


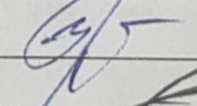
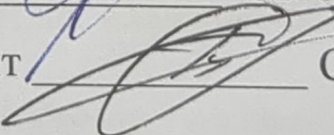
Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

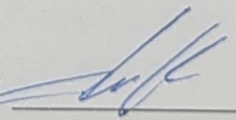
Удосконалення технологічного процесу виготовлення
валу МПТ 1211.010100.19 з використання верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань - 13 Механічна інженерія
Спеціальність - 131 Прикладна механіка
Спеціалізація – Технології машинобудування
Освітня програма - Технології машинобудування

Шифр: КРМ.ПМ.ФІТА.24.23493

Виконав студент 2-го курсу гр. ПМТм-23-1  Володимир ШАХОВАЛ
Керівник кандидат технічних наук, доцент  Євген УРБАНЮК
Нормоконтролер кандидат технічних наук, доцент  Сергій БИСЬ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування  Віталій ТКАЧУК

“ 23 ” 12 2024 р.

Хмельницький 2024 р.

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма Технології машинобудування
(ШИФР І НАЗВА)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
/Ткачук В.П./

“ 20 ” 9 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Шаховалу Володимиру Вікторовичу
(ПРИЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення валу МПТ 1211.010100.19 з використання верстатів з ЧПК»

Керівник роботи Урбанюк Євген Антонович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ХНУ № 60 від “20” серпня 2024р.

2. Строк подання студентом проекту до захисту 18 грудня 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: кресленик деталі з технічними вимогами до її виготовлення; річна програма випуску N=2000 шт./рік; базовий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі; завдання на кваліфікаційну роботу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. Розділ 1 Загальний. Розділ 2 Технологічний. Розділ 3 Конструкторський. Розділ 4 Дослідницький. Розділ 5 Охорона праці. Загальні висновки. Додатки.

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

1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А2; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А2; 3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1; 5. Складальний кресленик пристрою для оброблення 4-х отв. Ø8 - 2 аркуші ф.А1; 6. Складальний кресленик пристрою для оброблення отв. Ø3 - 1 аркуш ф.А1; 7. Складальний кресленик пристрою

для контролю радіального биття - 1 аркуш ф.А1; 9. Кресленик різця токарного збірного - 1 аркуш ф.А2. 10. Дослідницький розділ - 1 аркуш ф.А1.

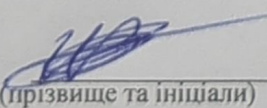
6. Консультанти розділів проекту

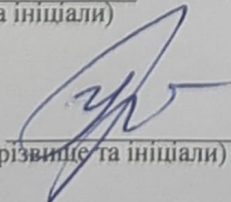
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Загальний. Розділ 2. Технологічний.	10.11.24	
2	Розділ 3. Конструкторський.	24.11.24	
3	Розділ 4. Дослідницький. Розділ 5. Охорона праці.	8.12.24	
4	Загальні висновки. Додатки	12.12.24	
5	1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А2; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А2.	1.12.24	
6	3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1.	8.12.24	
7	5. Складальний кресленик пристрою для оброблення 4-х отв. Ø8 – 2 аркуші ф.А1; 6. Складальний кресленик пристрою для оброблення отв. Ø3 - 1 аркуш ф.А1.	12.12.24	
8	7. Складальний кресленик контрольного пристрою - 1 аркуш ф.А1;	14.12.24	
9	8. Кресленик інструменту - 1 аркуш ф.А2; 9. Дослідницький – 1 аркуш ф.А1;	16.12.24	
10	Висновки. Додатки.	17.12.24	

Студент  Володимир ШАХОВАЛ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Євген УРБАНИЮК
(підпис) (прізвище та ініціали)

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Шаховал Володимир Вікторович на захист дипломного проєкту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала МПТ 1211.010100.19 із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету



(підпис)

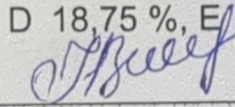
ОЛЕГ ПОЛЯЩУК

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Шаховал В. В. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2023 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за: національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 100,00, задовільно 0,00 %. шкалою ЄКТС: А 25,00 %, В 31,25 %, С 25,00 %, D 18,75 %, Е 0,00 %.

Методист факультету



(підпис)

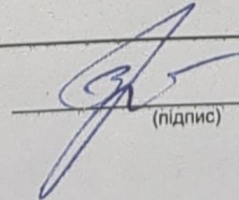
(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Шаховал В.В. виконав кваліфікаційну роботу згідно завдання та в установленні терміни. Вивів цю роботу до рівня прогресивної підготовки, що відповідає освітньому рівню – магістр. Кваліфікаційна робота згідно з оцінками отримала оцінку "добре".

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту



(підпис)

Олександр Урбанчик

(ім'я, прізвище)

" 24 " грудня 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

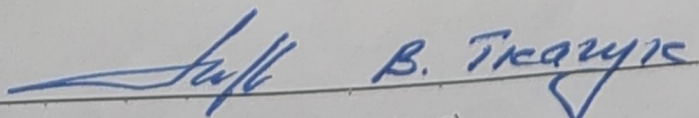
Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Шаховал В. В. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(назва)

" 20 " 12 2024 р.



(підпис, ім'я, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу магістра Шаховала В.В.

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення валу МПТ 1211.010100.19 із застосуванням верстатів з ЧПК

1. **Актуальність і значення теми:** Удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей з використанням обладнання із ЧПК є важливою складовою ефективності функціонування підприємств машинобудівного профілю, тому тема кваліфікаційної роботи відповідає спеціальності 131 - Прикладна механіка.

2. **Оцінка якості та достовірності проведених досліджень:** В загальному розділі роботи наведений аналіз об'єкта виробництва, дана характеристика конструкції і технічних вимог до виготовлення деталі «Вал МПТ 1211.010100.19», а також оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі за результатами аналізу базового технологічного процесу розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі: економічно обґрунтований метод отримання заготовки, призначені припуски на оброблення основних поверхонь деталі, вибране обладнання та інструмент по операціях, розраховані і призначені режими різання, детально розроблена операція з використанням верстат з ЧПК, для якої складена керуюча програма, виконане технічне нормування технологічного процесу.

В конструкторському розділі спроектовані два верстатні пристрої та один контрольний пристрій, а також наведений розрахунок і кресленик різця токарного прохідного упорного збірного із пластиною твердого сплаву Т15К6.

Дослідницький розділ присвячений дослідженням зносостійкості свердел із швидкорізальної сталі Р6М5 при використанні мастильно-охолоджувальних рідин різного складу.

В розділі «Охорона праці» наведений аналіз небезпек та шкідливості розробленого технологічного процесу, наведені заходи з організації охорони праці на машинобудівних підприємствах загалом та особливості охорони праці при роботі на металорізальних верстатах.

Зауваження: Нарізування різьби різцем (Операція 035) доцільно було би виконати на операції 030 Токарна з ЧПК. Окрім того для складання програми керування верстатом з ЧПК (операція 040) бажано використовувати спеціалізований пакет програм SolidCAM чи інші.

3. **Оцінка запропонованих заходів та пропозицій практичної цінності та ефективності:** Наведені в кваліфікаційній роботі розділи використовують як класичні підходи вирішення завдань технологічного та конструкторського характеру, так і елементи застосування сучасного обладнання та технологій.

4. **Загальний висновок та оцінка:** Наведені обґрунтування та розрахунки свідчать про достатній рівень підготовки здобувача освітнього рівня магістра із фахових дисциплін. Графічна частина роботи виконана з дотриманням вимог ЕСКД та ДСТУ, розрахунково-пояснювальна записка оформлена з дотриманням вимог до текстових документів проектів технічного характеру. Кваліфікаційна дипломна робота виконана згідно завдання і загалом заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: Бабак Олег Петрович,
доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства

(Підпис)

26 грудня 2024 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва кваліфікаційної роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення валу МПТ 1211.010100.19 з використання верстатів з ЧПК

Автор Шаховал Володимир Вікторович

Освітня програма: Технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Науковий керівник: Урбанюк Є.А., к.т.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Шаховал Володимир Вікторович

Співавтор:

Назва: МКР Удосконалення технологічного процесу виготовлення валу МПТ 1211.010100.19 із застосуванням верстатів з ЧПК

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

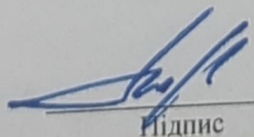
Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

2024-12-23

Експерт

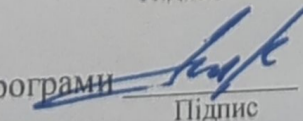
24 грудня 2024р.

Завідувач кафедри


Підпис

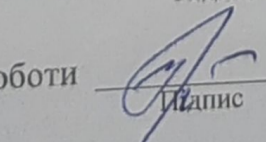
Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Євген УРБАНЮК
Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри
технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Шаховала В.В.
ФІТА, 2-го курсу, гр. ПМТм-23-1

ЗАЯВА

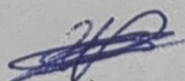
З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності,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

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

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

23 грудня 2024р.

Дата


підпис

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення валу МПТ 1211.010100.19 з використання верстатів з ЧПК

Автор: Шаховал В.В.

Керівник роботи: Урбанюк Є.А.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Обсяг пояснювальної записки 100с. Графічна частина 7 арк. ф.А1. і 3 арк. ф.А2

Актуальність. Підвищення технологічного рівня і покращення якості машинобудівної продукції залежить від кваліфікації молодих фахівців освітнього рівня магістра, які здатні аналізувати існуючі технології виробництва і пропонувати їх удосконалення, в тому числі, застосуванням верстатів з ЧПК. Виконання кваліфікаційної роботи магістра є однією із складових підготовки таких фахівців.

Метою роботи є розроблення більш досконалого в порівнянні із базовим варіанту технологічного процесу механічного оброблення валу МПТ 1211.010100.19 з використанням верстатів з ЧПК.

Предмет дослідження: Технологія виготовлення деталі «Вал МПТ 1211.010100.19».

Результати: В загальному розділі кваліфікаційної роботи виконаний аналіз об'єкта виробництва: наведена загальна характеристика деталі «Вал МПТ 1211.010100.19» і проведена оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі виконаний аналіз базового технологічного процесу, проведене обґрунтування методу отримання заготовки, призначені припуски та їх допуски на основні поверхні деталі, розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі з використанням верстатів з ЧПК, в тому числі, розраховані і призначені режими різання на операціях, розроблена керувальна програма для верстата з ЧПК, виконане технічне нормування.

В конструкторському розділі спроектовані два верстатні пристрої для двох свердлувальних операцій, контрольний пристрій, а також спеціальний інструмент – різець токарний контурний збірний.

В дослідницькому розділі розглянуте питання підвищення зносостійкості свердел із швидкорізальної сталі Р6М5 при обробленні деталей із конструкційних сталей застосуванням мастильно-охолоджувальних рідин різного складу.

В розділі «Охорона праці» виконаний аналіз небезпек та шкідливості розробленого технологічного процесу, розглянуті питання організації охорони праці на машинобудівних підприємствах та охорони праці при роботі на металорізальних верстатах.

В додатках надані розроблені супровідні матеріали до розділів роботи.

Ключові слова: механічне оброблення, технологія, верстат, інструмент, режими різання, пристрій, зносостійкість, охолодження, рідина, безпека, охорона праці.

Abstract

Subject of the qualification work: Improvement of the manufacturing process of the MPT 1211.010100.19 shaft using CNC machines

Author: Shachoval V.V.

Head of work: Urbanyuk E.A.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

The volume of the explanatory note is 100 p. Graphic part of 7 sheets. f.A1. and 3 sheet. f.A2

Topicality. Increasing the technological level and improving the quality of machine-building products depends on the qualifications of young professionals with a master's degree who are able to analyze existing production technologies and propose their improvement, including the use of CNC machines. Completion of master's qualification work is one of the components of the training of such specialists.

The purpose of the work is to develop a more advanced, compared to the basic version of the technological process of mechanical processing of the MPT 1211.010100.19 shaft using CNC machines.

The subject of the research: Manufacturing technology of the part "MPT shaft 1211.010100.19".

Results: In the general section of the qualification work, an analysis of the production object was performed: the general characteristics of the part "MPT shaft 1211.010100.19" were given and an assessment of the manufacturability of its manufacture was carried out.

In the technological section, an analysis of the basic technological process was performed, the method of obtaining the workpiece was justified, allowances and their tolerances were assigned to the main surfaces of the part, a new version of the technological process for machining the part using CNC machines was developed, including the calculation and assignment of cutting modes in operations, a control program for the CNC machine was developed, and technical standardization was performed.

The design section designed two machine tools for two drilling operations, a control device, and a special tool - a contour prefabricated lathe cutter.

The research section considered the issue of increasing the wear resistance of drills made of high-speed steel P6M5 when machining parts made of structural steels by using lubricating and cooling fluids of different compositions.

In the section "Occupational Safety" an analysis of the hazards and harmfulness of the developed technological process is performed, issues of organizing occupational safety at machine-building enterprises and occupational safety when working on metal-cutting machines are considered. The appendices provide developed accompanying materials for the sections of the work.

The appendices provide developed supporting materials for the sections of the work.

Keywords: mechanical processing, technology, machine tool, tool, cutting modes, device, wear resistance, cooling, liquid, safety, labor protection.

Зміст

Вступ	9
Розділ 1 Загальний	10
1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної магістерської роботи.....	10
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	12
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва.....	17
Розділ 2 Технологічний	18
2.1 Аналіз базового технологічного процесу.....	18
2.2 Вибір типу заготовки і техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	20
2.3 Вибір технологічних баз	26
2.4 Розроблення технологічного маршруту оброблення деталі	27
2.5 Детальне розроблення технологічних операцій механічного оброблення деталі	31
2.6 Розрахунок припусків на механічне оброблення	35
2.7 Розрахунок та призначення режимів різання	40
2.8 Розроблення операції 040 Вертикально-свердлувальна з ЧПК	52
2.9. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій.....	54
Розділ 3 Конструкторський	57
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при свердлуванні 4-х отворів Ø8	57
3.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору ø3, вісь якого перпендикулярна осі деталі	65
3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для контролю радіального биття	73
3.4 Проектування різального інструменту	75
Розділ 4 Дослідницький. Зносостійкість свердел зі сталі Р6М5 при використанні мастильно-охолоджувальних рідин різного складу	77
Розділ 5 Охорона праці	81

5.1 Аналіз небезпек та шкідливості розробленого технологічного процесу..	81
5.2 Організація охорони праці на машинобудівних підприємствах	86
5.3 Охорона праці при роботі на металорізальних верстатах	92
Загальні висновки.....	99
Список використаних джерел.....	100
Додатки	

Вступ

Для того, щоби виготовляти високоякісну продукцію, яка могла б бути конкурентноспроможною не тільки на території України, а й далеко за її межами потрібно прикласти чимало зусиль. В наш час дуже важко вийти на високий рівень виробництва. Високий рівень виробництва та якість продукції, що випускається, багато в чому залежить від застосування новітніх розробок технологій машинобудування. Технічний прогрес не стоїть на місці, відповідно, вимоги замовника тої чи іншої продукції також значно підвищуються.

Виходячи із ситуації, що склалася на виробництві, потрібно впроваджувати автоматизацію, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції, розробляти звичайні і спеціальні методи та схеми захисту працюючих на машинобудівних дільницях.

Ще донедавна системи автоматизованого проектування (САПР) вважались не більш ніж модним захопленням, однак сьогодні вони застосовуються повсюди і їх економічна доцільність повністю доведена. Економічна ефективність визначається не тільки досягнутою економією коштів, але й підвищенням точності виготовлення виробів та прискорення освоєння їх виробництва. Підвищення точності виготовлення призводить до зменшення загального часу освоєння нової продукції, що дозволяє швидше реагувати на вимоги ринку.

Найбільш раціональним шляхом підвищення рівня виробництва є оптимізація методів вибору типу заготовок при порівнянні їх декількох варіантів, використання обладнання з ЧПК, що дає можливість значно зменшити кількість обладнання, залучити до процесу виробництва меншу кількість робочого персоналу тощо.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної магістерської роботи

Тема кваліфікаційної роботи магістра має вирішувати наукове чи виробниче завдання з елементами дослідження та використанням сучасних технологій проектування [1]. Актуальність теми – це обов'язкова вимога до будь-якої кваліфікаційної роботи магістра і перший критерій, за яким здійснюється її експертиза офіційними опонентами. Особлива увага акцентується на важливості, суттєвому значенні, відповідності теми сучасним потребам та практичним завданням вибраної сфери діяльності. Тема даної кваліфікаційної роботи – «Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала МПТ 1211.010100.19 із застосуванням верстатів з ЧПК».

Актуальність вибраної теми. Машинобудування забезпечує матеріальну базу для технічного прогресу в усіх сферах народного господарства. На даний момент машинобудування має міцну виробничу базу, яка випускає більше чверті всього обсягу промисловості продукції країни.

На даному етапі технічного розвитку країни особливого значення набувають питання впровадження у виробництво сучасних технологій проектування та підготовки виробництва, використання сучасних верстатів з ЧПК і автоматизація підготовки керуючих програм для них.

Основні переваги виробництва, де використовують верстати з ЧПК, в порівнянні з виробництвом, що використовує універсальні верстати з ручним керуванням, наступні:

- скорочення основного і допоміжного часу виготовлення деталей;
- підвищення точності оброблення;
- можливість використання менш кваліфікованої робочої сили;
- можливість застосування багатOVERстатного обслуговування;
- зниження витрат на спеціальні пристрої;

- скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів і термінів їх постачання.

Досвід показує, що найбільший економічний ефект дає виготовлення на верстатах з ЧПК складних деталей, у тому числі з важкооброблюваних матеріалів.

У зв'язку з цим вдосконалення технології механічного оброблення деталі «Вал МПТ 1211.010100.19» із застосуванням сучасних технологій проектування та верстатів з ЧПК є актуальним завданням, вирішення якого пов'язане з підвищенням ефективності функціонування підприємства, на якому ця деталь виготовляється.

Мета дослідження - це поставлена кінцева мета, на досягнення якої спрямована розробка. *Метою даної кваліфікаційної роботи* є розроблення вдосконаленої технології механічного оброблення деталі «Вал МПТ 1211.010100.19» в тому числі із застосуванням верстатів з ЧПК. Мета даної роботи може бути досягнута в результаті вирішення наступних завдань:

- проведення інформаційного дослідження;
- визначення оптимальних параметрів процесу механічного оброблення деталі на операціях технологічного процесу;
- використання верстатів з ЧПК, в тому числі багатоопераційних;
- розроблення керуючих програм для верстатів з ЧПК, бажано з використанням сучасних САМ-пакетів;
- проектування оснащення для операцій технологічного процесу з виконанням розрахунків діючих зусиль і крутильних моментів, а також проектування їх основних вузлів.

Об'єкт дослідження – технологія механічного оброблення деталі «Вал МПТ 12111.010100.019».

Предмет дослідження – можливість застосуванням сучасних технологій проектування та верстатів з ЧПК для вдосконалення технології механічного оброблення деталі «Вал МПТ 12111.010100.19» з метою забезпечення вимог до її виготовлення.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь «Вал МПТ 12111.010100.19» входить до складу механізму приводу різання спеціального верстата, що використовується для створення фасок під зварювання на торці труби при будівництві і ремонті магістральних нафто- і газопроводів у польових умовах.

Для врахування впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища верстат виготовляють у виконанні категорії В і умов експлуатації від мінус 40⁰ до плюс 40⁰С.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики обладнання

№	Назва показника	Значення для типорозмірів				
		МПК 12-14	МПК 10-12	МПК 10-14	МПК 08-10	МПК 05-0*
1	Діаметр труб, які оброблюються, мм	1220-1420	1020-1220	1020-1420	720-1020	530-820
2	Товщина стінки, мм	12-35	12-35	12-35	10-27	8-20
3	Частота обертання планшайби, об/хв.	35	35	35	45	55
4	Подача планшайби, мм/об	0,1-0,2				
5	Швидкість переміщення планшайби, мм/хв.	65				
6	Найбільша довжина ходу планшайби, мм	90				
7	Тиск у гідросистемі центрувальника, МПа	15				
8	Кількість фіксуючих рядів у центрувальному механізмі, шт.	2				
9	Кількість затискачів у ряду передньому/задньому, шт.	8/16	6/12		9/9	8/8
10	Габаритні розміри, мм					
	довжина	3600	3600	3600	3500	3500
	ширина	1500	1500	1500	1300	1100
	висота	2000	2000	2000	1800	1600
11	Маса верстата, кг	5000	4600	4800	4000	3000

Верстат для зняття фасок на торцях великогабаритних труб складається із двох основних модулів (див. рис.1.1): механізму, що ріже(поз.1), і механізму,

що центрує (поз. 2), який затискачами (поз. 20, 21) утримує механізм, що ріже, у трубі і забезпечує співвісність.

Устрій механізму, що ріже, (поз. 1).

На основі (поз. 6) змонтована труба (поз. 17), що переміщається уздовж основи. На трубі (поз. 17) встановлена планшайба (поз. 3), що несе на собі шість супортів (поз. 9) з різцями. Обертання планшайби здійснюється мотор-редуктором (поз. 7). Подача планшайби по осі основи здійснюється мотор-редуктором (поз. 8) за допомогою гвинтової передачі (поз. 18) та валу (поз. 19), при цьому крайні положення ходу планшайби обмежуються кінцевими вимикачами (поз. 12).

Підвіска (поз. 4) призначена для транспортування верстата трубоукладачем у польових умовах, або для монтажу на трубозварювальній базі типу БТС-142В.

Шафа керування (поз. 15) і пульт керування (поз. 16) призначені для керування усіма функціями верстата.

Устрій механізму, що центрує, (поз. 2).

Конструктивно механізм, що центрує, складається з двох рядів затискачів (поз. 20, 21), з'єднаних між собою рамою (поз. 25). У середині рами встановлена гідростанція (поз. 27). Гідравлічна рідина з бака гідростанції надходить у циліндри (поз. 29) під тиском 15МПа, затискачі, розтискаючись, надійно фіксують верстат у трубі. Конструкція гідростанції забезпечує утримання тиску у циліндрах у випадку знеструмлення верстата для запобігання травмування персоналу. Для аварійного зняття тиску передбачена розвантажувальна пробка (поз. 30).

Ролики (поз. 22, 23) служать для полегшення уведення верстата в трубу.

При транспортуванні і зберіганні верстат встановлюється на раму (поз. 10) і опору (поз. 26).

Заготовка для виготовлення даної деталі досить проста за конфігурацією і може бути отримана із круглого прокату відрізанням на заготовки потрібної довжини чи методом гарячого штампування, що потребує додаткового обґрунтування [2].

Основною базовою поверхнею є зовнішня поверхня валу. Поверхні деталі з точки зору забезпечення їх точності і шорсткості при обробленні не створюють технологічних труднощів, дозволяють вести оброблення напрохід і дають можливість оброблювати деталь на верстатах з ЧПК, застосовуючи високопродуктивні методи. До того ж поверхні деталі не вимагають застосування спеціального верстатного обладнання для забезпечення технічних вимог до виготовлення деталі.

Для кількісної оцінки технологічності деталі, визначаємо наступні коефіцієнти:

1. Коефіцієнт точності оброблення

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (1.1)$$

де T_{cp} - середній клас точності оброблення деталі.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.2)$$

тут n_i - кількість розмірів на деталі відповідного класу точності,

T_i - клас точності оброблення.

$$T_{cp} = \frac{6 \cdot 4 + 14 \cdot 6}{4 + 6} = 10.8;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{10.8} = 0.9.$$

2. Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}}, \quad (1.3)$$

де $Ш_{CP}$ - середній клас шорсткості поверхні деталі,

$$Ш_{CP} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_{im}}{\sum n_{im}}, \quad (1.4)$$

тут $Ш_i$ - клас шорсткості поверхні,

n_{im} - число поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$Ш_{CP} = \frac{9 \cdot 2 + 8 \cdot 3 + 5 \cdot 5}{2 + 3 + 5} = 6.7$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{6.7} = 0.14. \text{ Це означає, що деталь технологічна.}$$

Матеріал сталь 45, з якого виготовляють вал, не є дефіцитним і широко застосовується в машинобудуванні.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809 у %

C	Si	P	S	Gr	Ni	Cu
		Не більше		Не більше		
0.42...0.50	0.2...0.52	0,04	0,045	0,30	0,30	0,30

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809

Межа текучості, МПа	Тимчасовий опір розриву, Мпа	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %	Твердість НВ
360	Не менше			
	610	16	20	241

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва, який характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, згідно рекомендацій [3] попередньо можна визначити за масою деталі та програмою випуску: при $m_d=6,93\text{кг}$ та $N=2000\text{шт./рік}$ тип виробництва дрібносерійний. Ознакою дрібносерійного виробництва є групова форма організації технологічного процесу – випуск виробів здійснюється партіями відповідною кількістю деталей в партії для одночасного запуску в виробництво.

Тип виробництва уточнено визначаємо за формулою:

$$K_{zo} = \frac{O}{P}, \quad (1.5)$$

де O – загальна кількість операцій, визначена сумуванням на кожному робочому місці для базового технологічного процесу, $O=123$;

P – кількість робочих місць з різними операціями. У базовому технологічному процесі попередньо 13 робочих місць, тобто, $P=13$.

Тоді
$$K_{zo} = \frac{123}{13} = 9,46.$$

Отже, згідно значення K_{zo} тип виробництва - серійне.

В серійному виробництві застосовують також змінно-потоккову форму організації робіт. Тут обладнання розташовують по ходу технологічного процесу. Оброблення виконують партіями, причому, заготовки кожної партії можуть відрізнятися розмірами і конфігурацією, але допускають оброблення на одному і тому ж обладнанні.

В умовах серійного виробництва застосовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металообробні верстати. При виборі технологічного обладнання, спеціального чи спеціалізованого пристрою та інструментубажано виконувати розрахунки затрат і термінів окупності, а також економічний ефект від використання обладнання і технологічного оснащення.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Вал МПТ 12111.010100.19» проводився за наступним переліком операцій:

005 Відрізна. Абразивно-відрізний верстат мод. 8В66, трикулачковий патрон. Відрізати заготовку в розмір $L = 184 \pm 1$ мм.

010 Токарна. Токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62. трикулачковий патрон. Підрізати і центрувати торець $\varnothing 50^{+0,4}_{-0,3}$.

Підрізати торець в розмір 180 мм, зацентрувати (свердло $\varnothing 3,15$ мм).

Свердлувати отв. $\varnothing 25$ на довжину 31 мм.

Розсвердливати отв. до $\varnothing 27$ на довжину 31 мм.

Проточити фаску $\varnothing 32$ мм під кутом 60° .

Проточити фаску $1 \times 45^\circ$.

015 Пресова. Прес мод. П6330.

Пресувати внутрішній шестигранник 27.

020 Вертикально-фрезерувальна. Вертикально-фрезерувальний верстат мод. 6Р12, універсальний складальний пристрій.

Фрезерувати припуски металу у шестиграннику.

025 Токарна. Токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62, трикулачковий патрон, центр.

Точити поверхні в розміри: $\varnothing 24$ мм, $\varnothing 28$ мм, $\varnothing 34$ мм, $\varnothing 38$ ($\varnothing 35$) мм, $\varnothing 48$ мм попередньо. Зняти фаску $1 \times 45^\circ$.

030 Токарна. Токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62, трикулачковий патрон, центр.

Точити поверхні, витримуючи розміри: $\varnothing 23,84$ мм, $\varnothing 25,8$ мм, $\varnothing 33$ мм, $\varnothing 36$ ($\varnothing 35$) мм, $\varnothing 45,8$ мм начисто.

Проточити канавки $b=3\text{мм}$ на поверхнях $\varnothing 44,5$, $\varnothing 24,5$, $\varnothing 29,5$ і канавку $b=6\text{мм}$ на $\varnothing 19,5\text{мм}$. Зняти фаски $1,6\times 45^\circ$ і $2,4\times 45^\circ$.

035 Токарна. Токарно-гвинторізний верстат мод. 1К62, трикулачковий патрон, центр.

Нарізати різьбу M24 –8g

040 Вертикально-свердлувальна. Вертикально-свердлувальний верстат мод. 2Н135, універсальний збірний пристрій з кондуктором.

Свердлувати 4-ри отвори $\varnothing 8\text{мм}$.

045 Вертикально-свердлувальна. Вертикально-свердлувальний верстат мод. 2Н125, універсальний збірний пристрій з кондуктором.

Свердлувати отвір $\varnothing 3\text{мм}$.

050 Вертикально -фрезерувальна. Фрезерувати шпонковий паз.

055 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат моделі 3М174.

Шліфувати поверхню $\varnothing 35$ попередньо.

Шліфувати поверхню $\varnothing 35^{+0,025}_{-0,05}$ остаточно.

060 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат мод. 3М151.

Шліфувати поверхні $\varnothing 25f9$, $\varnothing 30k6$ і $\varnothing 45$ на довжині 265мм.

065 Контрольна.

070 Гальванічна. Нанести покриття хім. окс. прм.

Базовий технологічний процес був розроблений для одиничного типу виробництва. Проте, враховуючи вихідні дані завдання до кваліфікаційної роботи та результати попередніх розрахунків вибрано середньо-серійний тип виробництва. Отже, у базовий технологічний процес слід внести відповідні зміни, які полягають у наступному: універсальні верстатні пристрої замінюються на спеціальні; у якості контрольних пристроїв для контролю розмірів шийок валу слід використати калібр-скоби, калібр-пробки, шаблони. Окрім того, пропонується спроектувати спеціальний контрольний пристрій для контролю радіального биття.

Так як деталь має складну конфігурацію, то для обточування по контуру замість токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20 доцільно використати верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3. Попереднє оброблення виконаємо за чотири послідовних проходи, а чистове - за один робочий прохід по остаточному контуру деталі. Використання верстату з ЧПК дозволяє скоротити час оброблення в 1,5...2 рази за рахунок значного скорочення допоміжного часу. При цьому кваліфікація робітників може бути нижчою і зменшується ймовірність отримання браку. Для підвищення продуктивності на цій операції як різальний інструмент використаємо прохідний різець, оснащений непереточуваною пластинкою з твердого сплаву, який забезпечує високу стійкість при значному сумарному шляху різання.

На операції свердлування чотирьох отворів запропоновано застосувати верстат з ЧПК мод. 2Н135Ф2 та спроектувати механізований верстатний пристрій із пневмоприводом.

2.2 Вибір типу заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання

2.2.1. Техніко-економічне порівняння двох варіантів отримання заготовки

Проведемо техніко-економічний розрахунок різних методів виготовлення заготовки: 1. розрізанням прокату круглого перетину; 2. методом гарячого об'ємного штампування.

Варіант 1. Заготовка з круглого прокату.

На основі даних базового технологічного процесу заготовка з прокату має наступні розміри: $L=186\text{мм}$; $d=85\text{мм}$.

Маса заготовки за попередніми розрахунками складає $G_{заг} = 6,3\text{кг}$.

Розрахуємо оптимальну довжину прокату для виготовлення заготовки за формулою

$$X = \frac{L_{np} - l_{зам} - l_{м.о.}}{L_з + l_{np}}, \quad (2.1)$$

де L_{np} – довжина прокату в стані постачання, мм;

$l_{зат}$ – втрати на затиск прокату, мм. Приймаємо $l_{зат} = 80$ мм.

$L_з$ – довжина заготовки, мм;

$l_{т.о.}$ – довжина на торцеве обрізання прокату, мм;

$l_{ш}$ – ширина пропилу, мм.

$$l_{об} = (0,3 \dots 0,6) \cdot D, \dots \dots \dots (2.2)$$

де D – діаметр заготовки, мм.

$$l_{об} = 0,3 \cdot 85 = 25 \text{ мм.}$$

Визначаємо кількість заготовок, виходячи з прийнятої довжини прокату.

1. З прокату довжиною 4 м: $X_4 = \frac{4000 - 80 - 15}{186 + 25} = 13,3$ шт.

Приймаємо 14 заготовок з даної довжини прокату.

2. З прокату довжиною 7 м: $X_7 = \frac{7000 - 80 - 15}{186 + 25} = 27,39$ шт.

Приймаємо 27 заготовок з довжини прокату в стані постачання 7 м.

Довжину залишку визначаємо в залежності від прийнятої довжини прокату в стані постачання:

з прокату довжиною 4 м:

$$L_{нк4} = L_{np} - l_{т.о} - l_{зат} - (L_з \cdot X_4) = 4000 - 15 - 80 - 211 \cdot 14 = 95 \text{ мм,}$$

або у процентному відношенні:

$$\Pi_{нк4} = \frac{L_{н.к} \cdot 100}{L_{np}} = \frac{95 \cdot 100}{4000} = 2,43\%, \quad (2.4)$$

З прокату довжиною 7 м: $L_{нк7} = 7000 - 15 - 80 - 211 \cdot 27 = 120$ мм,

або у процентному відношенні:

$$\Pi_{нк7} = \frac{L_{н.к} \cdot 100}{L_{np}} = \frac{120 \cdot 100}{7000} = 1,71\%$$

З розрахунків видно, що прокат довжиною 7м для виготовлення заготовки більш економічний, ніж прокат довжиною 4м.

Втрати матеріалу на затискання при обрізанні у відношенні до довжини прокату в стані постачання складають:

$$P_{зат} = \frac{l_{за} \cdot 100}{L_{np}} = \frac{85 \cdot 100}{7000} = 1,1\%, \quad (2.5)$$

Втрати матеріалу на довжину торцевого обрізання прокату у відсотковому відношенні до довжини прокату складає:

$$P_{м.о} = \frac{l_{м.о} \cdot 100}{L_{np}} = \frac{15 \cdot 100}{7000} = 0,21\%, \quad (2.6)$$

Загальні втрати до довжини вибраного прокату у %:

$$P_{п.о} = P_{н.к} + P_{м.о} + P_{зат} = 1,5 + 0,21 + 1,1 = 2,81\%, \quad (2.7)$$

Витрати матеріалу на одну деталь з врахуванням всіх технологічних втрат визначаємо за формулою:

$$G_{з.п} = \frac{G_{з} \cdot (100 + P_{п.о})}{100} = \frac{6,3 \cdot (100 + 2,81)}{100} = 6,55 \text{ кг}, \quad (2.8)$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = \frac{G_{д}}{G_{з.п}} = \frac{1,6}{6,55} = 0,27, \quad (2.9)$$

Вартість заготовки з прокату складає:

$$C_{з.п} = C_{м} \cdot G_{з.п} - (G_{з.п} - G_{д}) \cdot \frac{C_{сидх}}{1000}, \quad (2.10)$$

де C_M – вартість 1кг матеріалу заготовки з прокату, $C_M = 1250/1000$ грн.;

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1т відходів матеріалу, $C_{\text{відх}} = 90$ грн.

$$C_{\text{з.п}} = \frac{1250}{1000} \cdot 6,55 - (6,55 \cdot 2,16) \cdot \frac{90}{1000} = 6,93 \text{ грн.}$$

Варіант 2. Заготовка виготовляється методом гарячого об'ємного штампування.

Визначаємо розрахункові розміри заготовки на основі прийнятих допусків на розміри деталі. Припуски на оброблення заготовки, що виготовляється методом гарячого об'ємного штампування, залежать від маси, класу точності, групи сталі, ступеня складності та шорсткості заготовки [2].

$$D_p = D_{\text{ном}} + 2Z_0, \quad (2.11)$$

де D_p – розрахунковий діаметр заготовки, мм;

$D_{\text{ном}}$ – номінальний діаметр оброблюваної поверхні деталі, мм;

Z_0 – загальний припуск на оброблення на одну сторону, мм.

$$D_{p35} = 35 + 2 \cdot 1,6 = 38,2 \text{ мм}; D_{p45} = 45 + 2 \cdot 1,9 = 48,8 \text{ мм};$$

$$D_{p30} = 30 + 2 \cdot 1,9 = 33,8 \text{ мм};$$

$$L_{p180} = 180 + 2 \cdot 2 = 184 \text{ мм}; L_{p165} = 165 + 1,6 = 166,6 \text{ мм};$$

$$L_{p149} = 149 + 1,9 = 150,9 \text{ мм.}$$

Визначаємо допуски на розміри штампованої заготовки [2]:

$$\text{Ø } 38,2^{+1,2}_{-0,6}; 20,4^{+1,2}_{-0,6}; 33,8^{+1,3}_{-0,7}; \text{Ø } 48,8^{+1,2}_{-0,6}; 4^{+1,3}_{-0,7}; 150,9^{+1,3}_{-0,7}; 66,6^{+1,2}_{-0,6}.$$

Для визначення об'єму штампованої заготовки умовно розбиваємо її фігуру на окремі прості елементи і проставляємо на них розміри з урахуванням плюсових допусків. Визначаємо загальний об'єм як суму об'ємів окремих елементів заготовки.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = \frac{3,14 \cdot 39,4^2}{4} \cdot 21,6 + \frac{3,14 \cdot 53,5^2}{4} \cdot 9,4 + \frac{3,14 \cdot 45^2}{4} \cdot 99,7 + \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} \cdot 103,2 + \frac{3,14 \cdot 35^2}{4} \cdot 41,3 = 375262,28 \text{ мм}^3.$$

Маса штампованої заготовки:

$$G_{з.ш} = \gamma \cdot V = 375262,28 \cdot 10^{-3} \cdot 7,817 = 2933 \text{ г} = 2,93 \text{ кг}.$$

Приймаючи технологічні втрати (на угар та інше), яких не можна уникнути при гарячому об'ємному штампуванні, рівними 10%, визначаємо витрати матеріалу на одну деталь.

$$G_{з.ш}' = \frac{G_{з.ш} \cdot (100 + P_{ш})}{100} = \frac{2,93 \cdot (100 + 10)}{100} = 3,22 \text{ кг} \quad (2.12)$$

Коефіцієнт використання матеріалу на штамповану заготовку:

$$K_{в.ш} = \frac{G_{д}}{G_{з.ш}'} = \frac{1,6}{3,22} = 0,53.$$

Вартість штампованої заготовки:

$$C_{з.ш} = \left(\frac{C_m}{1000} \cdot G_{з.ш}' \cdot R_t \cdot R_c \cdot R_v \cdot R_m \cdot R_n \right) - (G_{з.ш}' - G_{д}) \cdot \frac{C_{від}}{1000}, \quad (2.13)$$

де R_v – коефіцієнт, який залежить від маси заготовки, $R_v = 1$ [2];

де C_m – базова вартість 1т штамповок, $C_m = 25000$ грн;

$C_{від}$ – вартість 1т відходів матеріалу, $C_{від} = 900$ грн;

R_t – коефіцієнт, який залежить від точності штамповок, $R_t = 1$ [2];

R_c – коефіцієнт, який залежить від групи складності, $R_c = 1$ [2];

R_m – коефіцієнт, який враховує матеріал штампованої заготовки, $R_m = 1$ [2];

R_n – коефіцієнт, враховуючий об'єм виробництва заготовок, $R_n = 1$ [2].

$$C_{з.ш} = \left(\frac{25000}{1000} \cdot 3,22 \cdot 1 \right) - (3,22 - 1,6) \cdot \frac{900}{1000} = 74,2 \text{ грн}.$$

Річна економія матеріалу в залежності від вибраного варіанту виготовлення заготовки складає

$$E_M = (G_{з.п} - G_{з.ш'}) \cdot N, \quad (2.14)$$

де $G_{з.п}$ – витрати матеріалу на деталь при першому методі виготовлення заготовки, кг;

$G_{з.ш'}$ – витрати матеріалу на деталь при другому методі отримання заготовки, кг;

N – річний об'єм випуску деталей, шт.

$$E_M = (6,55 - 3,22) \cdot 2000 = 6600 \text{ кг.}$$

Економічний ефект виготовлення заготовки:

$$E_3 = (C_{з.ш} - C_{з.п}) \cdot N = (74,2 - 69,3) \cdot 2000 = 9800 \text{ грн}, \quad (2.15)$$

Техніко-економічні розрахунки показують, що заготовка, отримана методом гарячого об'ємного штампування більш економічна з точки зору використання матеріалу, ніж заготовка з прокату, але по собівартості штампована заготовка значно дорожча. Тому, виходячи з цього, приймаємо заготовку з круглого прокату. При виготовленні заготовки з прокату економічний ефект складатиме 9800 грн.

2.2.2 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки

Виходячи з попередніх розрахунків заготовка виготовляється з прокату круглого перетину. Враховуючи точність та шорсткість поверхонь оброблюваної деталі, визначаємо припуски за даними [2].

На оброблення зовнішньої циліндричної поверхні припуск складає 0,5 мм. Припуск на оброблення торців складає 2,0 мм.

Розміри заготовки визначаємо, виходячи з найбільших розмірів деталі.

Заготовка має наступні розміри:

крут $\frac{85-B-ГОСТ2590-88}{45-ГОСТ1055-88}$, довжина заготовки $L = 184$ мм.

Допуски на розміри заготовки вибираємо за [4].

Остаточно маємо $\varnothing 85_{-1,0}^{+0,4}$ мм і $L = 184 \pm 1$ мм.

2.3 Вибір технологічних баз

На першій операції слід обробити поверхню, яка могла би служити базою для наступних операцій. Користуючись рекомендаціями [3] як технологічну базу для першої операції вибираємо зовнішню поверхню, яка є чорною базою. Вона має достатню довжину, є рівною та забезпечує зручне встановлення заготовки у пристрої. На цій операції створюється чистова база – торець та центрові отвори, які будуть штучною (допоміжною) базою. Центрові отвори на токарних і шліфувальних операціях будуть одночасно конструкторською та технологічною базами. Таким чином, підготувавши у якості чистової бази для наступних операцій центрові отвори, ми забезпечили дотримання принципів суміщення та постійності баз і тим самим підвищили точність оброблення.

На свердлувальній операції, щоб обробити 4 отвори, деталь встановлюємо у спеціальному пристрої на призми і подаємо до упору. У якості технологічної бази на цій операції використовуємо зовнішню поверхню і торець. Вибрана технологічна база разом із затискним пристроєм забезпечує надійне, міцне кріплення деталі та незмінність її положення під час оброблення. Даний метод базування забезпечує зручність встановлення та зняття оброблюваної деталі. На свердлувальній операції отвору перпендикулярному осі деталі технологічною базою теж є зовнішня поверхня та торець.

При виборі проміжних баз користуємося принципом переходу від менш точних баз до більш точних.

2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту оброблення деталі

Перед тим, як прийняти рішення про метод і послідовність оброблення окремих поверхонь деталі і скласти технологічний маршрут її виготовлення, проведемо розрахунки економічної ефективності окремих варіантів і виберемо для даних умов виробництва найбільш раціональний із них.

Перший варіант – заготовка-штампівка і оброблення ведеться на токарно-гвинторізному верстаті мод. 1К62, другий варіант – заготовка-прокат і оброблення ведеться на верстаті з ЧПК мод. 16К20Ф3. Критерієм оптимальності є мінімум приведених затрат на одиницю продукції.

Визначимо величину часових приведених затрат:

$$C_{п.з} = C_з + C_{г.в} + E_n \cdot (K_в + K_б), \quad (2.16)$$

де $C_з$ – основна та додаткова зарплата з нарахуваннями, грн./год;

$C_{г.в}$ – годинні витрати з експлуатації робочого місця, грн./год;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,15$ [3];

$K_в, K_б$ – годинні капітальні вкладення відповідно у верстат і будівлю.

Основну та додаткову заробітну плату з нарахуванням і врахуванням багатостанкового обслуговування розраховуємо за формулою:

$$C_з = \epsilon \cdot C_{т.ф.} \cdot k \cdot Y, \quad (2.17)$$

де ϵ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату, $\epsilon = 1,52$ [3];

$C_{т.ф.}$ – годинна тарифна ставка верстатника-відрядника відповідного розряду, грн./год; для одиничного типу виробництва $C_{т.ф.1} = 134$ грн./год [3]; для середньосерійного типу виробництва $C_{т.ф.2} = 110$ грн./год;

k – коефіцієнт, який враховує зарплату налагоджувальника, $k = 1$ [3];

Y – коефіцієнт, який враховує оплату працівнику при багатOVERSTATному обслуговуванні, $Y = 1$ [3].

$$C_{31} = \epsilon \cdot \text{Ст.ф.}_1 \cdot k \cdot Y = 1,53 \cdot 134 \cdot 1 \cdot 1 = 205 \text{ грн/год.}$$

$$C_{32} = \epsilon \cdot \text{Ст.ф.}_2 \cdot k \cdot Y = 1,53 \cdot 110 \cdot 1 \cdot 1 = 168 \text{ грн/год.}$$

Годинні витрати з експлуатації робочого місця визначаються за формулою:

$$C_{г.в} = C_{г.в.}^{\text{б.н.}} \cdot k_M, \quad (2.18)$$

де $C_{г.в.}^{\text{б.н.}}$ - практичні годинні витрати на базовому робочому місці, грн./год, [3]; $C_{г.в.}^{\text{б.н.}} = 36,3 \cdot 2 = 72,6$ грн./год.

k_M – коефіцієнт, що враховує у скільки разів витрати, пов'язані з роботою даного верстату більші, ніж аналогічні витрати в базового верстата; $k_{M1} = 1,3$ [3].

Визначаємо годинні витрати для першого варіанту:

$$C_{г.в.1} = 72,6 \cdot 1,3 = 94 \text{ грн/год.}$$

Для другого варіанту:

$$k_{M2} = \left(\frac{3Ц}{1000} + 0,48 \cdot N_B + 0,54 \cdot P_M + 0,4 \cdot P_e + I \right) \cdot \frac{1}{21,8}, \quad (2.19)$$

де $Ц$ - балансова вартість верстату, $Ц = 69600$ грн;

N_B – встановлена потужність двигуна, кВт; $N_B = 10$ кВт [3];

P_M , P_e – категорія ремонтної складності відповідно механічної та електричної частин верстату, $P_M = 18$, $P_e = 7$ [3];

I – годинні витрати на відшкодування зношування металорізального інструменту, грн.; $I = 4,5$ грн [3].

$$k_{M2} = \left(\frac{3 \cdot 69600}{1000} + 0,48 \cdot 10 + 0,54 \cdot 18 + 0,4 \cdot 7 + 4,5 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 1,96.$$

$$C_{г.в.2} = 72,6 \cdot 1,96 = 142 \text{ грн./год.}$$

Капітальні вкладення у верстат:

$$K_B = \frac{Ц}{F \partial \cdot \eta_3}, \quad (2.20)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

η_3 – коефіцієнт завантаження верстату, $\eta_3 = 0,8$ [2].

$$K_{в1} = \frac{54500}{4029 \cdot 0,8} = 16,9 \text{ грн./год.}$$

$$K_{в2} = \frac{69600}{4029 \cdot 0,8} = 21,6 \text{ грн./год.}$$

Капітальні вкладення в будівлю:

$$K_6 = \frac{F \cdot 78,4}{F_d \cdot \eta_3}, \quad (2.21)$$

де F – виробнича площа, яку займає верстат з врахуванням проходів:

$$F = f \cdot k_f, \text{ м}^2 \quad (2.22)$$

де f – площа верстата в плані, м^2 ;

k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу проходів, проїздів.

$$1. f_1 = 2.505 \cdot 1.190 = 2.98 \text{ м}^2; F_1 = 2,98 \cdot 3.5 = 10.43 \text{ м}^2; k_{f1} = 3.5 [3];$$

$$K_{61} = \frac{10,43 \cdot 78,4}{4029 \cdot 0,8} = 25 \text{ грн.}$$

$$2. f_2 = 3.360 \cdot 1.710 = 5.75 \text{ м}^2; F_2 = 5,75 \cdot 3 = 17,25 \text{ м}^2; k_{f2} = 3 [3];$$

$$K_{61} = \frac{17,25 \cdot 78,4}{4029 \cdot 0,8} = 42 \text{ грн.}$$

Визначаємо величину годинних приведених затрат по кожному варіанту:

$$C_{з.п.1} = 205 + 94 + 0,15 \cdot (169 + 25) = 328 \text{ грн./год.}$$

$$C_{з.п.2} = 168 + 196 + 0,15 \cdot (216 + 42) = 403 \text{ грн./год.}$$

Технологічна собівартість операції механічного оброблення визначається за формулою:

$$C_0 = \frac{C_{з.п.} \cdot T_{шт.-к}}{60 \cdot k_g}, \quad (2.23)$$

де $T_{шт.-к}$ – штучно-калькуляційний час на операцію;

k_b - коефіцієнт виконання норм, $k_b = 1,3$ [3].

$$1. T_{шт.-к} = Ч_k \cdot T_0 = 2,14 \cdot 4,9 = 10,49 \text{ хв. } C_{01} = \frac{328 \cdot 10,49}{60 \cdot 1,3} = 44 \text{ грн.}$$

$$2. T_{шт.-к} = Ч_k \cdot T_0 = 1,36 \cdot 4,9 = 6,4 \text{ хв. } C_{02} = \frac{403 \cdot 6,4}{60 \cdot 1,3} = 33 \text{ грн.}$$

Приведена річна економія (економічний ефект на програму):

$$E_p = (C_{01} - C_{02}) \cdot N, \quad (2.24)$$

де C_{01} , C_{02} - технологічна собівартість оброблення за відповідними варіантами;

N – річна програма випуску деталей, шт., $N = 2000$ шт.

$$E_p = (44 - 33) \cdot 2000 = 22000 \text{ грн.}$$

Всі дані розрахунків заносимо в табл. 2.1

Таблиця 2.1 - Порівняння варіантів технологічного маршруту оброблення

Найменування позиції	Варіанти	
	Перший	Другий
Вид заготовки	Штамповка на ГKM	Прокат Ø85×186
Вартість заготовки, грн	74,2	69,3
Операції механічного оброблення	Токарна. Оброблення заготовки по контуру:	
	на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16K20	на верстаті з ЧПК мод. 16K20Ф3
Вартість оброблення, грн.	44	33
Технологічна собівартість оброблення по варіантам, грн.	78,6	72,6

З розрахунків видно, що застосування другого варіанту оброблення деталі забезпечує річний економічний ефект в 22000 грн. Виходячи з цього для виготовлення деталі «Вал МПТ 12111.010100.19» використовуємо заготовку з круглого прокату, а оброблення по контуру проводимо на токарному верстаті з ЧПК моделі 16K20Ф3.

2.5 Детальне розроблення технологічних операцій механічного оброблення

При проектуванні технологічної операції вирішуємо комплекс наступних питань: уточнюємо зміст операції, вибираємо технологічне оснащення, визначаємо настроювальні розміри, розроблюємо операційні ескізи та схеми налагоджувань.

При уточненні змісту операції остаточно встановлюємо, які поверхні деталі будуть оброблюватись на даному етапі. При розробленні послідовності та змісту переходів необхідно прагнути скоротити час оброблення за рахунок раціонального вибору технологічного оснащення, кількості переходів, суміщення основного та допоміжного часу. Суміщення переходів визначається конструкцією деталі, можливістю розташування різальних інструментів на верстаті та жорсткістю заготовки.

Раціональний зміст операції залежить від ефективного використання вибраного типу технологічного обладнання, оснащування та різального інструменту.

Технологічне обладнання (верстати) вибираємо із врахуванням наступних чинників: метод оброблення; габаритні розміри заготовки і розміри оброблення; потужність різання; продуктивність обладнання; можливості придбання і вартість верстата; зручності і безпеки роботи на верстаті.

Різальний інструмент вибираємо з врахуванням наступного: максимальне використання нормалізованого та стандартного інструменту; метод оброблення; розмір оброблюваної поверхні; точність оброблення і якість поверхні; проміжні

розміри і допуски на ці розміри; стійкість інструменту, його різальні властивості та міцність; стадії оброблення (чорнове, чистове); тип виробництва.

Пристрої для технологічних операцій визначаємо на основі габаритних розмірів виробу, виду заготовки, матеріалу виробу, точності оброблення, якості поверхні, конфігурації виробу, схем базування та закріплення, характеристик обладнання, типу виробництва.

Для оброблення контуру деталі доцільно використати токарний верстат з ЧПК, так як оброблення деталі потребує великої кількості переходів, складна траєкторія руху різального інструменту і значна доля часу холостих переміщень робочих органів верстата.

Для підготовки керуючої програми необхідно скласти розрахунково-технологічну карту (РТК). В РТК наводиться повна інформація про операцію: траєкторію руху інструменту (координати всіх геометричних опорних точок); перелік усіх команд керування верстатом; числові значення величин переміщень робочих органів, частоти обертання шпинделя, подачі, розміри інструменту, а також необхідні спеціальні команди (поворот револьверної голівки, вмикання швидкого ходу, робочої подачі, зупинка, вмикання подачі МОР тощо).

Із врахуванням наведеного вище складаємо удосконалений варіант технологічного процесу оброблення деталі “Вал МПТ 12111.010100.19”.

2.5.1 Технологічний маршрут оброблення деталі «Вал МПТ 12111.010100.19»

005 Відрізна. Абразивно-відрізний верстат мод. 8В66, трикулачковий патрон.

1. Відрізати заготовку в розмірі $L = 184 \pm 1$ мм на 1штуку.

010 Токарна. Токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62.

1. Підрізати торець $\varnothing 85$ в р-р 183мм, за центрувати свердлом $\varnothing 3,15$ мм.

2.Свердлувати отв. $\varnothing 25$ на довжину 31мм. .

3. Розсвердливати отв. до $\varnothing 27$ на довжину 31мм.

4. Проточити фаску $\varnothing 32$ мм під кутом 60° .

5. Проточити фаску 1×45^0 .

015 Пресо́ва. Прес П6330

1. Пресувати шестигранник 27.

020 Вертикально-фрезерувальна. Вертикально-фрезерувальний верстат моделі 6P12, універсальний складальний пристрій.

1.Фрезерувати залишки металу у шестиграннику.

025 Токарна. Токарний верстат з ЧПК моделі 16K20Ф3, трикулачковий патрон, центр.

1.Точити поверхні в розміри: $\varnothing 24\text{мм}$, $\varnothing 28\text{мм}$, $\varnothing 34\text{мм}$, $\varnothing 38(\varnothing 35)\text{мм}$, $\varnothing 48\text{мм}$ начорно.

2.Зняти фаску 1×45^0 .

030 Токарна. Токарно верстат з ЧПК моделі 16K20Ф3, трикулачковий патрон, центр.

1. Точити поверхні в розміри: $\varnothing 23,84$, $\varnothing 25,8$, $\varnothing 33$, $\varnothing 36(\varnothing 35)$, $\varnothing 45,8$ начисто.

2. Проточити канавки шириною 3мм на поверхнях $\varnothing 44,5$, $\varnothing 24,5$, $\varnothing 29,5$ і канавку шириною 6 мм на поверхні $\varnothing 19,5$.

3.Зняти фаски $1,6 \times 45^0$, $2, 4 \times 45^0$.

035 Токарна. Токарно-гвинторізний верстат моделі 1K62, трикулачковий патрон, центр.

1. Обробити нарізь M24-8g

040 Вертикально-свердлувальна. Вертикально-свердлувальний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2, спеціальний пристрій.

1. Центрувати чотири отвори;

2. Свердлувати чотири отвори $\varnothing 8\text{мм}$.

045 Вертикально-свердлувальна. Вертикально-свердлувальний верстат моделі 2H125, спеціальний пристрій з кондуктором.

1. Свердлувати отвір $\varnothing 3\text{мм}$.

050 Вертикально-фрезерувальна.

1. Фрезерувати шпонковий паз.

055 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат моделі 3M174.

1. Шліфувати $\varnothing 35$ попередньо.

2. Шліфувати $\varnothing 35_{-0,25}^{-0,08}$ остаточно.

060 Круглошліфувальна. Круглошліфувальний верстат моделі 3М174.

1. Шліфувати $\varnothing 25f9$, $\varnothing 30k6$, $\varnothing 45$ на довжині 265мм попередньо і остаточно.

065 Контрольна.

070 Гальванічна. Нанести покриття хім. окс. прм.

2.5.2. Вибір різального інструменту [4]

Операція 010.

1. Різець прохідний упорний, ГОСТ 18879-73, Т15К6, $h \times b = 25 \times 16$; $\varphi = 90^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\gamma = 15^\circ$.

2. Свердло центрувальне, $\varnothing 4,0$ ГОСТ 14952-75 Р6М5, тип А.

3. Свердла спіральні із швидкорізальної сталі Р6М5: $\varnothing 24$ мм; $\varnothing 27$ мм, $\varnothing 32$ мм. $L = 70$ мм; $l = 40$ мм; $2\varphi = 1180$; $\alpha = 110$; $\omega = 300$, ДСТУ 10903-77, ISO 235:2016.

Операції 020 і 050. Фреза пальцева Р6М6, $\varnothing 6$ мм ГОСТ 2596-88.

Операція 025.

1. Різець прохідний упорний ГОСТ 18879-73, Т15К6, $h \times b = 25 \times 16$; $\varphi = 90^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\gamma = 15^\circ$.

2. Збірний різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву Т5К10 за ГОСТ 20872-80, $h \times b = 25 \times 25$ мм; $L = 125$ мм; $\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 8^\circ$.3.

3. Різець канавочний з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву Т5К10; $h \times b = 25 \times 20$ мм; $L = 125$ мм; $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 12^\circ$.

4. Різець фасонний з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву Т5К10; $h \times b = 25 \times 20$ мм; $L = 125$ мм.

Операція 030.

1. Збірний різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву Т5К10 за ГОСТ 20872-80, $h \times b = 25 \times 25$ мм; $L = 125$ мм; $\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 8^\circ$.

2. Різець канавковий з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву Т5К10; $h \times b = 25 \times 20$ мм; $L = 125$ мм; $\varphi = 90^\circ$; $\gamma = 12^\circ$.

3. Різець фасонний з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву Т5К10; $h \times b = 25 \times 20$ мм; $L = 125$ мм.

Операція 035. Різьбовий різець для метричних різьб з пластинкою з твердого сплаву Т5К10; $h \times b = 16 \times 25$ мм; $L = 150$ мм; кут профілю різьби 60° ; $\gamma = 0$; $\alpha = 6^\circ$.

Операція 040. Свердло центральне із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 14952-75; $\varnothing 4,0$ мм; Свердло спіральне із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 4010-77; $\varnothing 8$ мм; $L = 70$ мм; $l = 40$ мм; $2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$; $\omega = 30^\circ$.

Операція 045. Свердло спіральне із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 4010-77; $\varnothing 3$ мм; $L = 30$ мм; $l = 40$ мм; $2\varphi = 118^\circ$; $\alpha = 11^\circ$; $\omega = 30^\circ$.

Операція 055. Шліфувальний круг ПП 25А28НС17К1А, 35 м/с, $\varnothing 320$ мм, $H = 50$ мм; $d = 30$ мм; ГОСТ 16173-81.

Операція 060. Шліфувальний круг ПП 25А28НС17К1А, 35 м/с, $\varnothing 320$ мм, $H = 50$ мм; $d = 30$ мм; ГОСТ 16173-81.

2.6 Розрахунок припусків на механічне оброблення

Проміжні припуски мають важливе значення в процесі розроблення технологічних операцій механічного оброблення деталей. Величина проміжних припусків визначається за формулою:

$$2Z \min = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (2.25)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота мікронерівностей поверхонь, які залишилися після виконання попереднього переходу;

T_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару, яка залишилася після виконання попереднього переходу, мкм;

ρ_{i-1} – геометричне відхилення розташування, яке з'явилося на попередньому технологічному переході, мкм;

ε_{yi} – величина похибки установки заготовки при виконанні технологічного переходу, мкм.

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на оброблення $\varnothing 35f7\left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,05 \end{smallmatrix}\right)$

Проведемо аналітичний розрахунок припусків та проміжних розмірів на оброблення зовнішньої поверхні деталі розміром $\varnothing 35f7\left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,05 \end{smallmatrix}\right)$.

Вибираємо висоту мікронерівностей для заготовки [3] та записуємо в табл. 2.2.

Призначаємо допуски на кожен перехід [3]. Допуск на кінцевий перехід беремо з розміру деталі.

$$JT = e_s - e_i = -25 - (-50) = 25 \text{ мкм}, \quad (2.26)$$

де e_s – верхнє відхилення, $e_s = -25$ мкм;

e_i – нижнє відхилення, $e_i = -50$ мкм.

Величину знайденого допуску записуємо у відповідну графу «Допуск на кінцевий перехід».

Геометричну суму значень відхилень розташування при обробленні в центрах для зовнішньої поверхні визначаємо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{ko}^2 + \rho_u^2}, \quad (2.27)$$

де ρ_{ko} – загальна кривизна заготовки

$$\rho_{ko} = \Delta K \cdot L, \quad (2.28)$$

де ρ_{ko} – загальна кривизна заготовки;

ΔK – допустима кривизна, $\Delta K = 2$ мкм/мм, [3];

L – відстань між опорами, $L = 265$ мм.

$$\rho_{ko} = 2 \cdot 186 = 372 \text{ мм.}$$

ρ_u – похибка зацентрування.

$$\rho_y = 0,25 \cdot \sqrt{JT^2 + 1}, \quad (2.29)$$

тут JT – допуск на діаметр базової поверхні заготовки, яка використовується при зацентруванні, $JT=1$ мм.

$$\rho_y = 0,25 \cdot \sqrt{1^2 + 1} = 0,354 \text{ мм} = 354 \text{ мкм}$$

Тоді
$$\rho = \sqrt{372^2 + 354^2} = 532 \text{ мкм}.$$

Величину остаточної кривизни після виконання переходу оброблення визначаємо за формулою:

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_{заг}, \quad (2.30)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення [3]; після чорнового точіння $K_y=0,06$; після чистового точіння $K_y=0,04$.

$$\rho_{ост} = 0,06 \cdot 532 = 32 \text{ мкм};$$

На шліфувальній операції остаточно кривизна настільки мала, що нею можна знехтувати. Отримані дані записуємо в табл. 2.2.

У зв'язку з тим, що при обробленні заготовка базується в центрах і діє принцип суміщення баз, то похибка установки на всіх переходах дорівнює нулю, тобто, $\epsilon_{yi} = 0$.

Розраховуємо припуски між переходами.

Припуск на чорнове точіння: $2Z_{\min} = 2(125 + 150 + 532) = 2 \cdot 807 \text{ мкм}.$

Припуск на чистове точіння: $2Z_{\min} = 2(63 + 60 + 32) = 2 \cdot 155 \text{ мкм}.$

Припуск на шліфування попереднє: $2Z_{\min} = 2(30 + 30 + 1) = 2 \cdot 61 \text{ мкм}.$

Припуск на шліфування кінцеве: $2Z_{\min} = 2(10 + 20) = 2 \cdot 30 \text{ мкм}.$

Отримані дані записуємо в таблицю 2.2, у графу “Припуск”.

Розрахункові мінімальні розміри на попередні переходи визначаємо за формулою:

$$D_{\min i-1} = D_{\min} + 2Z_{\min i}, \quad (2.31)$$

$$D_{\min i-1} = 34,95 + 0,060 = 35,01 \text{ мм}; D_{\min i-1} = 35,01 + 0,122 = 35,132 \text{ мм};$$

$$D_{\min i-1} = 35,132 + 0,310 = 35,442 \text{ мм}; D_{\min i-1} = 35,442 + 1,614 = 37,056 \text{ мм}.$$

Записуємо розміри по переходах в графу “Граничний розмір min”, округлюючи їх до знаку допуску.

В графу “Граничний розмір max” записуємо значення розмірів, розраховуючи їх за формулою:

$$D_{\max i} = D_{\min i} + JT_i, \quad (2.32)$$

$$D_{\max i} = 37 + 1 = 38 \text{ мм};$$

$$D_{\max i} = 35,44 + 0,390 = 35,83 \text{ мм}; D_{\max i} = 35,13 + 0,160 = 35,29 \text{ мм};$$

$$D_{\max i} = 35,01 + 0,062 = 35,072 \text{ мм}; D_{\max i} = 34,95 + 0,025 = 34,975 \text{ мм}.$$

Мінімальний припуск по переходах розраховуємо за формулою:

$$2Z_{\min i} = D_{\min i-1} - D_{\min i}, \quad (2.33)$$

$$2Z_{\min i} = 37 - 35,44 = 1,56 \text{ мм}; 2Z_{\min i} = 35,44 - 35,13 = 0,31 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min i} = 35,13 - 35,01 = 0,12 \text{ мм}; 2Z_{\min i} = 35,01 - 34,95 = 0,06 \text{ мм};$$

Визначаємо максимальний припуск:

$$2Z_{\max i} = D_{\max i-1} - D_{\max i}, \quad (2.34)$$

$$2Z_{\max i} = 38 - 35,83 = 2,17 \text{ мм}; 2Z_{\max i} = 35,83 - 35,29 = 0,54 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max i} = 35,29 - 35,072 = 0,218 \text{ мм}; 2Z_{\max i} = 35,072 - 34,975 = 0,097 \text{ мм};$$

Розраховані значення записуємо в графу “Граничні значення припусків” $2Z_{\min i}$ і $2Z_{\max i}$ відповідно.

Проводимо перевірку розрахованих припусків. Загальний мінімальний припуск складає $2Z_{\min z} = \sum 2Z_{\min i} = 1,56 + 0,31 + 0,12 + 0,06 = 2,05 \text{ мм}$.

Загальний максимальний припуск:

$$2Z_{\max 3} = \Sigma 2Z_{\max i} = 2,17 + 0,54 + 0,218 + 0,097 = 3,025 \text{ мм.}$$

Перевірку виконуємо згідно виразу:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = JT_3 - JT_d, \quad (2.35)$$

$$3,025 - 2,05 = 0,975 \text{ і } 1 - 0,025 = 0,975.$$

Отже, числові значення припусків розраховані вірно.

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічних переходах

Операція, перехід	Елементи припуску, мкм.				Припуск, $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунк. розмір, мм	Допуск JT , мкм	Граничний розмір, мм		Гран. знач. прип., мм	
	R_{zi-1}	T_{i-1}	ρ_{i+1}	E_{yi}				Min	Max	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	125	150	532	-	-	37,056	1000	37	38	-	-
Точіння чорнове	63	60	32	-	2·807/1614	35,442	390	35,44	35,83	1,56	2,17
Точіння чистове	30	30	1	-	2·155/310	35,132	160	35,13	35,29	0,31	0,54
Шліфування попереднє	10	20	-	-	2·61/122	35,01	62	35,01	35,072	0,12	0,218
Шліфування кінцеве	6,3	12	-	-	2·30/60	34,95	25	34,95	34,975	0,06	0,097

За результатами розрахунків будемо схему розташування полів припусків і допусків (див. рис. 2.1).

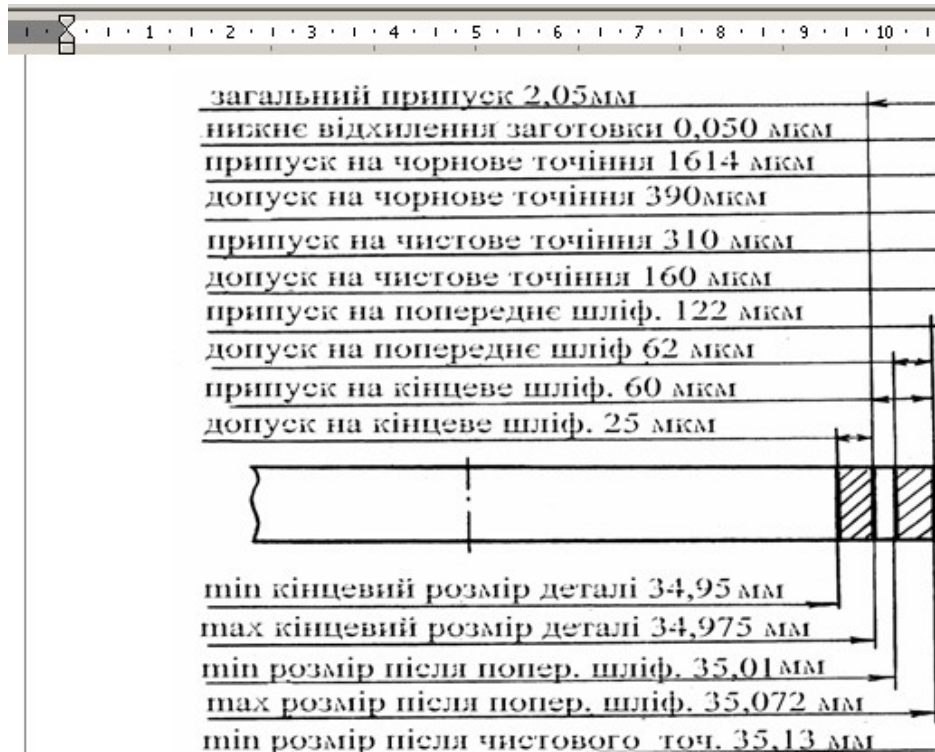


Рисунок 2.1 – Схема полів припусків і допусків на $\phi 35f7\left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,05 \end{smallmatrix}\right)$

2.7 Розрахунок та призначення режимів різання [5]

2.7.1. Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання

2.7.1.1. Розрахунок режимів різання при фрезеруванні на операції 020

Різальний інструмент. Приймаємо фрезу пальцеву із швидкоріжучої сталі P5M5 ГОСТ 3755-78; $D=6\text{мм}$; $Z = 4$ [4]. Геометричні параметри: $\gamma=15^\circ$ $\alpha=16^\circ$.

1. Встановлюємо глибину різання. Припуск знімається за один робочий хід, тому $t=h=2\text{мм}$.

2. Призначаємо подачу на зуб фрези: $s_z = 0,08\dots 0,15$ мм/зуб [5].
 Приймаємо $s_z = 0,1$ мм/зуб.

3. Визначаємо швидкість різання, яка допускається різальними властивостями фрези.

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{U_v} \cdot Z^{p_v}} \cdot K_v, \quad (2.38)$$

де C_v – коефіцієнт та показники степені вибираємо із [5]: $C_v = 68,5$; $q = 0,25$; $x = 0,3$; $y = 0,2$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,2$;

T – період стійкості фрези, $T = 120$ хв.[5];

K_v – загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, який вираховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.39)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу [5].

$$K_{mv} = K_z \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{nv}, \quad (2.40)$$

де K_z – коефіцієнт оброблюваності, $K_z = 1$ [5];

nv – показник степені, $nv = -0,9$; $\sigma_s = 460$ МПа.

$$K_{mv} = 1,0 \left(\frac{750}{460} \right)^{-0,9} = 0,64.$$

K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{nv} = 0,9$ [5];

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{uv} = 1,0$ [5].

$$K_v = 0,64 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,58.$$

Тоді
$$V = \frac{68,5 \cdot 6^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 6^{0,1} \cdot 14^{0,1}} \cdot 0,58 = 24,14 \text{ м/хв.}$$

4. Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 24,14}{3,14 \cdot 6} = 1280,3 \text{ хв}^{-1}, \quad (2.41)$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання: $n_d = 1250$ хв⁻¹.

5. Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1250}{1000} = 22,6 \text{ м/хв}, \quad (2.42)$$

6. Визначаємо потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_Z \cdot V\partial}{102 \cdot 60}, \quad (2.43)$$

де P_Z – сила різання, яку визначаємо за формулою

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_Z^{yp} \cdot B^{up} \cdot Z}{D^{qp} \cdot n^{op}} \cdot K_{mp}, \quad (2.44)$$

де C_p – коефіцієнт та показники степені вибираємо із [5]: $C_p=68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $\omega = 0$;

K_{mp} – поправковий коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу [5].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n, \quad (2.45)$$

де n – показник степені, $n = 0,3$

$$K_{mp} = \left(\frac{460}{750} \right)^{0,3} = 0,86.$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 14}{6^{0,86} \cdot 1200^0} \cdot 0,86 = 191 \text{ Н.}$$

Тоді
$$N_{\text{різ}} = 2 \cdot \frac{191 \cdot 22,6}{1020 \cdot 60} = 0,07 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність верстата моделі 6P12 для проведення цієї операції:

$$N_{\text{еф}} = N_{\text{об.в.}} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт} \quad (2.46)$$

Умова $N_{\text{еф}} = 6 \text{ кВт} > N_{\text{різ}} = 0,07 \text{ кВт}$ виконується, отже, оброблення можливе.

Визначаємо основний час на виконання операції:

$$T_o = \frac{L}{s_{x6}} \cdot Z, \quad (2.47)$$

де s_{XB} – хвилинна подача, мм/хв.

$$s_{XB} = s_Z \cdot n_o \cdot Z = 0,1 \cdot 1200 \cdot 4 = 480 \text{ мм/хв.}, \quad (2.48)$$

За паспортом верстата $s_{XB} = 400$ мм/хв.

Дійсна подача на зуб фрези

$$s_Z = \frac{400}{1250 \cdot 4} = 0,09 \text{ мм/зуб}, \quad (2.49)$$

L – довжина робочого ходу інструменту

$$L = l + y + \Delta, \quad (2.50)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні згідно кресленика деталі;

y – величина врізання фрези, $y=2$ мм.

Δ – перебіг, $\Delta = 1 \dots 5$ мм. Приймаємо $\Delta = 3$ мм

$$L = 28 + 2 + 3 = 33 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{33}{400} = 0,08 \text{ хв.}$$

2.7.1.2. Розрахунок режимів різання при точінні чорновому

1. Вибираємо різальний інструмент. Вибираємо збірний різець для контурного точіння з паралелограмними пластинками із механічним кріпленням цих пластин за ГОСТ 20872-80[4]. Матеріал пластин – твердий сплав Т5К10. Матеріал корпусу різця – сталь 40Х. Розміри різця: $h \times v = 25 \times 25 \text{ мм}$, $L = 150 \text{ мм}$, $h_f = 25 \text{ мм}$, $E = 36 \text{ мм}$. Геометричні параметри різця: $\phi = 95^\circ$; $\phi_1 = 5^\circ$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 8^\circ$.

2. Призначаємо режим різання. Встановлюємо глибину різання: $t = 2 \text{ мм}$.

Призначаємо подачу. Для оброблення заготовки $\varnothing 45 \text{ мм}$ з вуглецевої сталі різцем з перетином $25 \times 25 \text{ мм}$ рекомендується подача $s_o = 0,5 \dots 0,9 \text{ мм/об}$.

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.51)$$

де коефіцієнт C_v і показники степені вибираємо із [5]: $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$.

T – стійкість інструменту, $T = 60 \text{ хв}$;

K_v – поправковий коефіцієнт на швидкість різання

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{ov}, \quad (2.52)$$

тут K_{mv} - коефіцієнт, який враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу [5].

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_r} = 1 \cdot \left(\frac{750}{460} \right)^1 = 1,63.$$

де K_{nv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки; $K_{nv} = 0,9$ [5];

K_{uv} – коефіцієнт, який враховує матеріал робочої частини інструменту, $K_{uv} = 0,65$ [5];

$K_{\varphi v}$ – коефіцієнт, який враховує головний кут в плані φ , $K_{\varphi v} = 0,7$ [5];

K_{ov} – коефіцієнт, який враховує вид оброблення, $K_{ov} = 1$.

$$K_v = 1,63 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,67.$$

Тоді
$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,67 = 100,1 \text{ м / хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості різання:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 100,1}{3,14 \cdot 45} = 707,7 \text{ хв}^{-1}.$$

Частота обертання шпинделя верстата моделі 16К20Ф3 регулюється плавно, тому встановлюємо дійсне значення частоти обертання - $n_d = 700 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо дійсну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 700}{1000} = 98,9 \text{ м / хв.}$$

Визначаємо головну складову сили різання:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_o^{yp} \cdot V^{np} \cdot K_p, \quad (2.53)$$

де коефіцієнт C_p і показники степені вибираємо із [2], с.273, табл.22: $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}, \quad (2.54)$$

де K_{mp} – коефіцієнт, який враховує зміну механічних властивостей оброблюваного матеріалу [5].

$$K_{mp} = \left(\frac{\delta \varepsilon}{750} \right)^n = \left(\frac{460}{750} \right)^{0,75} = 0,69.$$

$K_{\varphi p}$ - коефіцієнт, який враховує зміну головного кута в плані φ , $K_{\varphi p}=0,89$ [5];

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, який враховує зміну переднього кута γ , $K_{\gamma p}=1$.

$$K_p = 0,69 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 0,61.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 98,9^{0,15} \cdot 0,61 = 1554 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_d}{102 \cdot 60}, \quad (2.55)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{155,42 \cdot 98,9}{60 \cdot 102} = 2,51 \text{ квт.}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстату:

$$N_{\text{еф}} = N_g \cdot \eta = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ квт.}$$

Отже, $N_{\text{різ}}=2,51 < N_{\text{еф}}=7,5$, оброблення можливе.

Визначаємо основний час на операцію[3]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s_o}, \quad (2.56)$$

де L – довжина робочого ходу різця.

$$L = l + y + \Delta, \quad (2.57)$$

туту - врізання різця; $y=2$ мм.

Δ - перебіг різця; $\Delta = 1 \dots 3$ мм. Приймаємо $\Delta = 2$ мм;

l – довжина оброблюваної поверхні, $l=17$ мм.

$$y = t \cdot \text{ctg}\varphi = 2 \cdot \text{ctg}93^\circ = 0,1 \text{ мм}, \quad (2.58)$$

$$L = 17 + 2 + 2 = 21 \text{ мм};$$

Тоді основний час на операцію складає $T_o = \frac{21}{700 \cdot 0,8} = 0,04 \text{ хв.}$

2.7.2. Призначення режимів різання за нормативами

Табличний розрахунок режимів різання при свердлуванні $\varnothing 8$ мм.

Вибираємо різальний інструмент: свердло діаметром $D=8$ мм з швидкоріжучої сталі Р6М5 з циліндричним хвостовиком за ГОСТ 4010-77, $L = 70$ мм, $l = 40$ мм [4]. Геометричні елементи: форма заточки – нормальна з підточуванням поперечної крайки НП; кути заточування свердла: $2\varphi=118^\circ$; $\psi=40^\circ$; $\alpha = 11^\circ$; $\omega = 30^\circ$.

Призначаємо режим різання.

Глибина різання:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 8 = 4\text{мм}, \quad (2.59)$$

Вибираємо подачу:

$$s_o = s_{o \text{ табл}} \cdot K_{es}, \quad (2.60)$$

де $s_{o \text{ табл}}$ – табличне значення подачі, $s_{o \text{ табл}} = 0,11$ мм/об [5];

K_{es} – коефіцієнт, який враховує глибину свердлування, $K_{es}=1$.

Коректуємо подачу за паспортними даними верстата $s_o = s_{o \text{ табл}} = 0,11$ мм / об.

Призначаємо період стійкості свердла. Для свердла із швидкоріжучої сталі діаметром $D=8$ мм рекомендується період стійкості $T=50$ хв.

Визначаємо швидкість різання, яка допускається властивостями свердла:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_{ev}, \quad (2.61)$$

де $V_{\text{табл}}$ – табличне значення швидкості, $V_{\text{табл}} = 32$ м/хв [5];

K_{ev} – коефіцієнт на швидкість різання, $K_{ev} = 0,7$

$$V = 32 \cdot 0,7 = 22,4 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,4}{3,14 \cdot 8} = 892 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата та встановлюємо дійсну частоту обертання: $n_d = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 800}{1000} = 20,1 \text{ м / хв}$$

Визначаємо осьову складову сили різання:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S_o^{y_p} \cdot K_p, \quad (2.62)$$

де $C_p = 68$; $q_p = 1$; $y_p = 0,7$.

Враховуємо поправковий коефіцієнт на осьову складову сили різання:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{n_p} = \left(\frac{460}{750} \right)^{0,75} = 0,69.$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8^1 \cdot 0,11^{0,7} \cdot 0,69 = 780 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання

$$N_p = N_{\text{табл}} \cdot K_N, \quad (2.63)$$

де $N_{p, \text{табл}} = 1,1 \text{ кВт}$, $K_N = 1$ [5].

Відповідно $N_p = N_{p, \text{табл}} = 1,1 \text{ кВт}$.

Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстату. У верстата 2Н135Ф2 $N_{\text{дв}} = 4,5 \text{ кВт}$; $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{еф}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт}.$$

Умова $N_{\text{різ}} < N_{\text{еф}}$ виконується, отже, оброблення можливе.

Визначаємо крутний момент від сил опору різанню при свердлуванні.

$$M = \frac{9750 \cdot N_{\text{різ}}}{n} = \frac{9750 \cdot 1,1}{1000} = 10,7 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.64)$$

Основний час визначиться як $T_o = \frac{L}{n \cdot S_o}$,

де L – довжина робочого ходу свердла; $L = l + y + \Delta$,

тут l – довжина оброблюваної поверхні, $l = 15 \text{ мм}$;

y – величина врізання свердла.

$$y = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 8 = 2,4\text{мм}, \quad (2.65)$$

Δ - перебіг свердла, приймаємо $\Delta=2$ мм.

$$L = (15 + 2,4 + 2) \cdot 4 = 77,6 \text{ мм.}$$

Тоді для свердлування 4-х отворів

$$T_o = \frac{77,6}{800 \cdot 0,11} = 0,88 \text{ хв.}$$

2.7.2.2. Табличний розрахунок режимів при обробленні нарізі M24-8g

Вибираємо різальний інструмент. Приймаємо нарізевий різець для метричної нарізі. Матеріал пластинки – твердий сплав T5K10, матеріал корпусу – сталь 45. Перетин корпусу $16 \times 25\text{мм}$, $L=150\text{мм}$. Геометричні параметри: кут профіля різьби 60° ; $\alpha = 6^\circ$; $\gamma = 0$.

Призначаємо режим різання:

1. Визначаємо число робочих ходів. Для зовнішньої різі з кроком $p = 3\text{мм}$, $i=3$.

2. Встановлюємо швидкість різання, яка допускається різальними властивостями різця.

$V_{\text{табл}} = 28\text{м/хв}$. [5]. Виправний коефіцієнт на швидкість різання за даних умов оброблення дорівнює 1. Тоді $V = V_{\text{табл}} = 28\text{м/хв}$.

3. Частота обертання шпинделя верстата, яка відповідає знайденій швидкості різання $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 28}{3,14 \cdot 24} = 371\text{хв}^{-1}$.

Частота обертання верстата мод. 16К20Ф3 регулюється плавно. Встановлюємо частоту обертання шпинделя $n_o=370 \text{ хв}^{-1}$.

4. Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 370}{1000} = 27,8\text{м/хв.}$$

5. Визначаємо потужність різання. Табличне значення потужності $N_{\text{табл}}=2,1\text{квт}$. Виправний коефіцієнт на потужність для заданих умов оброблення дорівнює 1.

Тоді $N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} = 2,1$ кВт.

6. Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстату. $N_{\text{дв}} = 7,5$ кВт (з попередніх розрахунків). Умова $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{дв}}$ ($2,1 < 7,5$) виконується, оброблення можливе.

Основний час виконання операції:

$$T_o = \frac{l + l_1}{n_o \cdot P}, \quad (2.66)$$

де l_1 – врізання і перебіг різця [3], $l_1 = 8$ мм.

При нарізанні різьби різцем подачу приймаємо рівною кроку різьби $t = p = 3$ мм.

Отже,
$$T_o = \frac{30 + 8}{370 \cdot 3} \cdot 3 = 0,1 \text{ хв.}$$

2.7.3. Розрахунок режимів різання з допомогою програми “TM-REZ”

Результати розрахунку для операції 025

Вид оброблення	Точіння
Верстат	Токарний з ЧПК 16K20Ф3
Матеріал заготовки	Сталь 45
Матеріал інструмента	T15K6
Подача	0,3 мм/об
Глибина різання	2 мм
Швидкість різання	76 м/хв.
Частота обертання шпинделя	500 об/хв.
Машинний час	2,24 хв.
Потужність різання	1,4 кВт
Сила різання P_x	208,0 Н
Сила різання P_y	732 Н
Сила різання P_z	908,8 Н
Оброблення з охолодженням	

Розрахунок виконав Шаховал В.В.

Група ПТМм-23-1

Результати розрахунку для операції 030

Вид оброблення	Точіння
Верстат	Токарний з ЧПК 16K20Ф3
Матеріал заготовки	Сталь 45
Матеріал інструмента	T15K6

Подача	0,2 мм/об
Глибина різання	0,5 мм
Швидкість різання	94 м/хв.
Частота обертання шпинделя	760 об/хв.
Машинний час	1,7 хв.
Потужність різання	0,51 кВт
Сила різання P_x	13,83 Н
Сила різання P_y	9263 Н
Сила різання P_z	130,9 Н
Оброблення з охолодженням	

Розрахунок виконав Шаховал В.В.

Група ПТМм-23-1

Результати розрахунку для операції 045

Вид оброблення	Свердлування
Верстат	Вертикально-свердлований 2Н125
Матеріал заготовки	Сталь 45
Матеріал інструмента	Р6М5
Подача	0,2 мм/об
Глибина різання	1,5 мм
Швидкість різання	10,9 м/хв.
Частота обертання шпинделя	1250 об/хв.
Машинний час	0,3 хв.
Потужність різання	0,15 кВт
Осьова сила різання	170,2 Н
Стійкість свердла	19,79 хв.
Оброблення з охолодженням	

Розрахунок виконав Шаховал В.В.

Група ПТМм-23-1

Результати розрахунку для операції 055

Вид оброблення	Кругле зовнішнє шліфування
Верстат	Круглошліфувальний 3М154
Матеріал заготовки	Сталь 45
Матеріал інструмента	Круг шліф. ПП 750×32×305 15А 40-Н С2 8 К5
Поздовжня подача	0,07 мм/об
Глибина різання	0,2 мм
Швидкість обертання деталі	17,1 м/хв.
Швидкість оберт. шліф. круга	35 м/с
Частота обертання деталі	150 об/хв.
Частота оберт. шліф. круга	2200 об/хв.
Машинний час	1,48 хв.
Потужність різання	1,8 кВт

Оброблення з охолодженням

Розрахунок виконав Шаховал В.В.
Група ПТММ-23-1

Результати розрахунку для операції 060

Вид оброблення Кругле зовнішнє шліфування
Верстат Круглошліфувальний 3М154
Матеріал заготовки Сталь 45
Матеріал інструмента Круг шліф. ПП 750×32×305 15А 40-Н С2 8 К5
Поздовжня подача 0,03 мм/об
Глибина різання 0,18 мм
Швидкість обертання деталі 17,1 м/хв.
Швидкість оберт. шліф. круга 35 м/с
Частота обертання деталі 150 об/хв.
Частота оберт. шліф. круга 2200 об/хв.
Машинний час 2,23 хв.
Потужність різання 1,3 кВт
Оброблення з охолодженням

Розрахунок виконав Шаховал В.В.
Група ПТММ-23-1

Усі вибрані за нормативами, розраховані аналітично чи з допомогою спеціалізованої програми режими різання на операції технологічного процесу заносимо в табл.2.3.

Таблиця 2.3 - Режими різання на операціях технологічного процесу

№ операції, переход у	t, мм	s, мм/об	S _{хв} , мм/хв.	S _z , мм/зуб	V, м/хв	n, хв ⁻¹	V _k , м/с	N _{різ} , кВт	N _в , кВт	S _д	V _д	n _д	L _{р.х} , мм	T _о , хв.	Модель верстата	
010	1	2	0,8	-	-	100,1	374,6	-	2,51	7,5	0,8	98,91	370	44	3,26	1К62
	2	1,5	0,3	-	-	15,5	1071	-	0,05	7,5	0,3	14,6	1000	2		
	3	13	0,3	-	-	14,9	607,4	-	0,3	7,5	0,3	13,2	600	31		
	4	1,5	0,3	-	-	15,4	509	-	0,3	7,5	0,3	14,2	500	31		
	5	1	0,3	-	-	82	870	-	0,1	7,5	0,3	75,4	800	1		

020	1			0,1	26	200	-	0,1	3,5	0,1	26	200	58	1,96	6P12	
025	1	2	0,3	-	-	78	517	-	1,4	7,5	0,3	76	500	176	2,24	16K20Ф3
	2	1	0,4	-	-	78	517	-	0,2	7,5	0,3	76	500	1		
030	1	0,5	0,2	-	-	94,14	760,45	-	0,5	7,5	0,2	94	760	176	2,41	16K20Ф3
	2	6	0,3	-	-	94,5	760,3	-	0,42	7,5	0,1	94	760	0,5		
035	1	2	2	-	-	27,8	370	-	2,1	4,5	2	27,8	370	33	0,1	1K62
040	4	0,11	80	-	-	22,4	892	-	1,1	3,5	0,11	20,1	800	80	0,88	2P135Ф2
045	1,5	0,11				22,4	2378		0,15	2,2	0,11	10,9	1250	24	0,3	2H125
050	6		40	0,1	26	200		0,12		0,1	26	200	20	0,5	6P12	
055	1	0,2	0,07	1,5	-	-	282	31	1,8	7,5	1,5	30,8	280	104	1,48	3M154
	2	6	0,03	2,4	-	-	318	35	1,2	7,5	2,4	34	310	104		
060	1	0,1	0,05	1,9	-	-	279	35	1,3	7,5	1,9	33,9	270	98	2,23	3M154

2.8 Розроблення операції 040 Вертикально-свердлувальна з ЧПК

На операції 040, яка виконується на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2P135Ф2, проводиться зацентрування та свердлування чотирьох отворів Ø8мм.

Так як деталь виготовляється із сталі 45, то застосування свердел із пластинками твердих сплавів є недоцільним, тому застосовуються свердла із швидкорізальної сталі P6M5 з використанням MOP.

Таблиця 2.4 Порядок оброблення отворів, режими різання

№ з/п	Інструмент	Діаметр, мм	Частота обертання, мм	Подача, мм/хв.	Код S	Код F
1	Свердло центрове	4,2	1000	50	11	06
2	Свердло спіральне	8,0	800	80	10	08

Для складання керувальної програми розроблена розрахунково-технологічна карта налагодження, зображена на рис. 2.2.

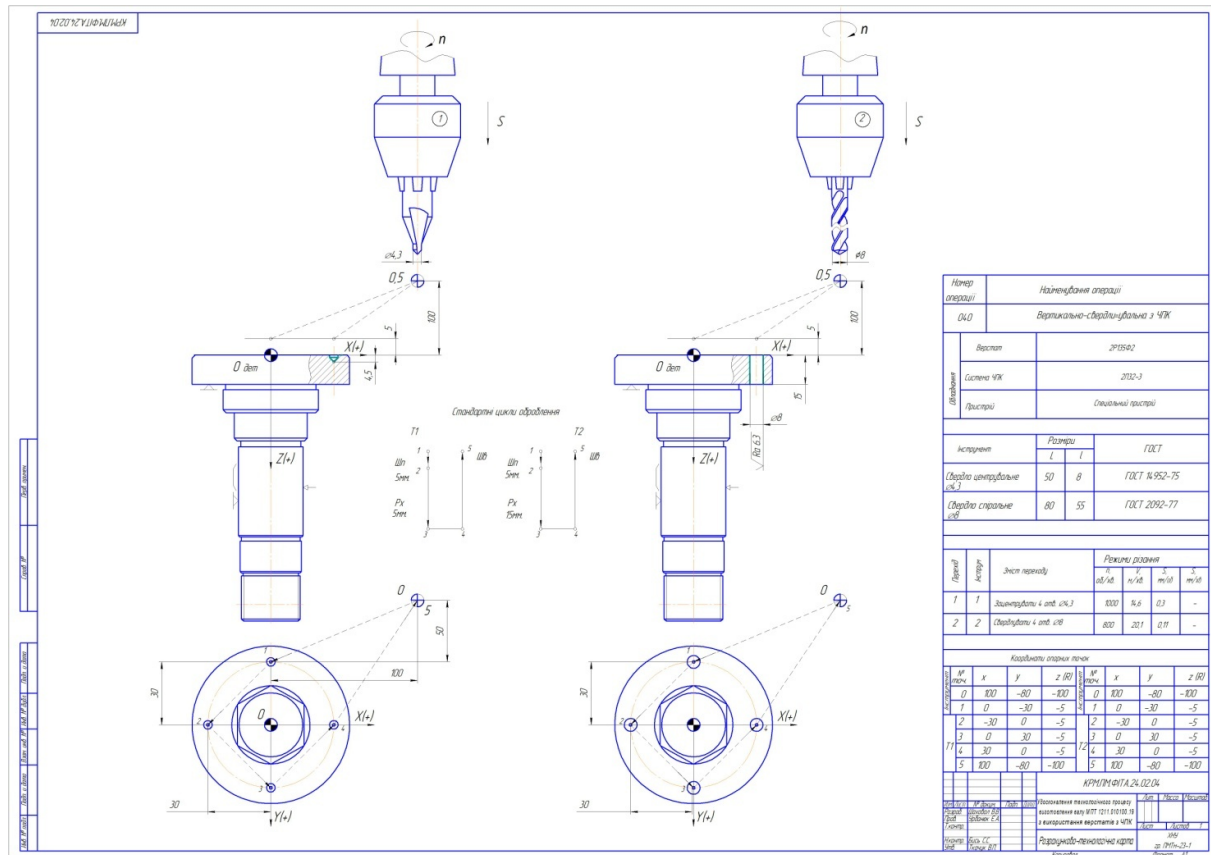


Рисунок 2.2 - Розрахунково-технологічна карта операції 040

Керувальна програма розроблена для системи ЧПК 2П32-3 і наводиться нижче.

```
%
:001 G61G81 T01 S11 F06 L01 X+000000 Y-000300 R-000500 Z+000450 M08LF
N002 X-003000 Y+000000 LF
N003 X+000000 Y+003000 LF
N004 G91 X+003000 Y+000000 LF
:005 G61G81 T02 S10 F08 L02 X+000000 Y-000300 R-000500 Z+000450 M08LF
N006 X-003000 Y+000000 LF
N007 X+000000 Y+003000 LF
N008 G91 X+003000 Y+000000 LF
N009 M02 LF
```

2.9. Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Технічні норми часу в умовах середньо серійного виробництва встановлюють розрахунково-аналітичним методом [6].

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{нз}}}{n}, \quad (2.68)$$

де $T_{\text{нз}}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

n – величина партії деталей;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час на операцію, хв.

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{об}} + T_{\text{від}}, \quad (2.69)$$

тут T_o – основний час на операцію, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.

$$T_d = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.в}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}}, \quad (2.70)$$

де $T_{\text{в.з}}$ – час на встановлення та зняття деталі, хв.;

$T_{\text{з.в}}$ – час на закріплення та звільнення деталі, хв.;

$T_{\text{уп}}$ – час на прийняття управління, хв.;

$T_{\text{вим}}$ – час на вимірювання деталі, хв.;

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

В середньо серійному виробництві час на обслуговування робочого місця визначається за формулою:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{орг}} + T_{\text{тех}}, \quad (2.71)$$

де $T_{\text{орг}}$ – час на організаційне обслуговування, хв.;

$T_{\text{тех}}$ – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{\text{від}}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.

Для прикладу визначимо норми часу на операцію 010.

Визначаємо $(T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.в}}) = 0,08$ хв. [6] і заносимо в табл. 2.4.

Враховуємо виправний коефіцієнт для середньо серійного виробництва.

$$T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.в}} = 0,08 \cdot 1,85 = 0,148 \text{хв.}$$

$$T_{уп} = (0,01 + 0,04 + 0,01) \cdot 1,85 = 0,111 \text{ хв. [6]}$$

$$T_{вим} = 0,11 \cdot 1,85 = 0,2 \text{ хв. [6]}$$

Визначаємо оперативний час $T_{оп}$:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 3,26 + 0,148 + 0,111 + 0,2 = 3,719 \text{ хв., (2.72)}$$

Загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок буде:

$$T_{об.від} = \frac{T_{оп} \times P_{об.від}}{100}, \quad (2.73)$$

де $T_{об.від}$ – затрати часу на обслуговування і відпочинок у відсотковому відношенні до оперативного часу, $T_{об.від} = 8\%$ [6].

$$T_{об.від} = \frac{3,719 \times 8}{100} = 0,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час: $T_{шт} = 3,719 + 0,3 = 4,02 \text{ хв.}$

Визначаємо підготовчо-заключний час [6]:

$$T_{п.з} = 12 + 2 + 7 = 21 \text{ хв.}$$

n_m – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в одну зміну, шт.

$$n_m = N_p / 24, \quad (2.74)$$

де N_p - річна програма випуску заданої деталі.

$$n_m = 2000 / 24 = 83 \text{ шт.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$T_{шт-к} = \frac{21}{83} + 4,02 = 4,27 \text{ хв.}$$

На інші операції норми часу визначаємо аналогічно і заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Норми часу по операціях технологічного процесу у хв.

Номер і назва операції	T_o	T_d			$T_{оп}$	$T_{об}$		$T_{від}$	$T_{шт}$	$T_{п.з}$	$T_{шт-к}$
		$T_{в.з}^+$ $T_{з.в}$	$T_{уп}$	$T_{вим}$		$T_{тех}$	$T_{орг}$				
010 Токарно-гвинторізна	3,26	0,148	0,111	0,2	3,72	0,3			4,02	21	4,27
020	1,96	0,13	0,176	0,203	2,47	0,2			2,67	22	2,91

Вертикально-фрезерувальна												
025 Токарна ЧПК	2,24	0,13	0,094	0,148	2,62		0,21		2,81	21	3,1	
030 Токарна ЧПК	2,41	0,148	0,167	0,129	2,85		0,23		3,08	21	3,33	
035 Токарно-гвинторізна	0,1	0,13	0,168	0,129	0,53		0,04		0,57	21	0,82	
040 Вертикально-свердлувальна з ЧПК	0,88	0,148	0,167	0,203	1,4		0,11		1,51	15	1,69	
045 Вертикально-свердлувальна	0,3	0,148	0,167	0,203	0,82		0,065		0,89	13	1,05	
050 Вертикально-фрезерувальна	0,8	0,148	0,167	0,203	1,41		0,11		1,52	22	1,7	
055 Кругло-шліфувальна	1,48	0,13	0,166	0,129	1,9	0,009	0,006	0,012	1,93	8	2,03	
060 Кругло-шліфувальна	2,23	0,13	0,166	0,129	2,66	0,004	0,003	0,006	2,67	8	2,76	

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення заготовки при свердлуванні 4-х отворів Ø8

Пристрій призначений для закріплення заготовки при послідовному обробленні 4-х отворів Ø8 на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2 P135Ф2.

3.1.1 Вибір установочних елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої[7]

При виборі установочних елементів враховуються загальні принципи встановлення заготовок. До цих елементів пристрою ставлять наступні вимоги:

- кількість і розміщення елементів має забезпечити орієнтацію заготовки згідно прийнятої схеми базування та її стійкість у пристрої. При використанні баз із параметром жорсткості $R_a > 20 \mu\text{м}$ установочні елементи слід виконувати з обмеженою опорною поверхнею для зменшення впливу нерівностей цих баз на стійкість заготовки;

- установочні елементи не повинні псувати базові поверхні, особливо ті, які вдруге не підлягають обробленню. Установочні елементи мають бути жорсткими. Їх жорсткість підвищують, покращуючи якість спряження елементів з корпусом пристрою, застосовуючи шліфування поверхонь стиків, а також сильно притискаючи їх до корпусу пристрою кріпильними деталями;

- зносостійкість опорних поверхонь підвищують, виготовляючи їх із сталей які дозволяють термічне оброблення до твердості 56...61 од. HRC. Зношування опор можна зменшити хромуванням їх несучих поверхонь або наплавленням твердого сплаву чи шліфуванням поверхні до отримання $R_a 0,63 \dots 0,32 \mu\text{м}$.

Як установочні елементи для циліндричної поверхні Ø56мм в проектованому пристрої застосовуємо призми із сталі 20 з цементуванням опорних поверхонь на глибину 0,8...1,2мм до твердості 56...61 HRC.

Розроблення схеми базування.

Положення заготовки при обробленні, як і будь якого іншого твердого тіла в просторі, характеризується шістьма степенями вільності, які визначають можливість переміщення і повороту заготовки відносно трьох координатних осей. При повній орієнтації заготовка втрачає усі степені вільності; при не повній – число степені вільності менше шести. У першому випадку точне встановлення деталі в усіх напрямках не потрібне, а точніше можлива довільна орієнтація деталі з поворотом навколо її осі.

У випадку повного орієнтування встановлення заготовок виконують, здійснюючи повний контакт базових поверхонь з елементами пристрою, жорстко закріпленими в його корпусі. Це забезпечується прикладенням до заготовки відповідних сил закріплення. Для повної орієнтації заготовки число і розміщення опор має бути таким, щоби при дотриманні невідривності баз від опор заготовка не могла зсувуватись відносно координатних осей.

Кількість опор, на які встановлюємо заготовку, не має бути більше шести. Для забезпечення стійкого положення заготовки в пристрої відстань між опорами слід вибирати по можливості більшу, а при встановленні заготовки на опори вона не повинна перевертатись. При збільшенні відстані між опорами зменшується вплив похибок форми базових поверхонь на положення заготовки в пристрої.

Виходячи із сказано вище, установочними базами на даній операції прийнято циліндричну поверхню Ø56 і торець.

Схема базування деталі в пристрої зображена на рис. 3.1.

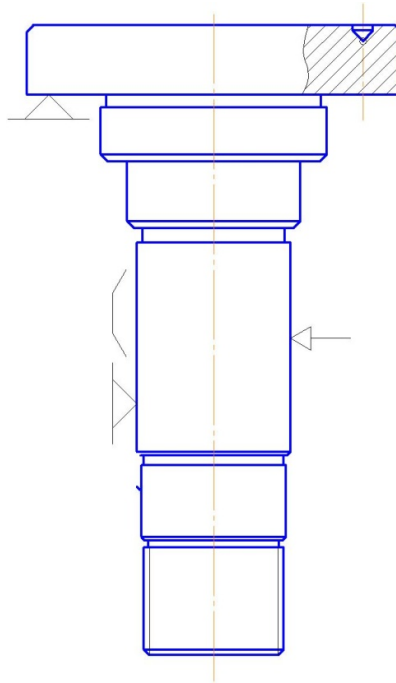


Рисунок 3.1- Схема базування і закріплення валу при свердлуванні отворів Ø8

3.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу пристрою

Головне призначення закріплювальних пристроїв є забезпечення надійного контакту заготовки з установочними елементами, попередження її зміщення та вібрацій в процесі оброблення [7].

В залежності від джерела закріплюючої сили, закріплювальні механізми поділяють на ручні та механізовані. У даному пристрої заготовка своїми базовими циліндричними поверхнями встановлюється в призму. Для полегшення роботи з пристроєм та надійності затиску деталі застосуємо механізований затискний механізм з приводом від пневмоциліндра.

Схема закріплення деталі та дії сил при свердлуванні представлена на рис. 3.2.

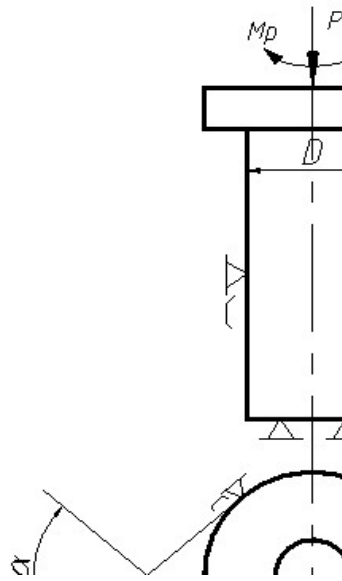


Рисунок 3.2 - Схема закріплення в пристрої для свердлування

При свердлуванні сила різання намагається зрушити заготовку навколо осі. Тому схема розрахунку сили закріплення W має вигляд, показаний на рис. 3.3.

Розрахунок сили закріплення W .

Поворот заготовки попереджається силами тертя в місцях контакту заготовки з опорами та затискними елементами.

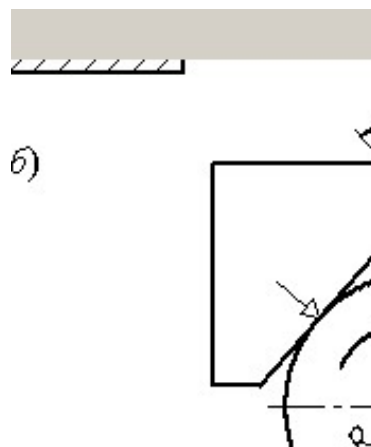


Рисунок 3.3 - Схема для розрахунку сили закріплення

$$P_z \cdot L_1 \cdot k = (W \cdot f_1 + W \cdot f_2 + W \cdot f_3) \cdot \frac{D}{2} \quad (3.1)$$

де f_1, f_2, f_3 – коефіцієнти тертя заготовки між установочними та затискними елементами;

W – сила затиску.

$$W = \frac{k \cdot P_z \cdot L \cdot 2}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot D} \quad (3.2)$$

тут P_z - сила різання при свердлуванні (див. режими різання).

$$P_z = \frac{2M_{pez}}{d_{св}} = \frac{2 \cdot 10,7}{0,008} = 2675 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт тертя сталі по сталі $f_1 = f_2 = f = 0.15$.

Приймаємо коефіцієнт запасу $k = 1,3$ [7].

Тоді сила закріплення $W = \frac{1,3 \cdot 2675 \cdot 0,014 \cdot 2}{(0,15 + 0,15 + 0,15) \cdot 0,056} = 3863 \text{ Н.}$

Розрахунок приводу пристрою.

У нашому випадку розрахунок приводу пристрою полягає у визначенні діаметру пневмоциліндра [7].

Із схеми закріплення деталі видно, що $Q = W \frac{L_1}{L_2}$.

Приймаючи співвідношення плеч важелів $\frac{L_1}{L_2} = \frac{13}{9}$, визначаємо необхідне

зусилля на штоку пневмоциліндра:

$$Q = \frac{3863 \cdot 13}{9} = 5579 \text{ Н.}$$

Дійсне зусилля на штоку пневмоциліндра залежить від робочого тиску повітря і внутрішнього діаметра циліндра, тому з іншого боку маємо [7]:

$$Q = p_n \cdot \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} \cdot \eta \quad (3.3)$$

p_n - робочий тиск повітря в пневмосистемі, $p_n = 0,4$ МПа;

D_4 - діаметр циліндра мм.

Підставляємо значення в формулу (3.3) та обраховуємо:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4Q}{p_n \cdot \pi \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5579}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,98}} = 123 \text{ мм.}$$

Із стандартного ряду вибираємо циліндр з діаметром $D_{ц} = 125$ мм.

Розраховуємо фактичне зусилля на штокові за наступною формулою:

$$Q_{ф} = P_n \cdot \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} = 0,63 \frac{3,14 \cdot 125^2}{4} = 7727 \text{ Н}$$

Для полегшення роботи з використанням пристрою та збільшення надійності затиску застосуємо механізований затискний механізм з приводом від пневмоциліндра.

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розглядаючи конструкцію даного затискного пристрою можна зробити висновок, що найбільш навантаженою деталлю є вісь, на якій кріпиться важіль, що передає зусилля від штока пневмоциліндра.

Проводимо перевірочний розрахунок цієї осі на зрізання та зминання [8]. Для розрахунку складаємо розрахункову схему, яка показана на рис. 3.4.

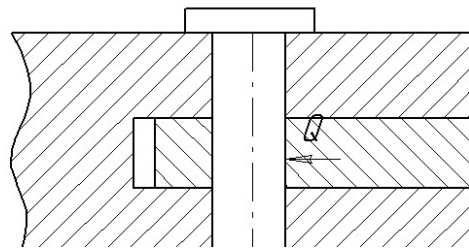


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема

Умову міцності на зрізання визначаємо із співвідношення

$$\frac{Q}{n \cdot A} \leq [\tau]_{зр}, \quad (3.4)$$

де Q – сила, діюча у перерізі, $Q = 7727$ Н;

A – площа перерізу, мм^2 ;

n – число площин зрізання;

$[\tau]_{зр}$ - допустиме напруження зрізання. $[\tau]_{зр} \approx 0,3[\sigma_{зм}] = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ МПа}$.

Визначаємо мінімально допустимий діаметр осі згідно формули:

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{2[\tau]_{зр} \pi}} \quad (3.5)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 7727}{260 \cdot 3,14}} = 6,1 \text{ мм},$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d = 10$ мм.

Умову міцності на зминання визначаємо із співвідношення:

$$\frac{Q}{\delta \cdot d} \leq [\sigma]_{зм} \quad (3.6)$$

де δ - товщина стінки опори, $\delta \geq \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_{зм}]d}} = \sqrt{\frac{7727}{200 \cdot 10}} = 1,96 \text{ мм}$.

З конструктивних міркувань приймаємо $\delta = 18$ мм. Умова міцності виконується із запасом.

3.1.4. Розрахунок пристрою на точність

Похибку установки визначаємо за формулою [7]:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.7)$$

де ε_{δ} - похибка базування деталі, $\varepsilon_{\delta} = 0,5T_D \frac{1}{\sin \lambda / 2}$.

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{\sin \lambda / 2} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 1,42 = 0,071 \text{ мм}$$

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0,09$ мм (затиск прихватом) [7];

ε_{np} - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2}, \quad (3.8)$$

де $\varepsilon_{виг}$ - похибка виготовлення установочних елементів, $\varepsilon_{виг} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{зн}$ - похибка зношування установочних елементів, $\varepsilon_{зн} = 0,02$ мм;

$\varepsilon_{фікс}$ - похибка фіксації пристрою на столі верстата, $\varepsilon_{фікс} = 0,01$ мм.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2} = 0,025 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,071^2 + 0,09^2 + 0,025^2} = 0,098 \text{ мм.}$$

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{дон} = TD - \kappa \cdot \omega, \quad (3.9)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = 0,1$ мм;

κ – поправковий коефіцієнт, $\kappa = 1$ [7];

ω – точність оброблення на вибраному верстаті, $\omega = 0,01$ мм [7].

Отже, $\varepsilon_{дон} = 0,1 - 0,01 = 0,099$ мм. Умова $\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y$ виконується.

Пристрій призначений для установки на свердлувальний верстат та закріплення у ньому заготовки при послідовному свердлуванні отворів $\varnothing 8$ у торці деталі.

Технічні умови

Оброблювана вал		МПТ 1211.010100.19
Привод затискного механізму		пневматичний
Сила закріплення	3863 Н	
Робочий тиск в пневмосистемі	0,4-0,63МПа	
Зусилля на штоку пневмоциліндра		7727 Н
Габаритні розміри пристрою, мм		350×630×300
Маса не більше		22 кг

3.1.5 Робота пристрою для свердлування 4-х отворів Ø8мм

У даному пристрої деталь закріплюється у призмі.

Стиснуте повітря, потрапляючи у поршневу порожнину пневмоциліндра, тисне на поршень та переміщає його вправо. Важіль встановлений на осі, яка в свою чергу закріплена у корпусі пристрою. Своім другим кінцем важіль діє на заготовку, що закріплюється. У конструкції пристрою не передбачена кондукторна плита з кондукторними втулками, тому що оброблення проводиться на верстаті з ЧПК.

Після свердлування отворів деталь звільняється шляхом попадання стиснутого повітря у штокову порожнину пневмоциліндра, після чого поршень зі штоком рухаються вліво та через важіль звільняють заготовку. На нижній плиті корпусу встановлені дві шпонки, які орієнтують пристрій на столі верстата.

До столу нижня плита корпусу пристрою кріпиться за допомогою двох стандартних болтів.

3.2. Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору Ø3, вісь якого перпендикулярна осі деталі

3.2.1 Схема базування та вибір установочних елементів

Згідно вимог, вказаних на кресленнику деталі, необхідно просвердлити отвір, вісь якого віддалена від торця деталі. Тому приймаємо за базу торець деталі та зовнішню циліндричну поверхню. Цим вимогам відповідає базування в призмі з упором у торець. Схема базування показана на рис.3.5.

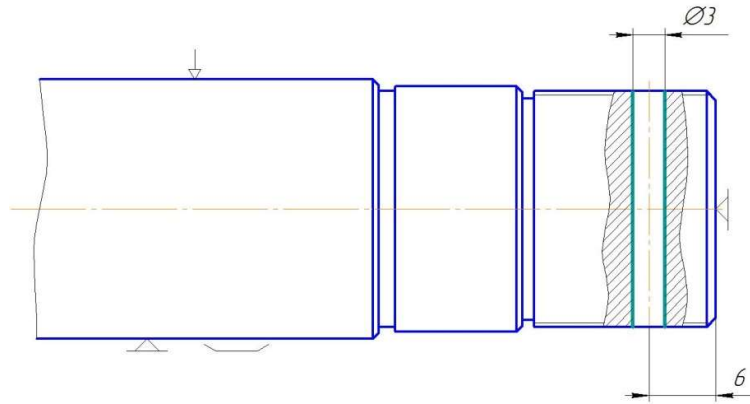


Рисунок 3.5 – Схема базування і закріплення деталі

3.2.2 Розрахунок сили закріплення та проектування приводу пристрою

Розрахунок сили закріплення ведемо згідно схеми базування та закріплення (рис. 3.6), на якій вказані сили, що діють на заготовку при обробленні.

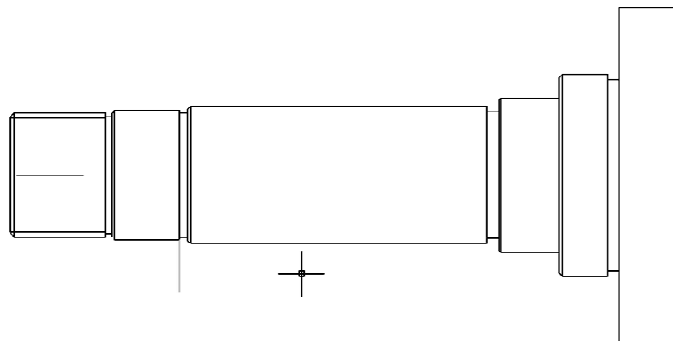


Рисунок 3.6 – Схема дії сил при обробленні

Для такого випадку прикладення сил можна записати рівняння рівноваги:

$$P_z \cdot k = W \cdot f + \frac{W \cdot f}{\sin \alpha/2}, \quad (3.10)$$

“

де P_z – сила різання, $P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} = \frac{0,15 \cdot 1020 \cdot 60}{20} = 459 \text{ Н}$,

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,1$;

α – кут призми, $\alpha = 45^\circ$.

Звідси отримаємо силу затиску W за формулою:

$$W = \frac{P_z \cdot k}{f + \frac{f}{\sin \alpha/2}} \quad (3.11)$$

$$W = \frac{459 \cdot 1,5}{0,1 + \frac{0,1}{\sin 45^\circ}} = \frac{688}{0,239} = 2878 \text{ Н}.$$

Розрахунок приводу пристрою.

Кінематична схема передавальних механізмів, яка показана на рис. 3.7, складається з важільного механізму і клиноплунжерного підсилювача, що застосований для більш зручного розміщення пневмоприводу.

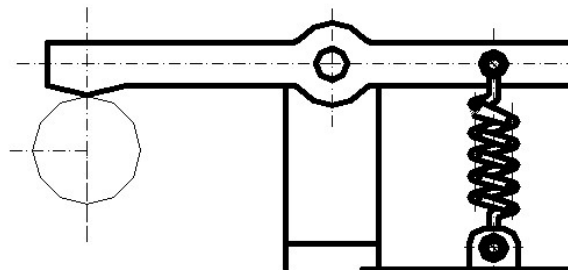


Рисунок 3.7 – Схема механізму приводу пристрою

Так як важільна система виконує підсилювальну функцію, то рівняння рівноваги важільної системи матиме наступний вигляд:

$$Q = \frac{W(L-l)}{l \cdot \eta}, \quad (3.12)$$

де $L = 170$ мм;

$l = 95$ мм;

η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,98$.

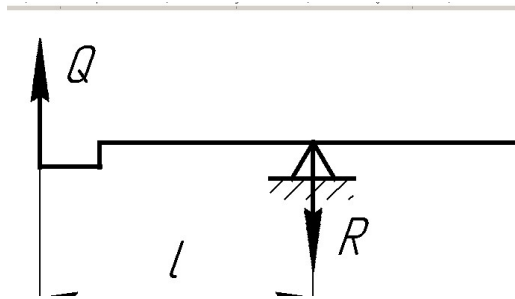


Рисунок 3.8 – Схема дії сил механізму затиску

Тоді маємо
$$Q = \frac{2878(170-95)}{95 \cdot 0,98} = 2318 \text{ Н.}$$

Запишемо рівняння для клиноплунжерного механізму:

$$Q = \frac{W[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1]}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)\operatorname{tg}\varphi_2}; \quad [8] \quad (3.13)$$

тут $\alpha = 15^\circ$; $\varphi = 2^\circ$; $\varphi_1 = 2^\circ$; $\varphi_2 = 2^\circ$.

Тоді
$$Q = \frac{2318(\operatorname{tg}17^\circ + \operatorname{tg}2^\circ)}{1 - \operatorname{tg}17^\circ \cdot \operatorname{tg}2^\circ} = \frac{2318 \cdot 0,349}{1 - 0,012} = 808,9 \text{ Н.}$$

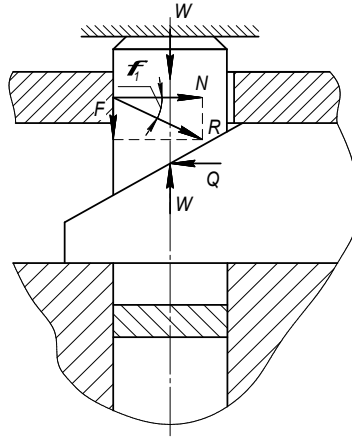


Рисунок 3.9 –Схема дії сил у клиноплунжерному механізмі

З урахуванням дії сили зворотних пружин сила на штокові пневмоциліндра буде:

$$Q_{III} = Q + q = 808,9 + 60 = 868,9 \text{ Н}.$$

Розрахуємо діаметр безштокової робочої порожнини пневмоциліндра за формулою:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4Q}{p_n \cdot \pi \cdot \eta}} \quad (3.14)$$

де p_n - робочий тиск повітря в пневмомережі, $p_n = 0,4$ МПа;

$D_{ц}$ – діаметр циліндра.

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 868,9}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,98}} = 53,1 \text{ мм}.$$

Із стандартного ряду [8] вибираємо циліндр з діаметром $D_{ц} = 63$ мм.

Розраховуємо фактичне зусилля на штокові за формулою:

$$Q_{\phi} = p_n \cdot \frac{\pi \cdot D_4^2}{4} \quad (3.15)$$

$$Q_{\phi} = 0,63 \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} = 1962 \text{ Н}.$$

3.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Аналізуючи конструкцію даного пристрою, можна зробити висновки, що найбільш навантаженою деталлю є вісь, на якій встановлений важіль, що передає зусилля від штока пневмоциліндра до прихвату.

Проводимо перевірочний розрахунок цієї осі на зрізання [8]. Для розрахунку складаємо схему, яка показана на рис 3.10.

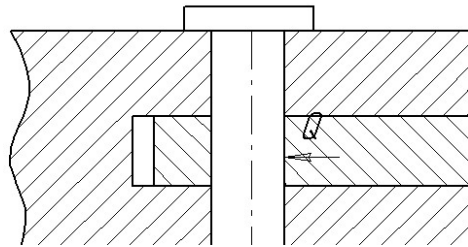


Рисунок 3.10 - Розрахункова схема

Перевірку міцності на зрізання виконуємо за співвідношенням:

$$\frac{Q}{n \cdot A} \leq [\tau]_{зр}, \quad (3.16)$$

де Q – сила, діюча у перетині. $Q = 1430$ Н.

A – площа перетину, мм^2 .

n – кількість площин зрізання.

$[\tau]_{зр}$ – допустимі напруги зрізування, $[\tau]_{зр} \approx 0,3[\sigma_{зм}] = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ МПа}$

Визначаємо мінімально допустимий діаметр осі:

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{2 \cdot [\tau]_{зр} \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1430}{2 \cdot 60 \cdot 3,14}} = 3,9 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d = 10$ мм.

Умову міцності на зминання перевіримо за співвідношенням:

$$\frac{Q}{\delta \cdot d} \leq [\sigma]_{зм} \quad (3.17)$$

тут δ - товщина стінки опори.

$$\delta \geq \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]_{зм} \cdot d}} = \sqrt{\frac{1430}{200 \cdot 10}} = 0,84 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $\delta = 10 \text{ мм}$. Умова міцності виконується.

3.2.4 Розрахунок пристрою на точність

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.18)$$

де ε_{δ} - похибка базування деталі, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0,09 \text{ мм}$ (затиск прихватом) [7];

ε_{np} - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2}, \quad (3.19)$$

тут $\varepsilon_{виг}$ - похибка виготовлення установочних елементів, $\varepsilon_{виг} = 0,01 \text{ мм}$;

$\varepsilon_{зн}$ - похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{зн} = 0,02 \text{ мм}$;

$\varepsilon_{фікс}$ - похибка фіксації пристрою на столі верстата, $\varepsilon_{фікс} = 0,01 \text{ мм}$.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2} = 0,025 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,09^2 + 0,025^2} = 0,093 \text{ мм.}$$

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = TD - \kappa \cdot \omega, \quad (3.20)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = 0,2\text{мм}$;

κ – поправочний коефіцієнт, $\kappa = 0,8$ [7];

ω – точність оброблення на вибраному верстаті, $\omega = 0,01\text{мм}$ [7].

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,2 - 0,8 \cdot 0,01 = 0,192\text{мм. Умова } \varepsilon_{\text{дон}} \geq \varepsilon_y \text{ виконується.}$$

Пристрій призначений для встановлення на свердлувальний верстат та закріплення у ньому заготовки при свердлуванні отвору $\varnothing 3$, вісь якого перпендикулярна осі деталі.

Технічні умови:

Оброблювана деталь	Вал МПТ 1211.010100.19
Привод затискного механізму	пневматичний
Сила закріплення	2878 Н
Робочий тиск в пневмережі	0,4-0,63МПа
Зусилля на штоку пневмоциліндра	1962 Н
Габаритні розміри пристрою, мм	350×220×300
Маса не більше	8,7кг

3.2.5 Робота пристрою для свердлування отв. $\varnothing 3$

У даному пристрої деталь закріплюється у призмі.

Стиснуте повітря, потрапляючи у поршневу порожнину пневмоциліндра, тисне на поршень та переміщає його вправо. На штокові пневмоциліндра встановлено клиновий механізм, який діє на важіль. Важіль встановлений на осі, яка в свою чергу закріплена у корпусі пристрою. Своїм другим кінцем важіль діє на заготовку, яка закріплюється. Після свердлування отвору деталь звільняється шляхом подавання стиснутого повітря у штокову порожнину пневмоциліндра, внаслідок чого поршень зі штоком та клином рухаються вліво і через важіль звільняють заготовку. На нижній плиті корпусу встановлені дві

шпонки, які орієнтують пристрій на столі верстата. До стола нижня плита корпусу пристрою кріпиться за допомогою двох стандартних болтів.

3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою для контролю радіального биття

В умовах сучасного машинобудівного виробництва задача підвищення точності засобів технічних вимірювань вирішується широкими впровадженням контрольно вимірювальних пристроїв та інструментів.

Контрольно-вимірювальними пристроями та інструментами перевіряються різні параметри деталей та вузлів машин:

- лінійні розміри (діаметри отворів і валів, довжини, висоти, глибини);
- взаємне розміщення поверхонь;
- відхилення від правильної геометричної форми деталей;
- нелінійні параметри (пружність, твердість, герметичність стінок і зварювальних швів);
- випробування працездатності складальних вузлів та машин в експлуатаційних умовах або в умовах до них подібних.

Конструкція кожного контрольного пристрою та інструменту має задовольняти різним вимогам. Найголовніші з них наступні:

- оптимальна точність вимірювання і продуктивність вимірювання;
- технологічність в виготовленні;
- зносостійкість;
- зручність в експлуатації.

Конструкція контрольного пристрою та інструменту загалом та усіх його складових, а також вимірювальних засобів має бути такою, щоби, з одного боку, повністю задовольняти вимоги виконання контрольної операції, а з другого, робити його застосування економічно вигідним.

3.3.1 Розробка схеми вимірювання

Згідно технічних вимог до виготовлення деталі необхідно контролювати радіальне биття двох поверхонь відносно осі деталі. Схема контролю показана на рис. 3.11.

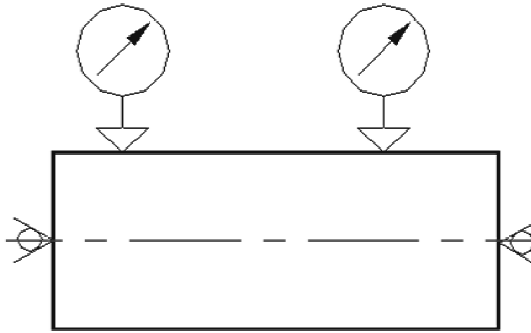


Рисунок 3.11 - Схема контролю

3.3.2 Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо допустиму похибку оброблення:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot T, \quad (3.21)$$

де T -допуск на параметр, який контролюється, $T = 0,05$ мм.

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну похибку оброблення [7]:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\bar{\sigma}}^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (3.22)$$

де $\varepsilon_{\bar{\sigma}}$ – похибка базування деталі, $\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0$, так як технологічна база збігається з конструкторською;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - похибка виготовлення пристрою, $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,007$ мм;

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

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

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{Ц}{2}, \quad (3.23)$$

де $Ц$ – ціна поділки контрольно-вимірювального приладу.

Для контролю параметрів биття і співвісності вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ02 ГОСТ 577-68, ціна поділки якого $Ц = 0,01$ мм.

$$\varepsilon_{\text{прил}} \approx \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0^2 + 0,007^2 + 0,005^2 + 0,01^2} = 0,013 \text{ мм}$$

Отже, фактична похибка не перевищує допустиму: $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{\text{доп}}$.

3.3.3 Описання конструкції і роботи контрольного пристрою

Деталь центровими отворами базується на обертові центри пристрою. До циліндричних поверхонь деталі, які контролюються, підводимо індикатори і налагоджуємо індикатори на поверхні (створюємо попередній натяг). Обертаючи деталь на один повний оберт, поступово фіксуємо покази індикатора.

3.4 Проектування різального інструменту

3.4.1. Вибір основних елементів та розрахунок різця

Для оброблення заготовки на токарному верстаті з ЧПК застосовуємо різець прохідний упорний з пластинами твердого сплаву Т15К6 із механічним кріпленням пластини. Основні геометричні параметри: $\alpha=8^\circ$, $\gamma=10^\circ$.

Розраховуємо на міцність державку при зніманні за схемою (див. рис. 3.4)

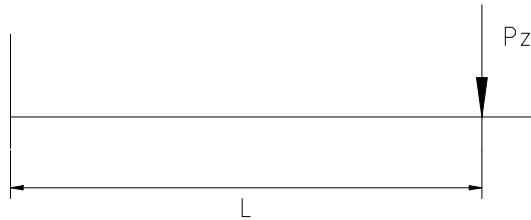


Рисунок 3.12 - Розрахункова схема

При чорновому точінні діє сила різання $P_z=1554$ Н. При цьому виникає згинальний момент $M_{зг}$ в защемленні різця:

$$M_{зг} = P_z \cdot L, \quad (3.24)$$

де L – виліт різця, мм.

$$M_{зг} = 1554 \cdot 50 = 77700 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Умова міцності при згинанні:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{зг}}{W} \leq [\sigma]_{зг}, \quad (3.25)$$

тут σ_{\max} – максимальне напруження згинання;

$[\sigma]_{зг}$ – допустиме напруження згинання; для сталі 45 допустиме напруження $[\sigma]_{зг} = 160$ МПа;

W – момент інерції поперечного перетину державки різця:

$$W = \frac{a^3}{6} \text{ м}^3, \quad (3.26)$$

де a – розмір поперечного перерізу різця, $a=25$ мм;

$$W = \frac{25^3}{6} = 2604,2 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_{\max} = \frac{77700}{2604,2} = 29,84 \text{ МПа}$$

Так як $[\sigma]_{зг} = 160$ МПа $>$ $\sigma_{\max} = 29,84$, то міцність державки різця забезпечена.

РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1 Зносостійкість свердел зі сталі Р6М5 при використанні мастильно-охолоджувальних рідин різного складу [9]

При обробленні широко застосовуваних вуглецевих сталей свердлами зі швидкорізальної сталі Р6М5 параметром, що лімітує, є зношування кутиків різальної частини інструменту. Момент затуплення характеризується округленням периферійних ділянок різальних крайок, що відбувається при досягненні деякого граничного зношування на кутиках. На затупленому свердлі спостерігається велике число налиплих часток оброблюваного металу, що свідчить про інтенсифікацію процесів захоплення і приводить до значного збільшення сил різання та виникненню характерних вібрацій - скрипіння.

Стійкість свердел при роботі з водяними МОР максимально збільшувалася приблизно у 2 рази. Причому збільшення стійкості досягається тут, головним чиним, за рахунок збереження здатності різального інструменту при великих значеннях зношування, так як середня величина граничного зношування свердел по кутику змінюється від 0,75...0,95мм до 0,85...1,25мм. Величина граничного зношування по кутиках свердла при роботі з олійними МОР змінюється в більш широких межах, ніж для МОР на водяній основі, — від 0,5...0,55мм з оливами типу веретенна АУ і ІС-12 без присадок до 0,7...0,9мм з оливами, що містять хімічно активні присадки. Олійні МОР в порівнянні з водяними обумовлюють загалом більш низьку інтенсивність зношування, але при цьому меншу величину граничного зношування, при якій втрачаються різальні властивості свердел.

Таким чином, стійкість інструменту при роботі із різними МОР визначається їх складним впливом на інтенсивність зношування та величину зношування, при якій втрачаються різальні властивості.

Статистичний аналіз, що виконаний при довірчій імовірності 0,95, показав, що за впливом на стійкість свердел випробувані МОР можна

розбити на три групи. Перша група - МОР, при роботі з якими стійкість несуттєво відрізняється від стійкості при роботі з еталонною МОР -5%-ною емульсією ЭТ-2. До цієї групи відносяться олива веретенна ЛУ, сульфозфрезол, МОР АВК-2/АЛ, 10%-на осірчена емульсія ЭТ-2. В другу групу ввійшли МОР, що збільшили стійкість у порівнянні з 5%-ною емульсією ЭТ-2 у середньому в 1,4 рази: емульсії типу Укринол-1 і синтетичні МОР, 10%-на емульсія СДМУ-2, вода + 0,3% NaNO_2 + 0,3% Na_2Z_2 і олія ИС-12 + 5% УТ-99. Третю групу склали МОР, при застосуванні яких стійкість свердел у порівнянні з 5%-ною емульсією ЭТ-2 збільшилась у 2,2...2,8 рази. Це олійні МОР марок ИС-12, МР-1, МР-2. ИС-12 + 20% УТ-99.

Особливо слід відмітити результати, що отримані при дослідженні впливу сульфозфрезолу. Очевидно, внаслідок недостатніх проникаючих властивостей сульфозфрезолу в дослідах спостерігався великий розкид стійкості - від 6 до 45 хв., що призвело до високого коефіцієнта варіації, що рівний 0,7. У порівнянні із сульфозфрезом, що є в даний час найбільш широко використовуваною МОР на операціях оброблення конструкційних сталей, оливи МР-1, МР-2, ИС-12 + 20% УТ-99 збільшили середню стійкість свердел у 3...3,8 рази при значному зменшенні коефіцієнта варіації до 0,15...0,35.

Заслугує уваги зміна граничного зношування свердел у залежності від режиму різання. При швидкості різання 44,6м/хв. величина граничного зношування по кутику свердла зменшується до 0,5...0,6мм і стає мало залежною від МОР, у той же час при швидкості різання 27,1м/хв. вона складає 0,9...1,7мм, збільшуючись, у порівнянні зі зношуванням при швидкості різання 31,4м/хв., для всіх типів МОР за винятком оливи МР-2.

Результати випробувань МОР у діапазоні швидкостей різання 27,1...44,6м/хв. наведені на рис.4.1.

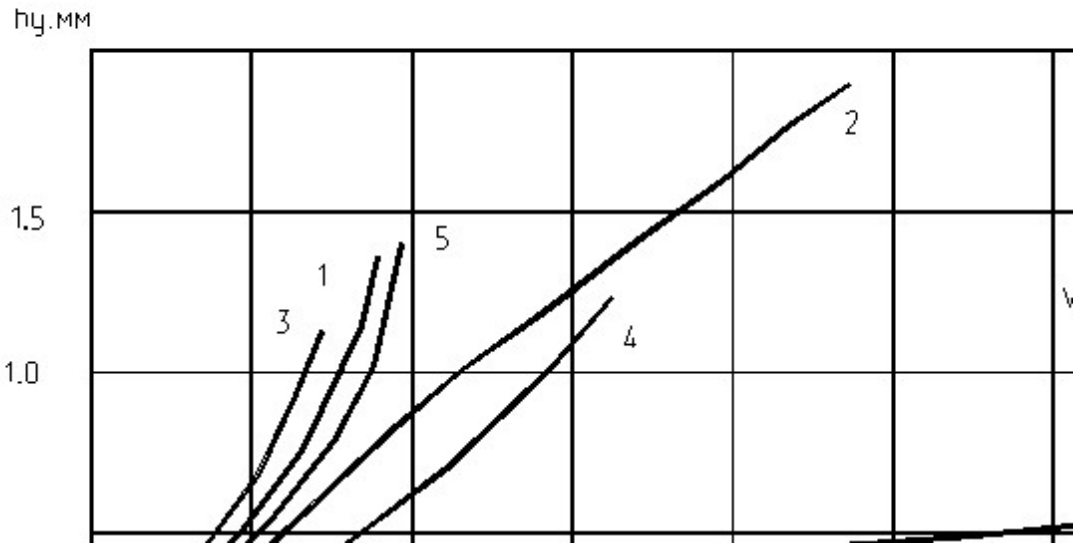


Рисунок 4.1 - Залежність зношення h , свердел зі сталі Р6М6 від часу роботи при швидкості 44,5 м/хв. за використання різних марок МОР:
 1 - вода + 0,3% NaNO_2 + 0,3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; 2 - ЭТ-2 (5%); 3 - ИС-12; 4 - МР-1; 5 - МР-2; 6- сульфофрезол

При цьому залежність стійкості від швидкості різання для випадку застосування оливи МР-2 відхиляється від прямолінійної внаслідок підвищеної стійкості, зафіксованої для умов при швидкості різання 31,4м/хв. через винятково високе граничне зношенняпо кутику у 1,8мм. Відмічено, що свердла, які втратили різальні властивості при одному режимі різання, можуть продовжувати роботу при більш низькому режимі.

Сульфофрезол зменшує стійкість свердел у порівнянні з іншими олійними МОР також і при швидкості різання 27,1м/хв. Крім того, сульфофрезол уступає іншим олійним МОР за супутніми експлуатаційними властивостями. Зокрема, при роботі із сульфофрезолом виникало інтенсивне задимлення унаслідок його високої в'язкості і низьких охолоджувальних властивостей. З цієї причини був неможливий дослід використання сульфофрезолу при швидкості різання 44,6м/хв.

Звертає на себе увагу зміна відносної ефективності МОР при різній швидкості різання. У зоні більш високих швидкостей різання (наприклад, 44,6 м/хв.) ефективнішою є олива МР-1, що містить найбільшу кількість хімічно активних присадок. Навпаки, при зменшенні швидкості різання до 27,1м/хв. найбільша стійкість свердел зафіксована при роботі з оливою ПС-12. В усьому діапазоні досліджених швидкостей різання олійні МОР забезпечують більшу стійкість свердел, ніж МОР на водяній основі.

Таким чином, дослідження впливу МОР на стійкість свердел зі швидкорізальної сталі Р6М5 при свердлуванні неглибоких отворів у сталі 45 показали, що при технічній можливості свердлування отворів в сталях типу сталі 45 швидкорізальними свердлами для збільшення стійкості інструменту доцільно вести з використанням олійних МОР. Оливи з хімічно активними присадками ефективні при підвищенні напруженості умов оброблення - стійкості свердел менше 60хв. При знижених режимах різання (стійкість свердел більша 80хв.) кращі результати забезпечують оливи без присадок чи з невеликою кількістю присадок.

Висновок до розділу

Застосування МОР дозволяє підвищити швидкість різання у 2 рази в порівнянні з різанням без МОР при постійній стійкості інструменту.

Отримані результати досліджень можна рекомендувати для використання в технологічному процесі оброблення валу МПТ 12111.010100.19 на операціях свердлування.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпек та шкідливості розробленого технологічного процесу

Під час виготовлення деталі «Вал МПТ 12111.010100.19» згідно технологічного процесу при механічному обробленні на металорізальних верстатах (фрезерувальних, свердлувальних, шліфувальних та інших) виникає ряд фізичних, хімічних, психофізичних і біологічних небезпечних та шкідливих факторів[10].

Рухомі частини виробничого обладнання, виріб і заготовка, які переміщуються; стружка оброблювальних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні обробленої деталі та інструменту; підвищена напруга в електромережі або статична електрика, при якій може виникнути замикання через тіло людини, - усе це відноситься до категорії фізичних небезпечних факторів даного технологічного процесу.

Кожен технологічний процес має відповідати передовим вимогам науки і технологій, забезпечувати найменші витрати сировини та енергії на одиницю продукції, високу якість виробів, сприяти збільшенню продуктивності праці, зниження собівартості готової продукції.

Існує ряд загальних мір по вимогам до техніки безпеки до технологічних процесів, трудомістких та важких робіт, степінь їх неперервності, попередження, створення вибухонебезпечних концентрацій речовин, точно розроблений технологічний регламент, автоматичне регулювання та управління технологічним процесом, забезпечення всіх технологічних режимів пристроями контролю та вимірювання.

Механізація трудомістких, небезпечних та шкідливих процесів ліквідує важку працю, контакт із отруйними, пожежо- і вибухонебезпечними речовинами та матеріалами, забезпечує роботу в безпечній зоні. Самий високий процент важкої ручної праці приходить на допоміжні, транспортні та

завантажувально-розвантажувальні роботи. Тому при розробці нових технологічних процесів необхідно передбачити використання конвеєрних ліній, підвісних та напільних засобів внутрішньо цехового транспорту, вантажопідійомних механізмів і т.д.

При загальному оцінюванні технологічного процесу виготовлення деталі "Вал" слід зосередити увагу на ряд можливих небезпечних факторів, що впливають на безпеку праці та охорону здоров'я працюючого:

- 1) запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- 2) високий рівень шуму і вібрації;
- 3) недостатня освітленість робочої зони;
- 4) завищена пульсація світлового потоку;
- 5) вміст в повітрі пари, газів і аерозолів мастила та охолоджувальних рідин - МОР.

При видаленні компонентів МОР в повітря вміст вуглеводнів складає 150...940мг/м³, мастил-аерозолі 7...45мг/м³, забрудненого одягу - 800...900мг/дм³. Концентрація МОР і окремих її компонентів, а також їх якісний склад залежить від витрати, способу подачі, термостабільності, характеру і режиму оброблення деталі, властивостей оброблюваного матеріалу, наявності і ефективності санітарно-технічних пристроїв.

Одним із факторів впливу на людину є психофізичний фактор. До нього можна віднести фізичні перевантаження при встановленні, закріпленні та знятті верстатних пристроїв а також перенапруження зору та монотонність праці. До біологічних факторів можна віднести хвороботворні мікроорганізми і бактерії, що з'являються при роботі з МОР. При обробленні поверхонь деталей без використання МОР повітря може бути забруднене пилом різних інгредієнтів. Вплив пилу на організм людини залежить від його дисперсності. Частинки, що крупніші 10...12мкм осаджуються в порожнині носа, а при вдиханні через рот - не проникають глибше верхніх бронхів. Частинки розміром менше 5мкм осаджуються в бронхіолах, і тільки невелика частина проникає в альвеоли. Частинки розміром 0,8...1,6мкм, осаджуються в тонких бронхіолах і альвеолах. Після всмоктування отруйні речовини виділяються через

легені, слизові оболонки, залози, нирки, із потовиділенням, причому виводяться із організму з різною швидкістю.

Отруєння як результат дії пилу може бути місцевим або загальним, гострим або хронічним. Одні і ті ж речовини можуть викликати як гострі, так і хронічні отруєння (бензол). Гранично допустимі концентрації (ГДК) пилу у повітрі виробничого приміщення встановлені у ГОСТ 12.1.006-88. Їх враховують при розрахунку вентиляційних і газопиловловлювачах систем.

Для очищення робочої зони від пилу застосовується вентиляційна централізована система, яка здійснює відсмоктування повітря від ряду одиниць обладнання, які системою повітропроводів під'єднуються на один пилоочисний віддільник і розташований за ним вентилятор. Викид повітря здійснюється із вентилятора в атмосферу. Пилоочисний віддільник і вентилятор в таких установках, як правило, розташовані далеко від вентиляційного обладнання.

Періодичність заміни МОР має встановлюватись за результатами контролю її вмісту, але не менше одного разу в шість місяців при обробленні лезовим інструментом та одного разу в місяць при абразивному обробленні.

Також до небезпечних факторів впливу на безпеку праці та здоров'я людини можна віднести електричний струм. При несправності електротехнічного обладнання чи порушенні правил його експлуатації можуть відбуватися ураження електричним струмом і виникати електротравми. Найбільш небезпечним видом електротравми є електричний удар, при якому вражається центральна нервова система і відбувається параліч дихальних м'язів та серця. Електричні травми можуть проявлятися у вигляді місцевих уражень тканин та органів, контактних і дугових опіків, електричних знаків і металізації шкіри, електроопіфальмії. Безпечною величиною сили змінного струму (струм, що відпускає) при частоті $f=50$ Гц вважається 0,01 А, а для постійного струму - 0,1 А. Для змінного струму 0,1 А вважається смертельним значенням. За розрахункову величину електричного опору тіла людини приймається значення в 1000 Ом.

Виходячи із згаданого вище для запобігання електротравми необхідно прокладати проводку в металевих трубах загального призначення, в якій прокладаємо від двох до чотирьох проводів одночасно, причому, ізоляцію проводів розраховують на напругу 500В. Обов'язково влаштовується заземлення, опір якого не має перевищувати 4Ом. В процесі роботи слід слідкувати за пилом, який може осідати на струмопровідних мережах і час від часу його витирати.

До таких факторів також відносяться небезпечні частини обладнання, якими є його обертові відкриті частини. До них відносяться муфти, вали, шківни, різальний інструмент тощо.

Окремі вузли машин і механізмів в процесі роботи утворюють небезпечні зони, тобто, певний простір, в якому періодично виникають чи постійно діють небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що здатні викликати травмування працюючих. Ці зони можуть бути постійними чи змінними. До постійних відносять, наприклад, зони між пасом і шківом, між вінцями зубчастих коліс тощо. Змінні небезпечні зони виникають в процесі оброблення при зміні її характеру, режимів, матеріалів та інше.

Для запобігання нещасних випадків всі небезпечні ділянки, які виступають, мають бути огорожені захисними кожухами, які виконують із листової сталі товщиною не менше 0,8мм, листового алюмінію товщиною не менше 2мм чи міцної пластмаси товщиною не менше 4мм. Робочі і службовці для захисту від дії небезпечних і шкідливих факторів виробництва повинні бути забезпечені спецодягом, головними уборами, рукавицями і запобіжними пристроями, затвердженими в певному порядку.

Органи зору захищають окулярами від механічних пошкоджень. Органи дихання - респіраторами універсального типу ФУ. Засоби захисту повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.011-75.

Фізичними небезпечними виробничими факторам, що характерні для процесу різання під час оброблення деталі у даному технологічному процесі, є також підвищена загазованість і запиленість робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і

відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку. При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання верстатників при точінні чи фрезеруванні різних матеріалів може перевищувати допустимі концентрації. При роботі затупленим різальним інструментом виникає інтенсивне нагрівання, внаслідок чого пил та стружка перетворюється в пароподібний і газоподібний стан. Аерозоль нафтових мастил, що входять до складу мастильних охолоджувальних рідин (МОР) може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів і зниження імунобіологічної реактивності. Продукти термоокислої деструкції (граничні і неграничні вуглеводи) можуть викликати наркотичний стан, змінення центральної нервової системи, судинної системи, кровотворних органів, внутрішніх органів, а також шкірнотрофічні порушення. Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони, яка виникає при обробленні різанням не повинна перевищувати гранично допустимих значень.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів даного технологічного процесу можна також віднести монотонність праці, перенапругу зору, фізичні перевантаження при установці закріпленні і зніманні великої кількості деталей. До біологічних факторів відносяться хвороботворні мікроорганізми і бактерії, що проявляються при роботі МОР.

Для забезпечення безпеки роботи режими різання обладнання, що використовується, повинні відповідати вимогам стандартів і технічним умовам для відповідного інструменту.

Розробка технологічної документації, виконання технологічних процесів оброблення різанням мають відповідати вимогам системи стандартів безпеки праці ГОСТ 12.3.002-75 "Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки" і ГОСТ 12.3.025-80 "Оброблення металів різанням. Вимоги безпеки."

Контроль розмірів оброблюваних заготовок на верстатах і зняття деталей для контролю мають проводитися лише при вимкнених механізмах обертання або переміщення заготовок, інструменту і пристроїв.

Для охолодження зони різання дозволяється використовувати мінеральні мастила з температурою спалаху не нижче 150°C, вільні від вологи і кислот.

МОР мають подаватися в зону різання у відповідності з вимогами ГОСТів, а при їх циркуляції в зоні охолодження піддаватися очищенню.

Для зниження кількості аерозолів МОР в повітрі робочої зони потрібно застосовуватись рекомендовані ГОСТ 12.3.025-80 конструкції сопел для подачі і розпилення рідин.

Для безпечного використання МОР повинні відповідати умовам вимог ГОСТ 12.3.025-80. Антимікробний захист МОР має проводитись добавленням бактерицидних присадок і періодичною пастеризацією рідини.

5.2 Організація охорони праці на машинобудівних підприємствах

На машинобудівних підприємствах створюють відділ охорони праці і техніки безпеки (ОП і ТБ). Відділ веде роботу із створення на підприємстві здорових і безпечних умов роботи працюючих, попередження нещасних випадків і професійних захворювань.

Основні завдання відділу ОП і ТБ [10]:

- постійне вдосконалення організації роботи на підприємстві із створення безпечних умов праці;
- контроль за станом охорони праці на підприємстві;
- попередження виробничого травматизму і професійних захворювань;
- впровадження передового досвіду і наукових розробок з ОП.

Відділ ОП і ТБ контролює:

- проведення в підрозділах заходів з ОП;
- виконання вимог правил і норм з ОП, інструкцій з ОП;
- дотримання графіків замірів рівнів шуму, вібрації, запиленості, загазованості, освітленості тощо.

Контролю підлягає ефективність роботи вентиляційних систем, стан запобіжних пристроїв і захисного устаткування, вчасне і якісне проведення інструктажу на робочих місцях, організація навчання, перевірка знань і атестація працюючих з ОП.

Відділ контролює дотримання "Положення про розслідування нещасних випадків на виробництві".

5.2.1 Організація і проведення інструктажів з охорони праці

В кожному цеху щорічно складається графік проведення з ОП окремо по кожній спеціальності та атестації робітників, зайнятих на роботах підвищеної небезпеки.

Результати перевірки знань працівників з питань ОП оформлюються протоколом. Допуск до самостійної роботи дозволяється після вступного інструктажу, навчання, перевірки теоретичних знань, первинного інструктажу на робочому місці, стажування і набуття навичок безпечних методів роботи.

Вступний інструктаж з ТБ проводиться у відділі ОП, первинний - майстром на робочому місці.

Повторний інструктаж проводиться один раз в три місяці майстром дільниці, про що робиться відмітка в журналі. Якщо робітник має суміжну спеціальність, він атестується по основній і суміжній спеціальностях.

Повторне навчання і атестація з ОП проводиться один раз в рік.

Позаплановий інструктаж проводять при порушенні правил безпеки або при нещасному випадку.

Первинний, повторний і позаплановий інструктаж проводить безпосередній керівник робіт (начальник цеху, дільниці, майстер, механік, енергетик).

На підприємстві діє 74 інструкцій з ОП, в інструментальному цеху –36. В механічному цеху розроблені і діють 36 інструкцій з охорони праці, складаються річні, місячні та квартальні плани роботи з охорони праці, карти рівня дотримання правил охорони праці в цеху, оформлюються дошки з ОП, згідно наказу начальника цеху проводяться дні техніки безпеки. Складаються акти, в яких відмічаються виявлені недоліки, встановлюються терміни їх усунення.

Робітники з шкідливими умовами праці проходять атестацію один раз в п'ять років.

Для зменшення дії шкідливих факторів верстати обладнуються козирками, ширмами; у гарячому виробництві, де це можливо, - водяною завісою.

Усі верстатники повинні користуватись захисними окулярами, газо- та електрозварники захисними шоломами, щитками, діелектричними рукавицями, кліщами тощо.

На підприємстві також можуть застосовуватися термічне, електрофізичне, електрохімічне оброблення металів.

До термічного відноситься гартування, азотування, борування, хромування, насичення вуглецем (цементація).

До електрохімічного: електроіскрове, електрофізичне, електроімпульсне, електропроменеве, плазмове, лазерне оброблення і т. д.

Основні небезпечні і шкідливі фактори при цьому:

- підвищений рівень інфрачервоного випромінювання;
- підвищений рівень електромагнітних хвиль;
- небезпечний рівень навантаження в електромережах, підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони та інше.

При цьому виникає небезпека механічного ушкодження робітників, отруєння сильнодіючою отрутою, отримання опіків та ураження електричним струмом.

5.2.2 Організація електробезпеки на машинобудівній дільниці

Причини нещасних випадків, пов'язаних з електричним струмом:

- випадкове торкання до струмопровідних частин, що знаходяться під напругою;
- торкання до неструмопровідних частин обладнання, електроустановок, що випадково були під напругою внаслідок пошкодження ізоляції;
- попадання під напругу під час проведення ремонтних робіт та через помилкове включення вимкненого обладнання;
- крокова напруга на поверхні землі в результаті замикання дроту.

Основні заходи захисту від ураження струму [10]: ізоляція; недоступність струмопровідних частин обладнання; електричне розділення мережі з допомогою спеціальних роздільних трансформаторів; застосування малої напруги (не вище 42В, а в особливо небезпечних приміщеннях - 12В); використання подвійної (робочої і допоміжної) ізоляції; вирівнювання потенціалу; захисне заземлення і занулення; захисне від'єднання; застосування спеціальних електрозахисних засобів; організація безпечної експлуатації електроустановок.

На устаткуванні і комунікаціях наноситься розпізнавальне фарбування і знаки безпеки згідно з вимогами ГОСТ 12.4.026-76, ГОСТ 14202-69.

При проведенні ремонтних робіт слюсарі-електрики огорожують місце роботи і вивішують плакати: "Стій! Напруга", "Працювати тут" тощо. За необхідності огорожуються струмопровідні частини верстатів, приладів, які залишились під напругою.

Проводяться періодичні контрольні випробування захисних засобів слюсарів-електриків:

- діелектричні рукавиці 2 рази в рік;
- діелектричні боти, ізолюючі підставки 1 раз в 3 роки;
- гумові килимки - візуально.

Електробезпека – це система організаційних, технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Випадки ураження людини струмом можливі лише при замиканні електричного кола через тіло людини або іншими способами при торканні людини не менше ніж до двох джерел струму, між якими існує деяка напруга. Небезпечність такого дотику оцінена значенням струму, що проходить через тіло людини, або ж напругою, яка залежить від ряду факторів: схеми вмикання людини в електричне коло, напруги кола, схеми самого кола, режиму його нейтралі, степені ізоляції струмопровідних частин від землі, а також від положення струмопровідних частин відносно землі тощо.

Всі приміщення у цеху згідно ПУЕ поділяються за ступенем ураження людей електричним струмом на три класи: без підвищеної небезпеки, із підвищеною небезпекою та особливо небезпечні.

Приміщення без підвищеної небезпеки - це сухі, безпилкові приміщення з нормальною температурою повітря та ізольованими підлогами, тобто, ті, в яких відсутні умови, притаманні приміщенням з підвищеною небезпекою і особливо небезпечним. Прикладом приміщення без підвищеної небезпеки можуть служити цехи, звичайні конторські приміщення, інструментальні комори, лабораторії, що розміщені в сухих і безпилкових приміщеннях з ізольованими підлогами і нормальною температурою.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю однією із наступних п'яти умов, що утворюють підвищену небезпеку: вологість, коли відносна вологість тривалий час перевищує 75%; високою температурою, коли температура повітря тривалий час (більше доби) перевищує +35°C; струмопровідний пил, коли за умовами виробництва в приміщеннях виділяється струмопровідний технологічний пил в такій кількості, що він осідає на дротах, проникає всередину машин, верстатів і т.д.; струмопровідні підлоги - металеві, земляні, залізобетонні, цегляні і т.д.; можливість одночасного контакту людини з наявним з'єднанням із землею металоконструкцій будівель, технологічних апаратів, механізмів з одного боку до металевих корпусів електрообладнання з іншого. Прикладом приміщень з підвищеною небезпекою можуть слугувати металеві площадки різних будівель з струмопровідними підлогами та складські неопалювані приміщення.

Приміщення особливо небезпечні характеризуються наявністю однією з трьох умов, що створюють особливу небезпеку: особливої сирості, коли відносна вологість повітря близька до 100% (стіни, підлога і предмети, що знаходяться в приміщенні, покриті вологою); такі приміщення називаються особливо сирими; хімічно активним або органічним середовищем, тобто, приміщення, в котрих постійно, або протягом тривалого часу утримуються агрегатні пари, рідини, гази, що утворюють відкладення або плісняву, які мають

руйнуючі дії на ізоляцію і струмопровідні частини електрообладнання; одночасної наявності двох і більше умов, властивих приміщенням з підвищеною небезпекою.

Особливо небезпечні приміщення - це більшість виробничих приміщень, в тому числі всі цехи машинобудівних підприємств, гальванічні цехи, майстерні, а також до них можна віднести ділянки робіт на землі або під відкритим небом.

Основні засоби захисту від враження струмом:

- забезпечення недоступності струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, для випадкового торкання;
- розділення електричного кола;
- ліквідація небезпеки ураження при появі напруги на корпусах, кожухах тощо, що досягається використанням малих напруг, подвійної ізоляції;
- вирівнювання потенціалу;
- захисне заземлення, занулення, захисне від'єднання;
- використання спеціальних електрозахисних засобів – переносних приладів і пристроїв;
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

На виробництві застосовується захисне заземлення: електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмопровідних частин, які можуть виявитись під напругою.

Захисне заземлення призначається для ліквідації небезпеки ураження людей електрострумом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, при замиканні на корпус. Принцип дії захисного заземлення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику та кроку, обумовлених замиканням на корпус.

Робітник-верстатник, приступаючи до роботи, має упевнитись у тому, що електрична частина верстата справна, безпечна в дії, огорожена і тільки після цього приступати до роботи.

Одним із небезпечних факторів ураження струмом є небезпека від статичної електрики. Суть небезпеки статичної електрики полягає в тому, що нейтральні тіла, не проявляючи в нормальному стані електричних

властивостей, в умовах від'ємного контакту або взаємодії стають електрзарядженими. При статичній електризації напруга відносно землі досягає десятків, а іноді і сотень тисяч вольт. Значення струму при явищах статичної електризації складає як правило долі мікрон мікроампера.

Небезпека виникнення статичної електрики проявляється у можливості утворення електричної іскри і шкідливої дії її на організм людини, а також за рахунок дії електричного поля, що виникає навколо заряджених поверхонь.

Основні засоби захисту від статичної електрики в цеху: заземлення обладнання і комунікацій; збільшення поверхневої провідності діелектриків; зволоження навколишнього повітря; іонізація повітря; підбір контактних пар.

5.3 Охорона праці при роботі на металорізальних верстатах

5.3.1 Охорона праці при роботі на фрезерувальних верстатах

При роботі на фрезерувальних верстатах небезпечними факторами є різальний інструмент (торцеві фрези), оброблювані деталі, пристрої для їх закріплення, а також стружка, яка зрізається різальним інструментом.

При порушенні правил експлуатації верстатів, відхиленні від режимів різання, а також при відсутності огорожень можливі поранення верстатника інструментом чи стружкою. Найбільшу небезпеку для фрезерувальників становлять неогорожені дискові і торцеві фрези зі вставними ножами, які використовуються при фрезеруванні на горизонтально- і вертикально-фрезерувальних верстатах, так як закріплені у корпусі ножі можуть вилітати під дією сил різання та відцентрових сил.

Нещасні випадки можуть виникнути при закріпленні деталі чи зніманні її з верстата, коли руки працівника знаходяться близько від неогороженої фрези. Неправильно підібрані або несправні пристрої для кріплення заготовок, особливо з пониженою жорсткістю, якщо в результаті недостатніх сил закріплення підвищують режими різання. Це може призвести до виривання

деталі з пристрою, що може завдати травми працівникові за цим та сусіднім верстатом.

Велику небезпеку для верстатників і тих, хто працює поряд, становить стружка, яка відлітає з великою швидкістю. Окрім цього, стружка має високу температуру (до 400...600°C) і велику кінетичну енергію, тому, попадаючи на відкриті місця тіла і в очі, може травмувати.

При фрезеруванні сірого чавуну, неметалічних матеріалів таких як текстоліт, склотекстоліт у повітрі з'являється багато дрібних частинок - пилинок. При фрезеруванні свинцевистих бронз частинки свинцю можуть попадати у повітря і в легені людини. Тому зменшення або повне видалення таких мікрочастинок із повітря є особливо важливим.

5.3.2 Охорона праці при роботі на свердлувальних верстатах

До основних причин виробничих травм при роботі на свердлувальних верстатах слід віднести недотримання техніки безпеки при використанні різальних інструментів. Велику небезпеку становлять також кінці гладких і тихохідних валів і гвинтів, що виступають, відкриті передачі, деталі, які обертаються і мають різноманітну форму з частинами, що виступають, борштанги з різцями. При роботі на свердлувальних верстатах не завжди вдається відгородити різальний інструмент, тому велику увагу слід приділяти спецодягу. Порвана або не застібнута на всі гудзики одежа, не прибране під головний убір волосся, випущені назовні кінці жіночих хустинок, галстуків можуть бути причиною затягування одягу і частин тіла робітника у зону різання і стати причиною важких травм.

Під час експлуатації свердлильних верстатів, а також при прибиранні робочих місць можливі випадки порізів рук і ніг зливною стружкою. Для того, щоб зменшити виробничий травматизм, зливну стружку при свердлінні необхідно дрібнити. Найбільш простий спосіб дрібнити стружку є метод перервного різання і спеціальна геометрія інструменту.

5.3.3 Охорона праці при роботі на верстатах з ЧПК

При роботі на верстатах з ЧПК особливо небезпечними є рухомі частини верстата. Також небезпечним є можливе ураження електричним струмом. Для попередження нещасних випадків при роботі на таких верстатах важливо витримувати культуру виробництва. Усі небезпечні зони мають бути огорожені, верстатники повинні проходити додатковий інструктаж з техніки безпеки. Електробезпечність при роботі на верстатах з ЧПК має забезпечуватись розміщенням обладнання, ізоляцією електропроводників, заземленням верстатів, блокувальним захистом електрошаф і пультів. Обов'язково має перевірятись надійність дії блокувальних пристроїв, надійність спрацьовування команди "Аварійний стоп", правильність роботи сигналізації і органів керування верстатом.

5.3.4 Вимоги безпечної роботи на верстатах з пристроями

З метою забезпечення надійності закріплення деталей, підвищення точності їх оброблення та продуктивності праці використовують верстатні пристрої. Конструювання і виготовлення їх необхідно проводити з урахуванням безпечних умов експлуатації. Основні вимоги безпеки до конструкцій усіх видів верстатних пристроїв встановлює ГОСТ 12.2.029-88.

Під час роботи на верстатах руки працівника безпосередньо торкаються поверхонь пристрою. Зовнішні елементи їх конструкцій не повинні мати гострих кутів, крайок, що теж є джерелом небезпеки. Радіуси заокруглень і розміри фасок зовнішніх поверхонь мають бути не менше 1мм. Причиною травми можуть стати також частини пристрою, які виступають і обертаються, наприклад, токарні патрони, шпинделі свердлувальних і фрезерувальних верстатів. Це необхідно враховувати при їх проектуванні. Частини пристроїв, що виступають, необхідно закривати кожухами, які захищають їх рухомі частини.

Елементи пристроїв, які виступають за габаритні розміри стола верстата, не повинні бути перепонами у роботі, не повинні перекривати доступ до органів керування верстатом, складати небезпеку при роботі верстатника.

Шорсткість зовнішніх циліндричних поверхонь, які обертаються з великою швидкістю, не повинна бути більше 1,25мкм.

Органи керування пристроями необхідно розміщувати якнайдалі від різального інструменту, щоб уникнути випадкового торкання рук до інструменту при закріпленні деталі.

Конструкція пристрою має забезпечувати безпечність встановлення і знімання заготовок, можливість вільного підходу до установочних елементів. При базуванні деталей в пристрої по площині і оброблених отворах кінці установочних пальців і їх розміщення повинні виключати заїдання при установці на них деталі, так як при цьому можливі випадки травмування. Причиною травм при установці заготовок у пристрої може стати швидка дія гідро- чи пневмо- приводу пристрою. Для попередження цього необхідно, щоб зазор між затискним елементом пристрою і заготовкою був не більше 5мм, тоді у такий зазор не зможе потрапити палець чи рука. Для надійного забезпечення положення заготовки в пристрої у закріпленому стані при аварійному чи випадковому пониженні тиску в пневмосистемі пневмоциліндр під'єднується в пневмосистему через зворотний клапан, або через редукційний вимикач, який вимикає електричний струм, що подається на верстат. Це не дає можливості силами різання виривати деталь з пристрою, що могло б призвести до травм працівників біля верстата чи на ділянці.

Не допускається ремонт і технічне обслуговування верстатних пристроїв під час роботи верстата. Виготовлені, модернізовані і відремонтовані верстатні пристрої при приймальних чи періодичних випробуваннях мають підлягати контролю.

5.3.5 Розрахунок захисного заземлення верстатів

Розробимо пристрій захисного виробничого заземлення, який складається із з'єднаних між собою горизонтальною сталлюю стрічкою і заглиблених у землю вертикальних заземлювачів.

Вихідні дані:

- ґрунт – суглинок;

- заземлювач – кутникова сталь довжиною 3м і шириною 0,06м ($l = 3$ м;
 $b = 0,06$ м);
- ширина сталевій горизонтальній полосі, $b_n = 0,06$ м;
- глибина закладки полоси, $h = 0,95$ м;
- питомий опір ґрунту, $\rho = 140$ Ом·м;
- розміщення заземлювачів – у ряд.

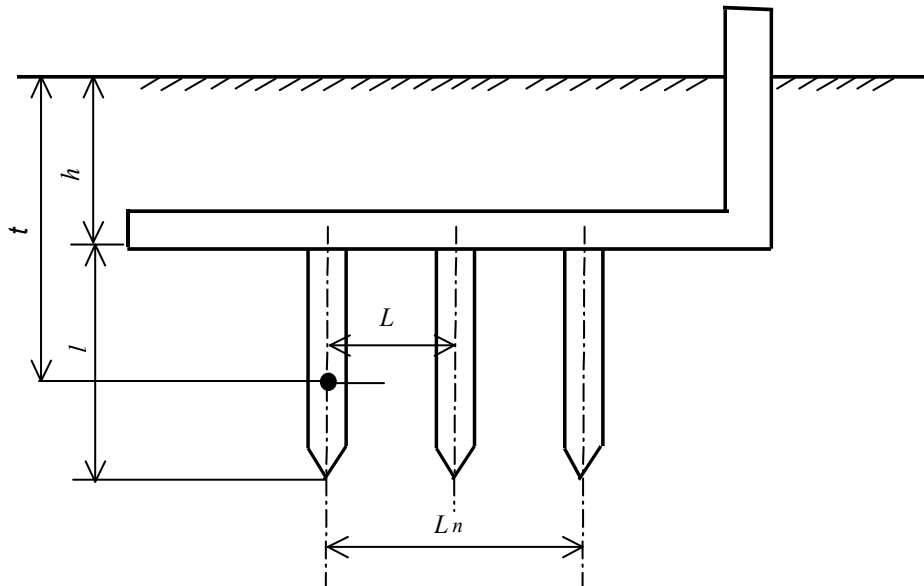


Рисунок 5.1 - Схема розміщення заземлювачів

Визначаємо опір розтіканню електричного струму від одиночного вертикального заземлювача:

$$R_1 = 0,366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{\alpha} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (5.1)$$

де t - глибина до середини вертикального заземлювача, м;

$$t = h + \frac{l}{2} = 0,95 + \frac{3}{2} = 2,45 \text{ м};$$

$$\alpha = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 0,06 = 0,057 \text{ м.}$$

$$\text{Тоді } R_1 = 0,366 \frac{140}{3} \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,057} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,45 + 3}{4 \cdot 2,45 - 3} \right) = 36,9 \text{ Ом.}$$

Так як величина R_1 перевищує максимально допустиму величину опору розтіканню електричного струму всієї системи захисного заземлення ($R_0 = 4 \text{ Ом}$), то визначаємо кількість вертикальних заземлювачів цієї системи заземлення.

Попередньо кількість вертикальних заземлювачів визначаємо за формулою:

$$n \geq \frac{R_1}{2 \cdot R_0}, \quad (5.2)$$

Отже, $n = \frac{36,9}{2 \cdot 4} = 4,6$, приймаємо $n = 5$.

Виходячи із величини n , визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів: $\eta_6 = 0,74$.

Визначаємо загальний опір розтікання електричного струму усіх вертикальних заземлювачів:

$$R_6 = \frac{R_1}{n \cdot \eta_6}, \quad (5.3)$$

$$R_6 = \frac{36,9}{5 \cdot 0,74} = 9,9 \text{ Ом.}$$

Визначаємо довжину полоси, яка з'єднує вертикальні заземлювачі:

$$l_n = 1,05 \cdot L(n - 1), \quad (5.4)$$

де L - віддаль між двома сусідніми вертикальними заземлювачами, м;

$$L = 3 \cdot l = 3 \cdot 3 = 9 \text{ м.}$$

Тоді $l_n = 1,05 \cdot 9(5 - 1) = 37,8 \text{ м.}$

Визначаємо опір розтікання електричного струму з'єднувальної полоси за формулою:

$$R_n = 0,366 \frac{\rho}{l_n} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_n^2}{b_n \cdot h}, \quad (5.5)$$

$$R_n = 0,366 \cdot \frac{140}{37,8} \cdot \lg \frac{2 \cdot 37,8^2}{0,06 \cdot 0,95} = 6,37 \text{ Ом.}$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір розтікання електричного струму, який виникає у системі захисного заземлення:

$$R_p = \frac{R_e \cdot R_n}{R_e \cdot \eta_n + R_n}, \quad (5.6)$$

де η_n - коефіцієнт використання полоси, який враховує взаємне екранування полоси і з'єднаних нею вертикальних заземлювачів, $\eta_n = 0,88$.

Тоді

$$R_p = \frac{9,9 \cdot 6,37}{9,9 \cdot 0,88 + 6,3} = 3,87 \text{ Ом.}$$

Умова $R_p < R_d - 3,87 < 4$ - виконується, отже, даний пристрій відповідає вимогам ПУЕ.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проведений аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «Вал МПТ 1211.010100.19» та на його основі був спроектований вдосконалений варіант технологічного процесу виготовлення із застосуванням верстатів з ЧПК.

При розробленні технологічного процесу було застосовано відповідне обладнання, обґрунтований вибір методу отримання заготовки, розраховані та призначені припуски на оброблення, режими різання призначені аналітичним методом, табличним, а також із застосуванням спеціалізованої комп'ютерної програми, виконане технічне нормування технологічного процесу. Для операції з використанням верстата з ЧПК розроблена керувальна програма.

У конструкторському розділі було спроектовано верстатні пристрої для свердлування 4-х отворів Ø8мм у фланці деталі та для свердлування отвору Ø3мм, вісь якого перпендикулярна осі деталі. Спроектований також пристрій для контролю радіального биття. Проведені розрахунки на точність. Спроектовано також різальний інструмент: різець прохідний збірний.

У дослідницькому розділі наведені результати досліджень зношування свердл зі сталі Р6М5 у залежності від марки МОР. Їх результати рекомендовані для застосування в новому технологічному процесі.

У розділі «Охорона праці» наведені заходи для забезпечення безпечної роботи на машинобудівній дільниці, наведено розрахунок захисного заземлення.

Список використаних джерел

1. Кваліфікаційна робота: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / А. І. Гордєєв В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 40 с.
2. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.
3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
4. Ревнівцев М.П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: Навч. посіб. / М.П.Ревнівцев, Н.П. Паршина. - К.: Видавництво А.С.К., 2006. - 416 с.
6. 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., іл.
7. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.
8. Гордєєв А. І. Урбанюк Є. А., Сілін Р. С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
9. Хімічний енциклопедичний словник. Гол. ред. І. Л. Кнунянц. - К: Радянська енциклопедія, 1983 - 792 с.
10. Охорона праці в галузі машинобудування: навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. - Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с.

ДОДАТКИ

Специфікації до складальних креслеників

Технологічна документація