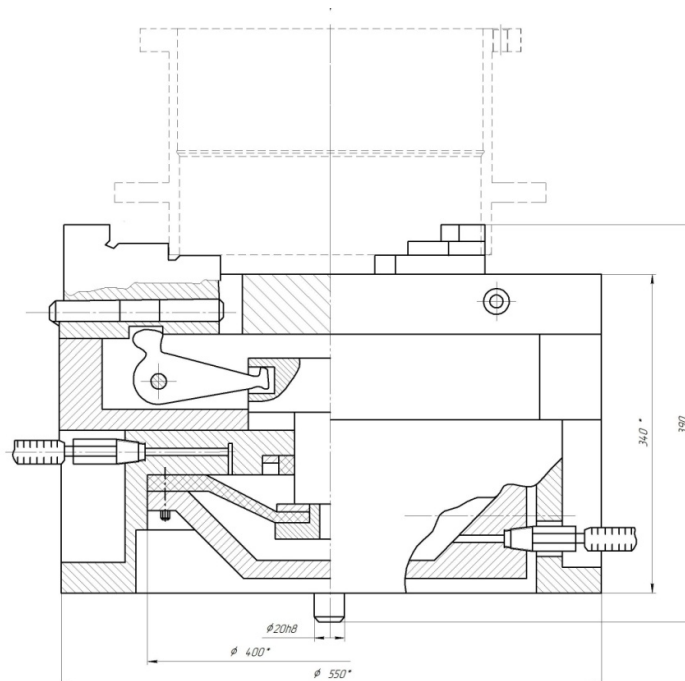


Рисунок 3.1 - Пристрій для закріплення деталей при свердлуванні

Після завершення обробки, стиснуте повітря направляється в нижню частину приводу. Діафрагма, яка має опорну шайбу та шток, переміщується у верхню частину камери. Це призводить до руху більшого плеча важеля у верхньому напрямі, що відводить кулачки від оброблюваної деталі. Регулювання положення кулачків відбувається за допомогою спеціальних шпильок, залежно від розміру оброблюваної деталі.

3.1.1 Вибір схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

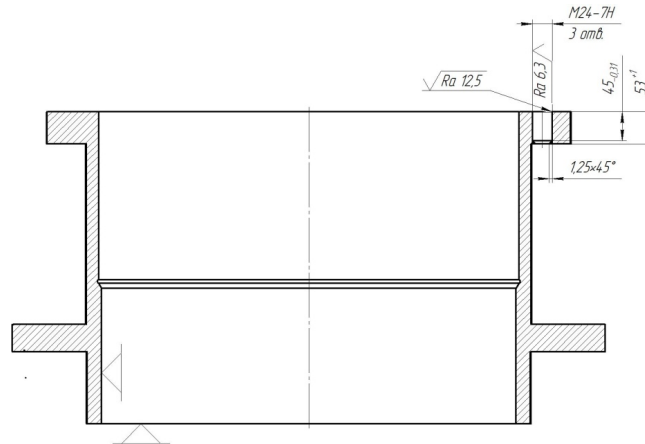


Рисунок 3.2 Схема базування деталі у пристрою

Розраховуємо похибку установки

$$\xi_y = \sqrt{\xi_o^2 + \xi_3^2 + \xi_{np}^2} \quad (3.1)$$

Розраховуємо похибку базування

$$\xi_o = \frac{\Delta d}{2} + x = \frac{224}{2} + 18 = 130 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення деталі у пристрою

$$\xi_3 = 100 \text{ мкм}$$

Похибка пристрою

$$\xi_{np} = 50 \text{ мкм}$$

Визначаємо похибку встановлення

$$\xi_y = \sqrt{130^2 + 100^2 + 50^2} = 172 \text{ мкм}$$

Ми перевіряємо точність відповідно до вимог щодо розміру під час механічної обробки, аби визначити належність нерівностей.

$$\xi_y \leq \delta_p.$$

Розмір діаметра якого слід дотримуватися $-410^{+0,65}$

Допуск на розмір $\delta = 0,65 \text{ мм} = 650 \text{ мкм}$

Тоді: $(\xi_y = 172)$ $(\delta_p = 650)$

Обрану схему базування слід розглядати як обґрунтовану. Ми визначаємо точність затискного пристрою.

$$\sigma_n = \delta_p - (K_1 \cdot \xi_{\sigma} + \xi_s + K_2 \cdot \omega) \quad (3.2)$$

де K_1 - коефіцієнт похибки базування – 0,6 – 0,8

K_2 - коефіцієнт економічної точності – 0,6 - 1

ω - середньо-економічна точність - 90 мкм

Тоді отримаємо наступний результат

$$\sigma_n = 650 - (0,6 \cdot 130 + 100 + 0,6 \cdot 90) = 418 \text{ мкм}$$

Отже, точність верстатного пристрою буде знаходитись у межах 0,4 мкм

3.1.2 Розрахунок достатніх сил закріплення деталі

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.3)$$

де $C_m = 0,0345$

$$q = 2$$

$$y = 0.8 \quad [4] \text{ с. 268}$$

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p;$$

де $C = 68$

$$q = 1$$

$$y = 0.7$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12 \cdot 0,25^{0,8} = 14,1 \text{ Н/м}$$

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 12 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 0,86 = 2659,2 \text{ н}$$

Для визначення зусилля затиску деталі скористаємося наступною формулою

$$W = \frac{K \cdot P_0}{f_1 \cdot f_2} \quad (3.4)$$

де K - коефіцієнт запасу міцності

f_1, f_2 - коефіцієнт тертя між деталлю та кулачками ($f = 0,1 \dots\dots 0,15$)
)

P_0 - осьове зусилля, що виникає при свердлуванні деталі (сили різання)

$$K = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 \quad (3.5)$$

де K_0 - гарант. коефіцієнт запасу $K_0 = 1,5$;

K_1 - коеф., враховуючий стан поверхні заготовки $K_1 = 1,2$;

K_2 - коеф., враховуючий збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструмента $K_2 = 1,4$;

K_3 - коеф., враховуючий збільшення сил різання $K_3 = 1$;

K_4 - коеф., враховуючий постійність сили затиску, яка розвивається силовим приводом пристрою

$$K_4 = 1;$$

K_5 - коефіцієнт, враховується тільки при наявності крутного моменту;

$$K_5 = 1.$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,52$$

Тоді

$$W = \frac{2,52 \cdot 265,2}{0,1 \cdot 0,15} = 26804,7 \text{ (кгс) - на один кулачок}$$

Для трьох кулачків

$$Q_n = W_k \cdot n_k \cdot K_{mp} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot K}{n_k} \cdot f_r \right) \cdot \frac{L_1}{L_K} = 26804,7 \cdot 3 \cdot 1,05 \cdot \left(1 + \frac{340 \cdot 40}{30} \cdot 0,1 \right) \cdot \frac{20}{100} = 23641,7 \text{ Н}$$

Схема дії сил

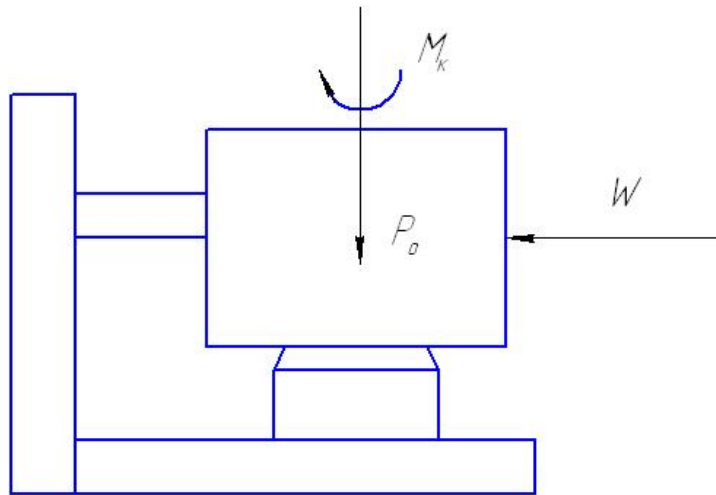


Рисунок 3.3 – Схема дії сил

Розраховуємо діафрагму гідроприводу

Сила на штоці пневматичної камери двосторонньої дії

$$Q_d = 0,25 \cdot (D_n^2 + D_n \cdot d_d + d_d^2) p \eta \quad (3.6)$$

де D_n - діаметр пневмокамери (внутрішній) мм

d_d - діаметр диска, мм

зазвичай $d_d = 0,7 \cdot D_n$ і при такій умові

$$Q_d = 0,58 D_n^2 p \eta$$

p - тиск повітря $p = 0,4$ мПа

η - ККД $\eta = 0,8$

$$D_n^2 = \frac{Q_d}{0,58 p \eta}$$

$$D_n^2 = \frac{23641,7}{0,58 \cdot 0,4 \cdot 0,8}$$

$$D_n^2 = 127380$$

$$D_n = 357 \text{ мм}$$

Приймаємо по ГОТС 9887-70

$D_n = 400$ мм - резинотканева діафрагма тарільчата

d_n - діаметр опорних дисків

$$d_n = 0,7 D_n = 0,7 \cdot 400 = 280 \text{ мм}$$

Оптимальна довжина хода штока пневмокамери

$$L_x = 0,25 D_n = 0,25 \cdot 400 = 100 \text{ мм}$$

$$Q_\phi = 0,58 100^2 0,4 0,8 = 1856$$

Тарільчаті діафрагми виготовляються з чотирьохслойної тканини бельтінг, покриті з обох сторін резиною

Час спрацювання діафрагменного пневмоприводу

$$T_c = \frac{L_x (D_n^2 + D_n d_n + d_n^2)}{3 V_b d_0^2} \quad (3.7)$$

де d_0 - діаметр повітряпровода

$$d_0 = 10 \text{ мм}$$

V_b - швидкість переміщення стислого повітря

$$V_b = 18000 \text{ см/с}$$

$$T_c = \frac{100(400^2 + 400 \cdot 280 + 280^2)}{3 \cdot 18000 \cdot 10^2} = \frac{24960000}{540000} = 4,6 \text{ с}$$

Розраховуємо найменш міцне з'єднання, яке є різьбою М36*2

Матеріалом для різьбового з'єднання є сталь 45 ДСТУ 7809:2015

$$\sigma_p = \frac{4Q}{\pi d^2} \leq [\sigma_p] \text{ МПа}$$

де Q - Осьове навантаження, яке може витримати різьбове з'єднання згідно з розрахунками, кН;

d - діаметр різі;

$[\sigma_p]$ - допустиме напруження розтягування в МПа;

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 23641,7}{3,14 \cdot 36} = 837 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_p] = 1550 \text{ кН/мм}^2$$

Зіставимо фактичні напруження з допустимими значеннями

$$[\sigma_p] = 1550 \text{ кН/мм}^2 > \sigma_p = 837 \text{ МПа}$$

На основі розрахунків встановлено, що слабка ланка відповідає вимогам щодо затиску.

3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

У сучасному машинобудівному виробництві важливе значення має підвищення якості та точності технічних вимірювань. Це досягається широким застосуванням контрольно-вимірювальних пристроїв, які складаються з базуючих, затискаючих, передаючих та вимірювальних засобів. Базуючі пристрої відповідають за коректне розташування деталей під час вимірювань. Це сприяє покращенню якості та точності виробництва.

Затискаючі пристрої важливі для забезпечення надійного фіксування деталей у пристроях, при цьому не ускладнюючи процес користування контрольними пристроями. Вони дозволяють стабільно та надійно утримувати деталі в потрібному положенні, сприяючи точним

вимірюванням без зайвих ускладнень у процесі роботи з контрольними пристроями.

Контрольно-вимірювальні пристрої використовуються для перевірки різних параметрів деталей та складальних вузлів машин, включаючи:

1. Лінійні розміри, такі як діаметри отворів і валів, довжини, висоти, глибини.
2. Взаємне розташування поверхонь та їх орієнтація.
3. Відхилення від правильної геометричної форми деталей.
4. Нелінійні параметри, такі як пружність, твердість, герметичність стінок і зварювальних швів.
5. Випробування роботоздатності складальних вузлів та машин у реальних умовах експлуатації або умовах, що якомога більше наближені до них.

Точність вимірювання та продуктивність, технологічність у виготовленні, зносостійкість та зручність у користуванні – основні вимоги, яким повинна відповідати конструкція кожного контрольного пристрою. Це важливо для досягнення оптимальних результатів у вимірюваннях, забезпечення тривалої та ефективної роботи пристроїв, а також для зручності та комфорту операторів у процесі їх використання.

Точно так, конструкція контрольного пристрою, його вхідних пристроїв та вимірювальних засобів має відповідати двом основним вимогам. З одного боку, вона повинна повністю задовольняти вимоги для проведення контрольної операції: забезпечувати точність, надійність та відповідність стандартам. А з іншого боку, ця конструкція повинна бути спроектована так, щоб її застосування було економічно доцільним: ефективно використовувати ресурси, матеріали та час, спрощувати процес контролю та забезпечувати оптимальні результати без надмірних витрат.

Для досягнення точності у межах 0,1 мм для вимірювання торцевого биття можна застосувати різні методи вимірювання. Один з можливих методів - використання вимірювальних приладів, які мають високу точність і роздільну здатність до сотих або тисячних частин міліметра. Це можуть бути спеціалізовані вимірювальні прилади, наприклад, мікрометри, мікроскопи з вимірювальними шкалами, оптичні системи з високою роздільною здатністю тощо. Також можна використовувати методи обробки даних за допомогою комп'ютерних програм для аналізу зображень та вимірювання розмірів деталей. Важливо підібрати той метод, який найкраще відповідає вашим потребам у точності та ефективності вимірювання.

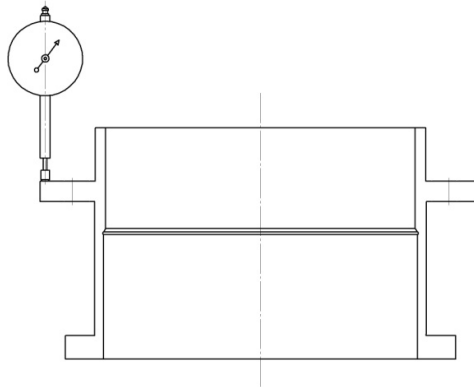


Рис.3.6 – Схема контролю торцевого биття.

Допустима похибка вимірювання згідно з ДСТУ ГОСТ 8.051:2009 складає 0,01 мм. Конструкція пристосування включає платформу, на якій розміщена деталь на пальці, а також використання штативу з індикатором часового типу, чия ціна поділки становить 0,001 мм.

Підготовка до вимірювання на пристосуванні включає наступні кроки: деталь монтується на оправку, індикатор розташовується над контрольованою поверхнею, його стрілку встановлюють на нуль. Після цього деталь обертають на оправці, індикатор фіксує максимальне та мінімальне відхилення, яке відображається на його стрілці.

Деталь вважається придатною, якщо при показниках індикатора в обидві сторони від нуля сума абсолютних значень максимального і мінімального відхилення не перевищує величину допуску торцевого биття. Такий результат вказує на те, що відхилення деталі не перевищує допустимі межі, і вона може бути прийнята за придатну.

3.3.1 Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо допустиму похибку вимірювань:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot T, \quad (3.15)$$

де T -допуск на контрольований параметр, $T = 0,3$ мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну похибку пристрою [7]:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{в.б.е}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.16)$$

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

$\varepsilon_{\text{в.б.е}}$ - похибка встановлення базових елементів не впливає на точність вимірювань пристрою, $\varepsilon_{\text{в.б.е}} = 0$;

$\varepsilon_{\text{зн}}$ - похибка зношування пристрою, $\varepsilon_{\text{зн}} = 0,01$ мм;

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

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0,01^2 + 0,005^2} = 0,011\text{мм}$$

Отже фактична похибка вимірювань не перевищує допустиму $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{\text{доп}}$

$$\varepsilon_{\phi} = 0,011 < \varepsilon_{\text{доп}} = 0,03.$$

3.3.2. Призначення та опис роботи

Структура контрольно-вимірювального пристрою для перевірки торцевого биття включає платформу зі стійкою та опорою. На цій структурі розміщений індикатор годинникового типу 2МВГ згідно з ДСТУ ГОСТ 4381:2009. Опора з кріпленням до платформи служить для установки заготовки на палець, який, у свою чергу, закріплений на опорі. Після підведення голки індикатора до поверхні деталі проводяться виміри.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

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

Новий рівень розвитку технології машинобудування потребує впровадження в виробництво контрольно-вимірювальних машин, нанометричних мікросхем, а також механізованих високоточних пристроїв для підвищення якості механічної обробки заготовок та продуктивності. Режими різання, що забезпечують зняття найбільших стружок за одиницю часу, при збереженні високої стійкості інструменту, не завжди є визначальними при тонкому розточуванні. Необхідно коригувати рекомендовані режими різання, які, забезпечуючи потрібну якість поверхні, мають достатньо високу продуктивність обробки.

Саме широкого поширення отримали горизонтально розточні верстати з рухомим столом і консольними обертовими (або необертовими) шпинделями. Аналіз конструкції викінчувально-розточних верстатів (ЗРВ) показує, що переважна більшість верстатів є багаторізцевими і багатошпиндельними.

Зовнішні впливи на еластичну систему верстата при відсутності різання є джерелами коливань під час холостого ходу, зниження рівня яких особливо важливе для точних викінчувальних верстатів. Достатньо низький рівень коливань під час різання не може бути досягнутий, якщо не забезпечено відповідний рівень коливань під час холостого ходу верстата. Дослідження коливань ЗРВ під час холостого ходу і під час різання виконані під час заводських випробувань [1].

Експерименти проводилися на ЗРВ моделей 2А715, 2706 і 2731. Вимірювалися коливання шпинделів, корпусних деталей і електродвигунів при зміні розмірів шпинделів та умов обробки. Розподіл амплітуд ахх згинних коливань шпинделів в інтервалі 0,2...2 мкм відповідав розподілу амплітуд арез коливань під час різання в інтервалі 0,2...5 мкм.

Джерела зовнішніх впливів на еластичну систему ЗРВ, їх замкнуті динамічні моделі, змінність параметрів, дослідження коливань та особливості процесу різання відображені в ряді наукових праць. Технологічна динаміка еластичних систем ЗРВ та процесу тонкого розточування описані в роботах таких авторів, як Пупін А.П., Оборський Г.А., Ревва В.Ф., Подураєв В.Н. та інші. Однак слід зазначити, що результати дослідження процесу тонкого розточування багаторізцевими шпинделями майже не висвітлені в технічній літературі, що свідчить про необхідність подальших досліджень у цьому напрямку.

Основною метою цієї роботи є експериментальні дослідження динаміки тонкого багаторізцевого розточування сходичастих отворів залежно від параметрів технологічної системи та процесу різання.

Відомо, що коливання консольних шпинделів під час тонкого розточування суттєво обмежують технологічні можливості цієї операції та точність обробки навіть при різанні гладких отворів. Підвищена інтенсивність порушень під час багаторізцевої обробки посилює вплив динамічних явищ на стійкість технологічної системи та якість отримуваної поверхні.

У дослідженнях динамічних явищ у технологічних системах, замкнутих на процес різання, вивчалось вплив параметрів еластичної системи та режимів різання на стійкість і вимушені коливання [2, 3]. Результати цих робіт утворили основу методики експериментальних досліджень, описаних у цій роботі. Дослідження базуються на порівнянні коливань при обробці одним чи декількома різцями, що дозволило визначити характерні відмінності та основні джерела збудження коливань і відповідні характеристики точності обробки.

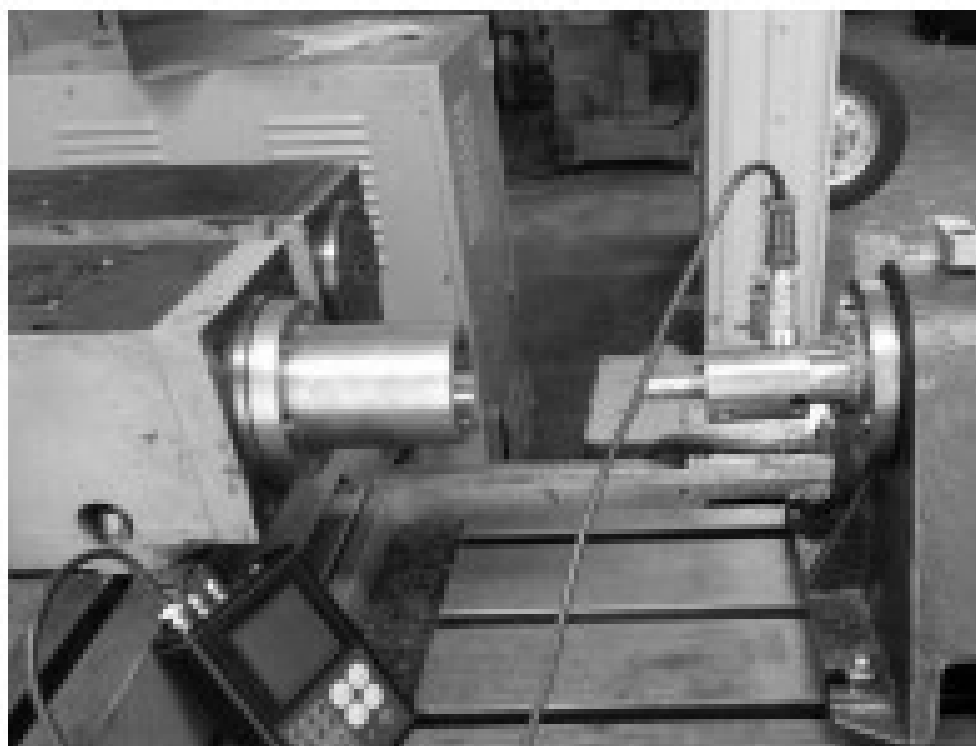
Стенд для експериментального дослідження коливань під час розточування сходичастих поверхонь обертання був зібраний на базі викінчувально-розточувального верстата з використанням спеціальних пристроїв. Вимоги до стенду були визначені завданнями експериментів: вивчити вплив характеристик сходичастих поверхонь, режимів різання, а

також параметрів еластичної системи на коливання і точність обробки. Зміни параметрів еластичної системи досягалися зміною шпинделів різних розмірів (змінювалися співвідношення довжин сходинок, діаметрів і оброблюваних матеріалів). Зміна характеристик сходинок отворів забезпечувалася спеціальною формою оброблюваних зразків. У експериментах змінювалися глибина, швидкість різання та подача. Безступінчасте регулювання швидкості різання досягалося за допомогою використання перетворювача частоти обертання двигуна (Danfoss VLT MicroDrive), вихідний вал якого був зв'язаний ремінною передачею зі шпинделем.

Перший варіант стенду відповідає робочим рішенням OPC з неперервними шпинделями, при цьому деталь обертається. Другий варіант передбачає використання OPC з обертовими шпинделями, при якому деталь залишається нерухомою.

Стенд і вимірювальне обладнання для дослідження коливань необертливими шпинделями показані на рисунках 1 і 2. Експерименти проводилися на викінчувально-розточувальному верстаті на кафедрі технології машинобудування. Для вимірювань використовувався аналізатор спектра вібрацій, який монтувався на шпинделі, закріплений у відповідному пристосуванні (рисунок 1), а також за допомогою тензодатчиків.

Експерименти проводилися з використанням заготовки (4), яка була закріплена на шпинделі головки (2) OPC. Консольний шпиндель (5) кріпився у пристрої (6), що був встановлений на столі верстата. На шпинделі (5), близько до початку, були приклеєні дві пари тензодатчиків (7). Тензодатчики (7) та УРК (10) використовувалися для вимірювання згинів шпинделі у двох площинах. Тензодатчики, підключені у диференційній схемі, забезпечували надійне вимірювання процесу в діапазоні частот від 0 до 7000 Гц. Вказаний діапазон частот є достатнім, оскільки характерні частоти згинальних коливань борштанги знаходяться в межах від 200 до 3000 Гц.



а)



б)

Рисунок 4.1 – Экспериментальні стени:

а) з нерухомими шпинделями; б) з обертовими шпинделями.

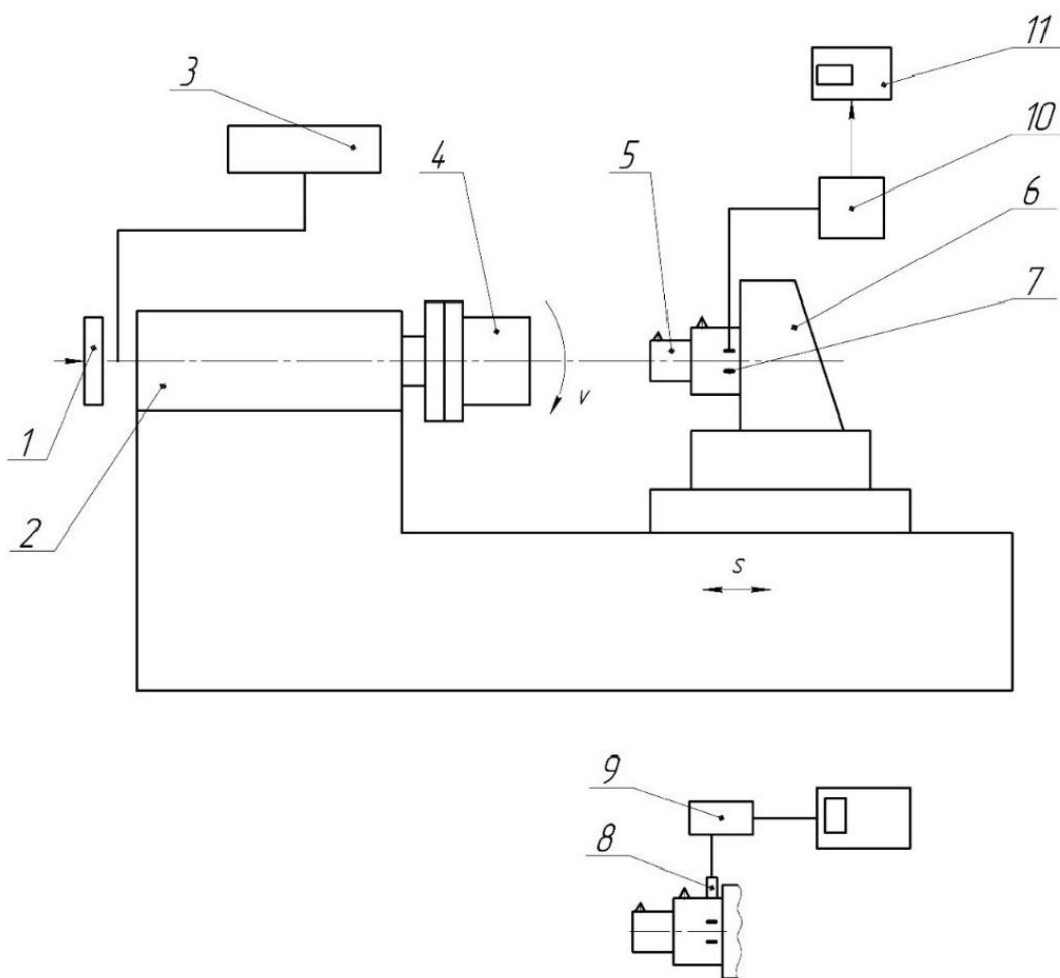


Рисунок 4.2 – Схема експериментального стенду для вивчення коливань не обертовими борштангами: 1 - тахометр; 2 - шпindelна головка; 3 - перетворювач частоти; 4 - заготовка; 5 - борштанга; 6 - пристосування; 7 - тензодатчики; 8 - п'єзодатчик; 9 - аналізатор спектра вібрацій; 10 - пристрій реєстрації коливань (УРК); 11 - персональний комп'ютер (ПК).

УРК (10) складається з 4 тензOMETричних датчиків, які з'єднані між собою за допомогою місткової схеми, мікроконтролера Discovery STM32L0538-DISCO, тензопідсилювача, microSD-карти пам'яті та модуля Bluetooth. УРК працює наступним чином: аналоговий сигнал, який реєструється за допомогою 4 тензOMETричних датчиків, записується у вигляді n пакетів даних на microSD-карту пам'яті, яка встановлена на мікроконтролері Discovery. Це дозволяє

підвищити швидкість передачі сигналу, реєструючи при цьому повний спектр частот сигналу.

Особливість конструкції пристрою полягає в тому, що сигнал реєструється не за допомогою ПК, а за допомогою мікроконтролера Discovery STM32L0538-DISCO, який керується ПК за допомогою модуля Bluetooth.

Для візуалізації процесу тарування, запису та обробки сигналу були розроблені відповідні програми в середовищі LabVIEW. Частота обертання вимірювалась електронним тахометром (1). Тарування УРК виконувалось за величиною статичного зсуву борштанги в січенні, що знаходиться найбільш віддалено від фланця різця.

Площини, на яких наклеєні тензодатчики, збігаються з напрямком основних жорсткостей, позиція яких була визначена експериментально за епюрами гнучкості залежно від напрямку дії сили. Типова епюра гнучкості борштанги, встановленої у стійці в залежності від кута обертання, подана на рисунку 3.

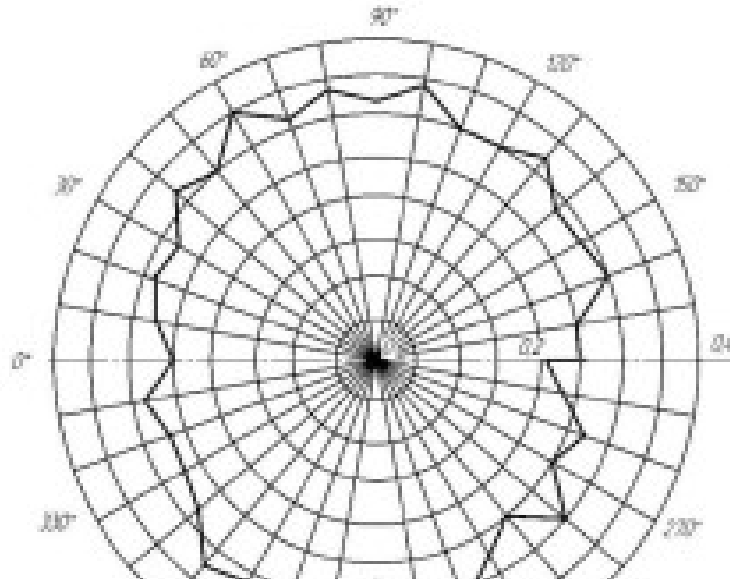


Рисунок 4.3 - Типова епюра податливості

Власні частоти цих борштанг визначалися за осцилограмами вільних згасаючих коливань, які викликані ударом у січенні різця. Значення власних частот і жорсткостей борштанг, що досліджувались, наведені у таблиці.

Таблиця 4.1 - Значення власних частот і жорсткостей борштанг

Співвідношення довжин ступеней		Власна частота борштанги, $\omega_0, \text{сек}^{-1}$			Жорсткість борштанги, $C, \text{Н/мм}$		
$l_1,$ м	$l_2,$ м	$d_1=0,08$ м, $d_2=0,04$ м	$d_1=0,06$ м, $d_2=0,03$ м	$d_1=0,05$ м, $d_2=0,025$ м	$d_1=0,08$ м, $d_2=0,04$ м	$d_1=0,06$ м, $d_2=0,03$ м	$d_1=0,05$ м, $d_2=0,025$ м
$l=0,2$ м							
0,175	0,025	385	385	255	3,928	2,578	1,725
0,125	0,075	560	435	332	3,337	2,006	1,170
0,1	0,1	580	418	322	2,724	1,411	0,838
0,05	0,15	436	280	209	1,563	0,645	0,360
$l=0,16$ м							
0,13	0,03	760	652	536	5,383	3,959	2,675
0,11	0,05	896	712	596	5,327	3,362	2,360
0,08	0,08	897	686	530	4,352	2,542	1,523
0,05	0,11	700	496	364	2,988	1,502	0,807

У експериментах також використовувався аналізатор спектра вібрацій, п'єзодатчик якого був встановлений на спеціальній площинці, виготовленій поблизу закріплення борштанги.

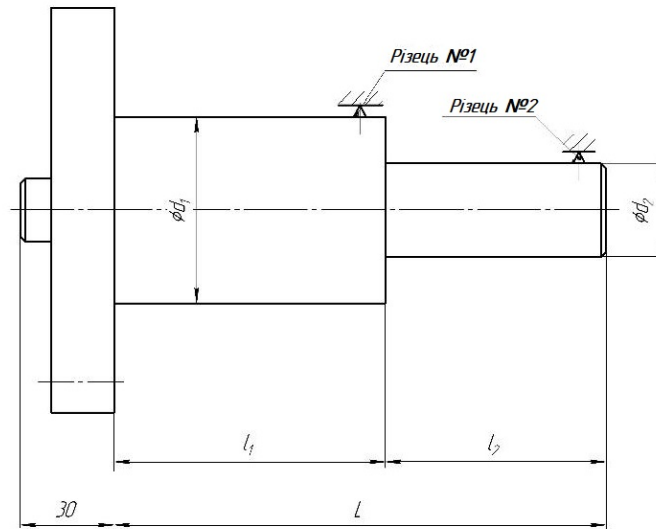


Рисунок 4.4 – Параметри двоступінчастої борштанги

Аналізатор складається з електронного блоку та первинного перетворювача - п'єзоелектричного акселерометра. Принцип вимірювання

параметрів вібрації полягає в тому, що за допомогою акселерометра механічні коливання перетворюються в електричний сигнал, пропорційний параметрам вібрації (вібропереміщення, віброшвидкості, віброприскорення). Цей сигнал нормується, посилюється та фільтрується для виділення в заданому діапазоні частот. Після цього аналоговий сигнал перетворюється в цифровий код, обробляється за визначеними алгоритмами та відображається на цифровому індикаторі аналізатора у вигляді числових значень та графічних залежностей вимірюваних величин. За допомогою спеціальної програми "КонСпект", яка постачається разом із приладом та встановлена на ПК, числові значення та графічні залежності відображаються на ПК.

Частоти власних коливань борштанг, які викликалися ударом у січенні різця, визначалися за допомогою УРК з осцилограмами згасаючих коливань. Експерименти проводилися у таких умовах, які дозволяли встановити взаємний вплив порушень між різцями, їх інтенсивність, а також якість обробки та похибки. Довжина зразків складала від 120 до 250 мм, а діаметри ступенів - від 20 до 100 мм. Заготовки кріпилися на головках першого та другого типів розмірів.

У експериментах була прийнята наступна геометрія ріжучої частини різців, що використовується при тонкому розточуванні гладких поверхонь:

- при розточуванні сталюї деталі $\phi=60^\circ$; $\phi_l=10^\circ$; $\alpha=8^\circ$; $\alpha_l=12^\circ$; $\gamma=-3^\circ$; $\lambda=5^\circ$.
- при розточуванні чавунної деталі $\phi=60^\circ$; $\phi_l=10^\circ$; $\alpha=6^\circ$; $\alpha_l=10^\circ$; $\gamma=-5^\circ$; $\lambda=10^\circ$.
- при розточуванні бронзової деталі $\phi=45^\circ$; $\phi_l=20^\circ$; $\alpha=10^\circ$; $\alpha_l=8^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\lambda=10^\circ$.

Матеріал різців:

- для розточування сталі - Т30К4, ельбор;
- для розточування чавуну - ВКЗМ;
- для розточування бронзи - різці з кристалами алмазу.

Глибина різання від 0,04 до 0,2 мм, подачі від 0,04 до 0,1 мм/об.

Відомо, що тривалість роботи і шорсткість оброблюваної поверхні суттєво залежать від швидкості різання. У проведених експериментах з тонким розточуванням сталі 45 швидкість різання змінювалась від 100 до 300 м/хв.

Метою зміни швидкості різання було коригування рекомендованої швидкості на основі вимірювання амплітуд коливань при багаторізцевій обробці. В результаті цих експериментів можна встановити оптимальну швидкість різання, яка забезпечить найбільшу тривалість роботи інструменту.

$$\delta = \ln \frac{\alpha_i}{\alpha_{i+1}}$$

Де $\frac{\alpha_i}{\alpha_{i+1}}$ – відношення попередньої до наступної амплітуд, α_i бралися в діапазоні амплітуд 0,5–4 мкм.

Результати експериментів показують, що із збільшенням довжини борштанги декремент зменшується, а частота згасаючих коливань практично дорівнює власній частоті борштанги. Розточування проводилося партією різців (6 штук у партії), щоб уникнути впливу характеристик геометричних параметрів окремих різців. Критерієм заміни було досягнення поверхні зразка шорсткістю R_a у величину 0,9 мкм. Шорсткість поверхні визначалася профілографом - профілометром моделі PSE-RT 2300. Окремі результати експериментів наведені на рисунках 4.5–4.9, при цьому оброблюваний матеріал - сталь 35Л.

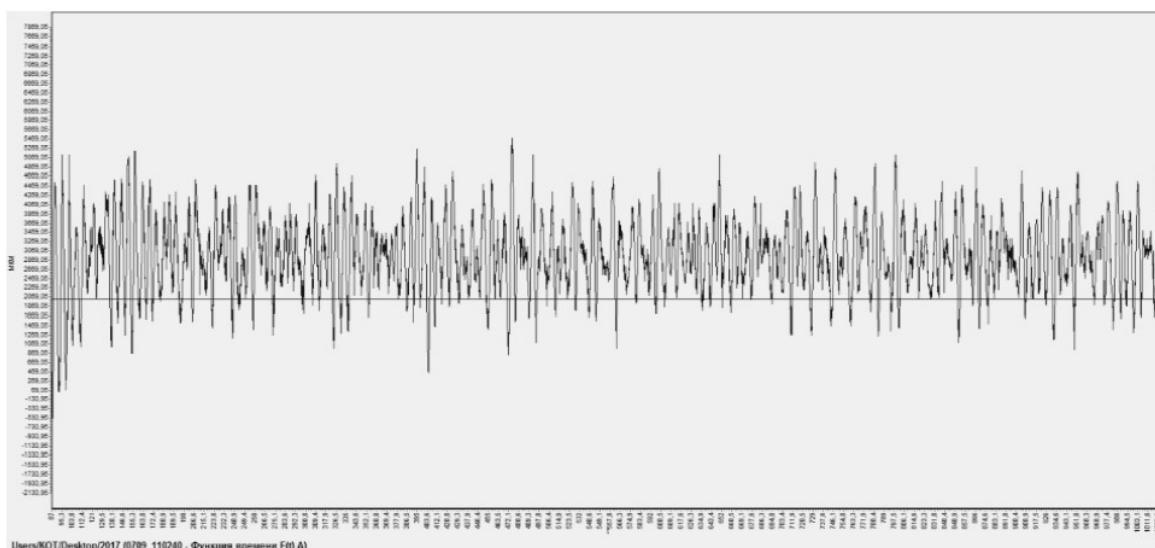


Рисунок 4.5 - Осцилограма примусових коливань під час тонкого розточування різцем №1.

На рисунку 4.5 показана осцилограма коливань одного різця, встановленого на ступені Ø60 мм. Режими розточування: $n=1350$ об/хв, $t_1=0,05$ мм, $s=0,09$ мм/об, $l=160$ мм, $l_1=110$ мм, $l_2=50$ мм (рис. 4.4). Під час обробки осцилограми отримані такі результати: амплітуда коливань $A_1=2,1$ мкм, $f_c=188$ Гц.

На малюнку 6 показана осцилограма коливань другого різця, встановленого на ступені Ш30 мм. Режими розточування: $n=1350$ об/хв, $t_2=0,05$ мм, $s=0,09$ мм/об, $l=160$ мм, $l_1=110$ мм, $l_2=50$ мм.

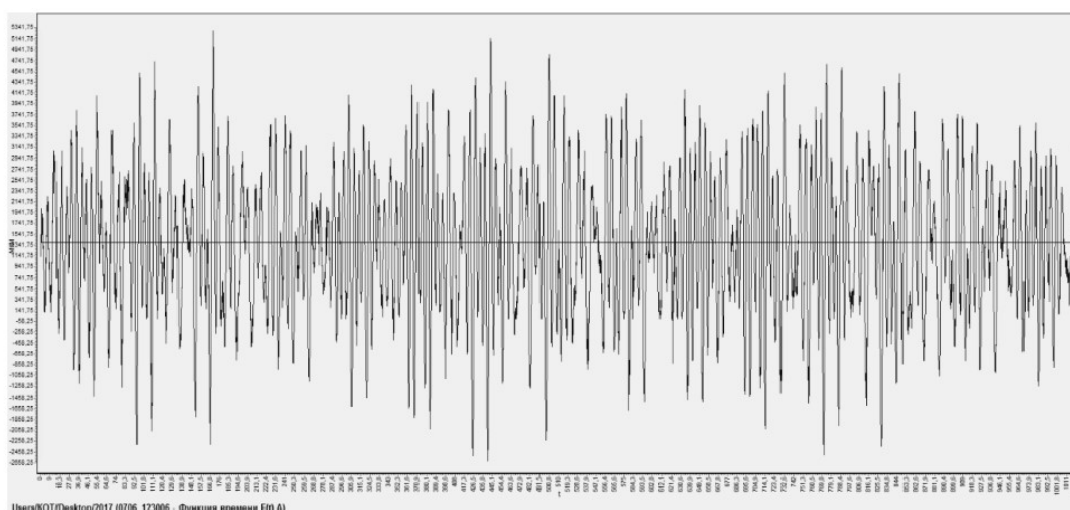


Рисунок 4.6 - Осцилограма примусових коливань під час тонкого розточування різцем №2.

На рисунку 4.6 показана осцилограма коливань другого різця, встановленого на ступені Ø30 мм. Режими розточування: $n=1350$ об/хв, $t_2=0,05$ мм, $s=0,09$ мм/об, $l=160$ мм, $l_1=110$ мм, $l_2=50$ мм. При обробці осцилограми отримані наступні результати: амплітуда коливань $A_2=2,8$ мкм, $f_c=190$ Гц.

Порівняння осцилограм, наведених на рисунках 4.5 і 4,6, веде до зрозумілого висновку, що амплітуди коливань на більш віддаленому від фланця різці більші, тобто $A_2 > A_1$.

Отже, порівнявши результати осцилограм, отриманих при одночасній роботі двох різців, частота коливань трохи зменшується, а загальна амплітуда

коливань збільшується. Результати порівняння осцилограм також дають змогу зробити висновок про те, що швидкість обертання шпинделя впливає на величину амплітуди коливань під час тонкого розточування. Таким чином, з'являється можливість коригування величини швидкості різання з урахуванням величини амплітуд примусових коливань.

Зміна швидкості обертання також призводить до появи бійок, що свідчить про наближення до межі стійкості.

Порівняння результатів, отриманих за допомогою аналізатора спектра вібрацій та тензометричних вимірювань, показує їх практичне збігання. Результати тензометричних досліджень є більш чутливими до зміни параметрів технологічної системи.

Узагальнюючи результати експериментів, слід зауважити, що за однакових режимів розточування для усіх оброблюваних матеріалів амплітуди коливань на більш віддаленому від фланця різці (різець №2) більше, ніж на менш віддаленому (різець №1), що є логічним і відповідає зміні жорсткостей ступенів борштанги. При одночасній роботі різців взаємний їх вплив призводить до підвищення або зниження рівня коливань в залежності від параметрів борштанги та режимів обробки.

Спектри коливань консольних борштанг показують, що при співпадінні або кратності власних частот і частот збурень виникають підвищені рівні коливань. Отже, при встановленні параметрів різання слід уникати небезпечних значень швидкостей різання, які призводять до збільшення амплітуд примусових коливань. При певних параметрах різання під час одночасної роботи двох різців, а також під час роботи найвіддаленішого від фланця різця, виникають биття, що свідчать про наближення до межі вібростійкості. Невеликі зміни швидкості різання призводять до зменшення амплітуди біень і свідчать про необхідність коригування рекомендованої величини швидкості різання з урахуванням амплітуд примусових коливань.

Подібні явища виникають при зміні коефіцієнтів різання на окремих ступенях, а також глибини різання і подачі.

Результати експериментів з обертовими борштангами підтверджують основні закономірності динамічних взаємодій, що виникають при тонкому розточуванні необертливими борштангами, хоча інтенсивність амплітуд коливань трохи зростає. Цей результат можна пояснити обертанням зони різання, що призводить до збільшення нестационарності пружної системи.

Висновки

1. При одночасній роботі взаємний вплив різців призводить до підвищення або зниження рівня вимушених коливань залежно від конструктивних параметрів борштанги (співвідношення діаметрів і довжин ступенів) та режимів обробки.

2. Результати експериментів з обертовими борштангами підтверджують основні закономірності динамічних взаємодій, що виникають при тонкому розточуванні необертливими борштангами, хоча інтенсивність амплітуд коливань трохи зростає.

3. Зміни параметрів процесів різання (коефіцієнтів різання, матеріалу, частоти обертання шпинделя) призводять до підвищення або зниження вібростійкості технологічної системи.

4. Параметри точності поперечного перерізу та шорсткості змінюються відповідно до рівня вимушених коливань.

5. У всіх проведених експериментах передбачення рівнів коливань при проектуванні розточних борштанг потребує в кожному конкретному випадку динамічних розрахунків.

5. Охорона праці при роботі на металообробних верстатах

5.1 Заходи по забезпеченню нешкідливих та безпечних умов праці

Одним з пріоритетних державних завдань є охорона життя та здоров'я громадян нашої країни в процесі їх трудової діяльності, створення та забезпечення усіх працюючих безпечними та нешкідливими умовами праці.

Охорона праці відіграє важливу роль, як суспільний фактор, тому що, навіть вагомі трудові здобутки не компенсують людині її втраченого здоров'я, а тим більше життя, тому що і те і інше дається лише один раз. Необхідно пам'ятати, що внаслідок нещасних випадків та аварій на підприємствах гинуть не просто робітники та службовці, на підготовку яких держава або підприємство витратили кошти, а в першу чергу люди – батьки та матері дітей, годувальники сімей. Крім соціального, охорона праці відіграє, також важливе економічне значення – це і зниження витрат на оплату лікарняних, підтримування на високому рівні продуктивності праці, зменшення компенсацій за роботу у важких та шкідливих умовах праці тощо.

Державна політика з питань охорони праці встановлена відповідно до Основного Закону України та спрямована на створення належних, безпечних, нешкідливих та здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Гарантоване Конституцією право громадянам України на належні, безпечні і здорові умови праці реалізується через охорону праці, яка визначається системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Основні принципи Державної політики виявляються не тільки як вимоги Конституції України, а й як комплексні аспекти визначення охорони праці [2].

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах [1]:

- пріоритету здоров'я та життя усіх працівників, несення повної відповідальності роботодавця за забезпечення належних, безпечних і здорових умов праці;

- покращення рівня промислової безпеки за рахунок забезпечення проведення суцільного технічного контролю за станом технологій, виробництв, продукції, а також надавати підтримку підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

- комплексного здійснення завдань з охорони праці на базі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з врахуванням різних напрямів досягнень в області науки, техніки та охорони довкілля, економічної і соціальної політики;

- соціального захисту працівників: відшкодування в повній мірі шкоди особам, які постраждали від нещасних випадків на виробництві, та професійних захворювань;

- встановлення єдиних вимог з охорони праці для усіх суб'єктів підприємницької діяльності, підприємств незалежно від їх видів діяльності та форм власності;

- пристосування трудових процесів до можливостей працівника враховуючи його психологічний стан та здоров'я;

- використання економічних інструментів управління охороною праці, фінансування державою заходів з охорони праці, приєднання добровільних внесків та інших надходжень на цілі охорони праці, одержання яких не суперечить законодавству;

- проведення інформування населення, організація навчання, підвищення кваліфікації і професійної підготовки працівників з питань охорони праці;

- забезпечення узгодження органів державної влади, організацій, об'єднань громадян, установ, що вирішують проблеми гігієни, безпеки праці та охорони здоров'я;

- використання та впровадження світового досвіду з організації роботи по поліпшенню умов і підвищенню безпеки праці виходячи з міжнародного співробітництва [2].

Виробниче середовище представляє собою середовище, де людина виконує свою трудову діяльність з наявними умови праці, предметами, знаряддям та продуктами праці.

Виробнича безпека забезпечує захищеність здоров'я і життя працівників та інших осіб, майна підприємства від впливу на них шкідливих та небезпечних виробничих чинників. Небезпечний виробничий фактор – це виробничий фактор, який впливаючи на людину призводить до різкого погіршення здоров'я, травм, чи смерті. Шкідливий виробничий фактор – це виробничий фактор, який поступово впливаючи на людину може призвести до зниження працездатності, професійного захворювання, негативного впливу на здоров'я працівника та його нащадків. При певних зростаннях кількісної характеристики такої, як концентрація, рівень, тривалість впливу шкідливого виробничого фактору останній може перетворитися на небезпечний. Відповідно до визначень ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять» за природою дії небезпечні та шкідливі чинники класифікуються на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Фізичними небезпечними та шкідливими виробничими факторами виступають: рухомі механізми та машини; підвищена загазованість та запиленість повітря робочих приміщень; пересувні елементи виробничого обладнання; понижена чи підвищена температура матеріалів, поверхонь устаткування чи повітря робочої зони; підвищений рівень іонізуючих випромінювань, вібрацій, шуму, ультразвукових та інфразвукових коливань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, інфрачервоної чи ультрафіолетової радіації; понижені чи підвищені вологість, барометричний тиск, іонізація та рухомість повітря; небезпечно високе значення напруги в електричному колі; підвищена напруженість магнітного чи електричного полів; недостатність природного світла або штучного освітлення робочої зони; пряме

або відбите випромінювання, що створює засліплюючу дію, підвищена яскравість світла [3].

Хімічними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є хімічні речовини, які за характером чи за наслідками дії на організм людини поділяються на сенсibiliзуючі, загальнотоксичні, канцерогенні, подразнюючі, мутагенні, ті, що впливають на дітородну функцію.

Біологічними небезпечними та шкідливими виробничими факторами виступають патогенні макроорганізми – тварини та рослини, мікроорганізми – віруси, бактерії, мікроскопічні гриби, відходи їх життєдіяльності.

Психофізіологічними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є нервово-психічні перевантаження такі, як розумове перенапруження, монотонність праці, перенапруження органів чуття, емоційні перевантаження та постійні фізичні статичні та динамічні перевантаження.

Вплив виробничих факторів може призводити до зниження працездатності, різкого погіршення здоров'я, професійного захворювання, травмування та смертельних наслідків. Охорона праці та техніка безпеки на підприємстві забезпечують зменшення та усунення дії виробничих факторів на працівників шляхом проведення профілактичних санітарно-гігієнічних, технічних. Організаційних заходів з покращення умов праці, вивченням та аналізу причин травматизму та професійних захворювань та вжиттям заходів, що унеможливають їх повторного виникнення.

Важливу роль в умовах сьогодення відіграє розвиток машинобудівної промисловості нашої країни, яка виступає одним із основних напрямів виробництва та ремонту, як цивільної так і воєнної техніки. Забезпечення нешкідливих та безпечних умов праці на цих підприємствах сприяє комфортній та продуктивній праці, досягнення високого економічного ефекту від проведених заходів з підтримки та покращення безпечних умов праці.

Усі технологічні процеси на машинобудівному виробництві повинні відповідати єдиним правилам, що розповсюджуються на усі галузі господарства; міжгалузевим актам та правилам, що розповсюджуються на

декілька галузей; галузевим правилам, що діють в межах окремі галузі та володіють своєю специфікою.

Технологічний процес виготовлення будь-якої деталі проєкті складається з процесу отримання заготовки, її механічної обробки на металорізальних верстатах, контролю браку, транспортування та складування.

Шкідливими виробничими факторами при здійсненні робіт в механічних цехах є те, що під час абразивної обробки, в повітря робочого приміщення виділяється велика кількість абразивного та металевго пилю. Пил злітає у повітря та є можливість попадання його до організму людини через дихальні шляхи та стравохід. В зоні обробки відбувається значне виділення тепла та можливе відлітання значно розігрітих часток металу, що являється небезпечним для органів зору, також при попаданні цих часток на покрови шкіри внаслідок їх високої температури можливе виникнення мікроопіків [1].

При проведенні транспортування заготовок на ділянці механічної обробки, може виникати травмування внаслідок неуважності та недбалості персоналу, забруднення навколишнього середовища транспортним пристроєм, використання відпрацьованого або неробочого обладнання. Можливі шкідливі виділення негерметичних акумуляторних батарейок з витокм електроліту, відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання.

Небезпечним фактором є можливе використання давніх за строком використання відпрацьованих редукторів, тросів і таке інше. Крім цього, існує загроза ураження електричним струмом від електричного обладнання, устаткування та машин.

Під час використання мастильно-охолоджувальних рідин можливе їх розбризкування. Це створює небезпеку для органів зору працівника, а також може призвести до подразнення шкіри оточуючих працівників. Але разом з цим мастильно-охолоджувальні рідини зменшують чи усувають розлітання пилю, змушуючи стікати його разом із собою. Це є доволі поширеним явищем при проведенні шліфування поверхонь, коли в зоні різання концентрується велика кількість абразивного та металевго пилю, що є значно небезпечним.

Небезпечною зоною для усіх механічних операцій є зона різання, тому необхідно дотримуватися правил експлуатації певного виду обладнання. Небезпеку можуть також створювати частини та елементи верстатів, що рухаються та пристрої, що використовують для закріплення деталі чи інструменту.

Металорізальні верстати живляться від електромережі, тому існують небезпека ураження працівників електричним струмом. Тому необхідно обов'язково передбачити захисне заземлення усього електричного обладнання або використання системи автоматичного відключення при виникненні небезпечних високої напруги на металевих частинах цього обладнання

Дотримуючись правил монтажу та експлуатації обладнання, вимог нормативних документів з техніки безпеки та охорони праці практично можна попередити всі можливі ситуації небезпечні для здоров'я та праці працівників та навколишнього середовища.

Охорона праці вивчає спеціальні та загальні питання, що відображені в правилах, нормах положеннях та інструкціях. Усі роботи з проведення монтажу, демонтажу, експлуатації та ремонту технологічного устаткування та обладнання, будівельно-монтажні роботи виконуються відповідно до проєктів проведення робіт, що включають розділ з охорони праці та за типовими інструкціями з охорони праці. На основі типових інструкцій та інших нормативних документів розробляють інструкції з охорони праці та нормативні документи конкретного підприємства, при цьому враховують особливості виду діяльності підприємства. Виконання на підприємстві усіх робіт з підвищеною небезпекою повинно включати розробку технічних, організаційних та санітарно-гігієнічних заходів, направлених на забезпечення безпеки трудового процесу.

Для безпечного виконання робіт необхідно виконувати наступні організаційні заходи:

- проведення постійного контролю за технічним станом інструментів, обладнання, будівель і споруд;

- проведення навчання, перевірки знань та інструктажів з охорони праці перед роботою та періодично в процесі роботи;
- призначення працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- здійснення постійного періодичного контролю за роботою працівників, експлуатацією обладнання, умовами праці, дотриманням вимог нормативних документів з охорони праці;
- проведення нагляду за обладнанням підвищеної небезпеки;
- проведення контролю за виконанням технологічного процесу відповідно до вимог охорони праці;
- забезпечення працівників підприємства засобами індивідуального та колективного захисту;
- обладнання робочих приміщень відповідними знаками безпеки, плакатами[1].

Технічними заходами, що забезпечать нешкідливі та безпечні умови праці є впровадження нового обладнання, приладів і пристроїв безпеки та безпечної експлуатацією засобів виробництва.

До санітарно-гігієнічні заходи з покращення умов праці на машинобудівних підприємствах відносяться:

- забезпечення постійного контролю впливу виробничих чинників на здоров'я працівників;
- проведення атестації робочих місць на відповідність їх вимогам нормативних документів з охорони праці;
- організація та забезпечення необхідних для працівників санітарно-побутових умов згідно з діючими нормами;
- планування проведення заходів щодо покращення санітарно-гігієнічних умов праці;
- проведення паспортизації санітарно-технічного стану умов праці.

5.2 Загальні вимоги безпеки до роботи металообробних верстатів

Загальні вимоги безпеки при експлуатації металообробних верстатів встановлюються Державним стандартом України EN 13788:2008 Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпindelні автоматичні, Правилами охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями, Правилами охорони праці під час роботи з абразивним інструментом, а додаткові вимоги безпеки, встановлюються особливостями конструкцій верстатів та умов їх експлуатації та вказуються в нормативно-технічній документації на верстати.

Металообробні верстати, а також усі види верстатних пристроїв – кондуктори, патрони, планшайби, магнітні плити, оправки тощо повинні відповідати вимогам безпеки, встановленим чинними нормативними документами з охорони праці [4].

Роботи на несправних верстатах та на верстатах з несправними або незакріпленими огороженнями виконувати забороняється.

Написи, що вказують про напругу мережі та вид струму повинні міститися на місцях підключення до електричної мережі переносних електроприймачів струму.

Частини обладнання, що є струмопровідними повинні бути ізольовані або огорожені. А металеві частини обладнання, які можуть при пошкодженні ізоляції потрапити під напругу, повинні бути заземлені чи занулені.

Штепсельні вилки та розетки повинні відповідати напрузі електромережі.

Не допускається використання у виробничих приміщеннях рубильників відкритого типу чи рубильників з прорізю у кожухах для ножів або рукоятки.

Верстати повинні бути знеструмлені та вимкнені під час проведення ремонту обладнання та заміни робочих частин відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98 Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Стационарні верстати повинні встановлюватися на міцних фундаментах чи підмурках, бути вивіреними, надійно закріпленими та пофарбовані відповідно до вимог ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір». Внутрішні поверхні дверцят, що закривають рухомі

елементи верстатів, повинні бути пофарбовані, з нанесенням знаків безпеки відповідно до вимог вищевказаного ДСТУ.

Відповідно до вимог безпеки верстати обладнуються захисними пристроями, що заблоковані з пуском верстата. Захисні пристрої не повинні викликати незручності при виконанні робіт, налагоджування, прибирання та обмежувати технологічні можливості верстата, та не повинні призводити при їх відкриванні до забруднення мастильно-охолоджувальною рідиною. Захисні пристрої повинні бути надійно закріплені [5].

Під час роботи на верстатах робоче місце необхідно утримувати в чистоті та не захарашувати. Видалення металевої стружки з верстата необхідно проводити за допомогою спеціальних пристроїв – щіток чи гачків. Прибирати стружку руками забороняється.

Захисним пристроєм чи екраном необхідно огороджувати зону обробки універсальних токарних верстатів, що призначені для обробки заготовок діаметром менше 630 мм.

Різці, що встановлюються, повинні бути правильно заточені, без надламів та тріщин.

Рухомими огороженнями повинні обладнуватись затискні патрони універсальних токарних та токарно-револьверних верстатів.

В вертикально-фрезерних та горизонтально-фрезерних верстатах висотою до 2,5 м задня частина шпинделя з виступним кінцем гвинта для закріплення інструменту та кінець фрезерної оправки, який виступає з підтримки, відгороджуються знімними кожухами.

Копіювальні фрезерні та свердлильно-фрезерні верстати повинні обладнуватись кінцевими вимикачами для проведення вимикання фрезерних та свердлильних кареток.

Верстати поперечно-стругальні повинні бути обладнаними екраном та стружкозбірником для попередження розкидання стружки за межі стружкозбірника.

Верстати довбальні з кулісним приводом повзуна повинні бути обладнаними блокуванням для запобігання перемиканню швидкості різця при роботі верстата.

Установлювати і знімати великогабаритні деталі необхідно тільки після зупинення верстата вдягнувши рукавиці.

Забороняється використовувати на верстатах інструмент із забитими чи спрацьованими конусами та хвостовиками.

Під час роботи верстата не дозволяється очищувати та поправляти оброблювані деталі, різальний інструмент та пристосування.

Забороняється під час роботи верстата рукою перевіряти гостроту різальних кромek інструменту, вихід свердла з отвору в деталі та глибину отвору, проводити охолодження свердла мокрою ганчіркою.

Виконувати роботи на свердлильних верстатах у рукавичках, рукавицях чи із забинтованими кистями рук не дозволяється.

Захисні та огорожувальні пристрої, повинні здійснювати захист працюючого від стружки і мастильно-охолоджувальної рідини. Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні – не забруднювати підлогу мастильно-охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання [6].

Автомати та напівавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, верстатного приладдя, органів управління та пристосувань не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

В універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах, призначених для обробки заготовок діаметром менше 500 мм, термін зупинки шпинделя з патроном після виключення не повинен бути більшим ніж 5 с, а для верстатів при обробці заготовок діаметром до 630 мм відповідно 10 с. Для

свердлильних верстатів цей час не повинен перевищувати 3 с, для універсально-фрезерних відповідно 5 с і для розточних верстатів – 6 с.

В верстатах зубообробних автоматичне вимкнення руху інструменту та елементів кінематичного ланцюга при закінченні циклу обробки заготовки має відбуватися протягом термінів не більше: для зубонакатних, зубохонінгувальних і зубошевінговальних верстатів – 5 с; для зубошліфувальних верстатів з працюючим абразивним, конусним чи профільним кругом – 30 с; для зубошліфувальних верстатів з працюючим черв'ячним кругом – 40 с.

Складальні деталі та одиниці, що мають масу більше 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді отворів, припливів, рим-болтів і т. д., призначених для безпечного переміщення та підйому їх під час монтажу, демонтажу та ремонту обладнання.

На автоматичних лініях або верстатах для встановлення заготовок, що мають масу більше 8 кг та пристосувань, інструментів з масою більше 20 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу. Підйомний пристрій повинен вдержувати вантаж в будь-якому положенні, навіть у випадках несподіваного припинення подачі електроенергії, повітря чи масла. При установці для обробки заготовок масою більше 250 кг необхідно використовувати підйомні внутріцехові засоби [6].

Стандартом обумовлені і додаткові вимоги безпеки до окремих верстатів.

Для токарних верстатів при проведенні обробки заготовки зі швидкістю різання більш 5 м/с товщина матеріалу захисного пристрою повинна збільшуватися не менш ніж у 2 рази.

Оглядові вікна захисних пристроїв повинні бути виготовленими з прозорого спеціального матеріалу загальною товщиною не менше 10 мм.

Пруткові револьверні верстати та пруткові токарні автомати необхідно по всій довжині прутків забезпечувати огороженнями з шумопоглинаючими пристроями.

Верстати поздовжньо-стругальні повинні мати пружно-обмежувальні та гальмові пристрої, що попереджують небезпеку при викиді столу, при виході його із зачеплення з приводним елементом.

В верстатах абразивно-відрізних необхідно передбачати приєднання до них місцевих відсмоктуючих пристроїв для видалення пилу та продуктів різання з робочої зони [5].

В шліфувальних верстатах кріплення захисного кожуха, що дають змогу утримати його на місці у випадку розриву круга, повинні мати підвищену надійність. Верстати круглошліфувальні, що здійснюють роботу зі швидкістю круга більше 60 м/с, повинні мати зону обробки, що є повністю закритою захисним пристроєм. Оглядове вікно захисного кожуху, як і він сам обладнуються відповідно до вимог, що висуваються до швидкісного різання.

Огородження стрічкових пилок для різання металу повинно бути таким, щоб відкритою залишалася тільки робоча частина пилки. Огорожа повинна огинати шків, по яких проходить стрічка, крім цього, шків додатково огороджують з бічних сторін.

У верстатів стругального типу зони руху стола або повзуна, що виходять за габарити верстата повинні бути огородженими. Огородження виконується у вигляді бар'єру чи іншого пристрою, що загороджує працюючих від доступу в цю зону.

Для швидкохідних поздовжньо-стругальних верстатів є обов'язковими у використанні гальмуючі і обмежуючі рух столу пристрої для запобігання викиду столу у випадках виходу його з зачеплення. Реверсивний механізм для зміни ходу, механізми подачі, проміжки між стійками і столом повинні бути огородженими щитами.

Для уникнення можливого попадання рук працівника між ріжучими кромками при різанні листового металу на гільйотинних ножицях, нижню кромку ножиць з'єднують зі столом і нерухомою запобіжною лінійкою. Це не допускає потрапляння пальців працюючого під ніж та притискний пристрій.

Конструкція ножиць має бути такою, що виключає можливість самовільного опускання верхнього ножа.

При здійсненні різання заготовок на круглих і стрічкових пилах необхідно використовувати пристосування, що унеможливають ушкодження пальців робітника.

На верстатах свердлильного типу вироби, що оброблюються, встановлюють та закріплюють в кондукторах, лецатах та інших пристосуваннях, що надійно укріплені на плиті чи столі верстата. Механізм кріплення патронів повинен надавати можливість надійного затиску та точного центрування інструменту..

Автоматична лінія з механічної обробки виробів складається з окремих, взаємно пов'язаних верстатів-автоматів Керування автоматичною лінією проводиться з центрального пульта, це забезпечує роботу в автоматичному та налагоджувальному режимах. Під час роботи система автоматичного управління повинна виключати самопереключення лінії з налагоджувального на автоматичний режим. Під час роботи на налагоджувальному режимі всі агрегати та верстати автоматичної лінії повинні мати самостійні органи управління для їх зупинки та пуску. Обов'язково повинні передбачатися сигнальні пристрої, що надають інформацію про включення лінії на автоматичний або налагоджувальний режим.

Усі верстати і агрегати автоматичної лінії, як на автоматичному, так і на налагоджувальному режимах повинні працювати в послідовності, встановленій технологічним процесом та мати справну систему блокування з дотримання даної послідовності для забезпечення уникнення аварійних ситуацій.

Частини верстатів, агрегатів та інших пристроїв автоматичної лінії, що є рухомими, а також оброблюваний виріб та інструмент, повинні огорожуватися надійними кожухами, це виключає можливість доступу працівника під час роботи лінії до небезпечної зони.

Видалення стружки з місця її утворення за межі автоматичної лінії повинно проходити автоматично, наприклад використанням скребкових конвеєрів чи вакуумних пристроїв або змив її рідиною і т. п.

Контроль виробів при роботі лінії на автоматичному режимі повинен здійснюватися виключно контрольними приладами на лінії.

До працівників, які виконують роботи на верстатах з обробки металу висувають наступні вимоги:

- до виконання робіт з обробки металу на верстатах допускаються особи, не молодше 18 років, та ті працівники, які пройшли професійний добір відповідно до Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі, медичний огляд відповідно до вимог Положення про медичний огляд працівників певних категорій та спеціальне навчання та перевірку знань з охорони праці;
- працівники повинні знати та виконувати вимоги інструкцій з охорони праці відповідно до їх роботи чи професії, що діють на підприємстві, Правил охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями та інших нормативно-правових актів з охорони праці;
- проводити виконання робіт із застосуванням засобів індивідуального та колективного захисту, визначених нормативними документами;
- дбати про особисту безпеку та про безпеку інших працівників та виробничого середовища під час виконання будь-яких робіт;
- проходити медичний огляд в установленому порядку.

Дотримання зазначених вимог безпеки та проведення організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів з охорони праці на металообробних підприємствах забезпечить зменшення травматизму, професійних захворювань та аварій, покращить умови праці у виробничих приміщеннях та створить умови реалізації конституційного права громадян на безпечні та нешкідливі умови праці.

ВИСНОВКИ

Під час виконання даної магістерської роботи було проаналізовано конструкцію корпусу електромагнітного гальма та розроблено технологію виготовлення партії 5000 шт.

На першому етапі було обрано метод отримання заготовки на основі порівняння економічної доцільності обрано литво у пісчано-глиняні форми.

Наступним етапом було пропрацьовано варіанти технологічних операцій та розроблено схеми базування. Далі було обране технологічне обладнання, металорізальний інструмент та розраховано режими різання.

Розроблено в САМ Esprit програму оброблення на вертикально-фрезерувальному верстаті VF-3 групи різьбових отворів.

У конструкторському розділі спроектовано пристрій для закріплення деталі на столі верстата, а також контрольний пристрій для перевірки торцевого биття.

У дослідницькому розділі викладені результати дослідження коливань і точності обробки при багатоінструментальному тонкому розточуванні та встановлено, що при одночасній роботі взаємний вплив різців призводить до підвищення або зниження рівня вимушених коливань залежно від конструктивних параметрів борштанги (співвідношення діаметрів і довжин ступенів) та режимів обробки.

У відділі охорони праці наведені поради щодо створення безпечних умов праці на виробництві.

Список використаної літератури

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» (для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»). / Укладачі: Бабенко М.О., Горячева Т.В. Красноармійськ, Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2009. 67 с.
3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
4. Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов В.А. и др. Технология машиностроения: Учебник для студ. машиностр. вузов. / Под редакцией Якимова А.В. Одесса: Астропринт, 2012. 784с., ил.
5. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.
6. 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.
7. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
8. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., ил.
9. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.

10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
11. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
12. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
13. 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.
14. Железна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
15. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.
16. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8
17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.
18. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.
19. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.
20. <http://ecat.secotools.com/>