

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу
ЕУ.8.172.246 з використання верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

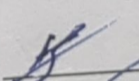
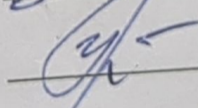
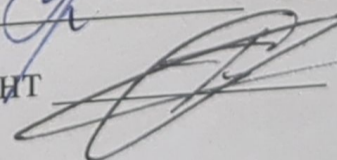
Галузь знань - 13 Механічна інженерія

Спеціальність - 131 Прикладна механіка

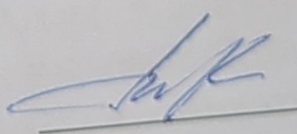
Спеціалізація – Технології машинобудування

Освітня програма - Технології машинобудування

Шифр: КРМ.ПМ.ФІТА.24. 23479

Виконав студент 2-го курсу групи ПМТм-23-1  Максим КИРИЛШИН
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./



“ 2 ” 09 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кирилішину Максиму Миколайовичу
(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЕУ 8.172.246 із застосуванням 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 “ 26 ” 08 2024р.

2. Строк подання студентом роботи до захисту 20 грудня 2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: кресленик деталі з технічними вимогами до її виготовлення; річна програма випуску N=10000 шт./рік; базовий варіант технологічного процесу механічного оброблення деталі; література; завдання на дипломну 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 шліфування площини - 1 аркуш ф.А1; 6. Складальний кресленик пристрою для свердлування отвору Ø9мм - 1 аркуш ф.А1; 7. Складальний кресленик

№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кількість аркушів	Примітка
---------	--------	------------	-------	-------------------	----------

пристрою для контролю відхилення від паралельності поверхонь корпусу - 1 аркуш ф.А2; 9. Кресленик свердла $\varnothing 9_{-0,018}$ - 1 аркуш ф.А3. 10. Дослідницький розділ - 1 аркуш ф.А1.

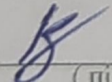
6. Консультанти розділів проекту

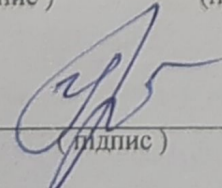
Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної 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 5. Охорона праці.	8.12.24	
4	1. Кресленик деталі - 1 аркуш ф.А2; 2. Кресленик заготовки - 1 аркуш ф.А2.	1.12.24	
5	3. Графотехнологія - 1 аркуш ф.А1; 4. Розрахунково-технологічна карта для верстата з ЧПК - 1 аркуш ф.А1.	8.12.24	
6	5. Складальний кресленик пристрою для шліфування площини - 1 аркуш ф.А1; 6. Складальний кресленик пристрою для свердлування отвору $\varnothing 9_{+0,018}$ - 1 аркуш ф.А1.	12.12.24	
7	7. Складальний кресленик пристрою для контролю відхилення від паралельності поверхонь корпусу - 1 аркуш ф.А2;	14.12.24	
8	8. Кресленик інструменту - 1 аркуш ф.А3; 9. Розділ 4. Дослідницький - 1 аркуш ф.А1;	16.12.24	
9	Загальні висновки. Додатки.	17.12.24	

Студент  Максим КИРИЛІШИН
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Завідувачу кафедри
технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Кирилішина М.М.,
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.

16 грудня 2024р.

Дата


підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

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

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЕУ 8.172.246 із застосуванням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Кирилішин М. М. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2023 по 2023 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за: національною шкалою: відмінно 16,67 %, добре 66,67 %, задовільно 16,67 %. шкалою ЄКТС: А 25,00 %, В 37,50 %, С 31,25 %, D 6,25 %, Е 0,00 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Кирилішин М. М. виконав кваліфікаційну роботу згідно завдання і у встановлені терміни. Вдало виступив на захисті роботи. Підготував матеріал до захисту, який відповідає освітньому рівню магістра. Презентаційне завдання та графічне завдання виконані згідно вимог.

Оцінка дипломного проєкту (роботи)

Керівник дипломного проєкту

добре
Олександр Урбанек
(підпис) (ім'я, прізвище)

" 17 " 12 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

технології машинобудування
(назва)

Віталій Ткачук
(підпис, ім'я, прізвище)

" 20 " 12 2024 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу магістра Кирилішина М.М.

Тема роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЕУ 8.172.246 із застосуванням верстатів з ЧПК

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

2. **Оцінка якості та достовірності проведених досліджень:** Загальний розділ роботи присвячений аналізу об'єкта виробництва, наведена характеристика і технічні вимоги до деталі «Корпус ЕУ 8.172.246», також дана оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі на основі аналізу базового технологічного процесу розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі: наводиться обґрунтування прийнятого методу 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 і контрольний пристрої, які підвищують продуктивність оброблення та контроль точності виконання операцій, а також як інструмент – свердло спіральне із сталі Р6М5.

Дослідницький розділ присвячений підвищенню зносостійкості свердел із швидкорізальної сталі нанесенням багаточарових захисних покриттів шляхом хіміко-термічного оброблення іонним азотуванням.

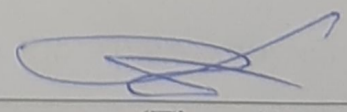
В розділі «Охорона праці» наведені заходи із створення безпечних умов праці та організації штучного освітлення на машинобудівній дільниці, а також заходи з охорони навколишнього середовища.

Зауваження: В кваліфікаційній роботі для складання програм керування верстатами з ЧПК бажано використовувати наявні спеціалізовані комп'ютерні пакети програм.

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

4. **Загальний висновок та оцінка:** Наведені обґрунтування та розрахунки свідчать про достатній рівень підготовки магістранта із фахових дисциплін. Графічна частина роботи виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розрахунково-пояснювальна записка оформлена з дотриманням основних вимог до текстових документів технічних проектів. 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, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЕУ 8.172.246 з використання верстатів з ЧПК

Автор Кирилішин Максим Миколайович

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:

Tue Dec 17 10:40:38 EET 2024, Милько Володимир Володимирович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

The maximum coincidence with one document 6.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 11%

ID: 160439 Title: МКР Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЕУ 8.172.246 із застосуванням верстатів з ЧПК Added in a DB: 2024-12-17 Authors: Кирилішин Максим Миколайович Heads: Урбанюк Є.А., канд.техн. наук, доц. Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	84394	761	14683 (17%)	194 (25%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

17 грудня 2024р.

Завідувач кафедри

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Євген УРБАНИЮК

Ім'я, прізвище

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЕУ 8.172.246 із застосуванням верстатів з ЧПК

Автор: Кирилішин М.М.

Керівник роботи: Урбанюк Є.А.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Обсяг пояснювальної записки 91 с. Графічна частина 5 арк. ф.А1., 3 арк. ф.А2 і 1 арк. ф.А3.

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

Метою роботи є розроблення удосконаленого в порівнянні із базовим варіанту технологічного процесу механічного оброблення корпусу ЕУ 8.172.246 шляхом використання верстатів з ЧПК.

Предмет дослідження: Технологія виготовлення деталі «Корпус ЕУ 8.172.246».

Результати: В загальному розділі кваліфікаційної роботи виконаний аналіз об'єкта виробництва: наведена загальна характеристика деталі «Корпус ЕУ.8.172.246» і проведена оцінка технологічності її виготовлення.

В технологічному розділі виконаний аналіз базового технологічного процесу, проведене обґрунтування методу отримання заготовки, призначені припуски і їх допуски на основні поверхні деталі, розроблений новий варіант технологічного процесу оброблення деталі із використанням верстатів з ЧПК, розроблена керувальна програма для верстата з ЧПК на свердлувальній операції.

В конструкторському розділі спроектовані верстатні пристрої для шліфувальної та свердлувальної операцій, контрольний пристрій, а також різальний інструмент – спіральне свердло.

В дослідницькому розділі розглянуте питання підвищення зносостійкості свердел, виготовлених із швидкорізальної сталі, які широко застосовуються у технологічному процесі виготовлення деталі, нанесенням покриттів із застосуванням комбінованого іонно-плазмового оброблення.

В розділі «Охорона праці» розглянуті питання створення безпечних умов праці на машинобудівній дільниці, на якій планується впровадження нового варіанту технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЕУ.8.172.246», висвітлені особливості організації штучного освітлення на машинобудівній дільниці та заходи з охорони навколишнього середовища.

В додатках надані супровідні матеріали до окремих розділів кваліфікаційної роботи.

Ключові слова: механічне оброблення, технологія, верстат, інструмент, припуск, режим різання, пристрій, зміцнення, охорона праці.

Abstract

Topic of the thesis: Improvement of the technological process of manufacturing the body EY.8.172.246 using CNC machines

Author: Kyrylishyn M.

Head of work: Urbanyuk E.A.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

The volume of the explanatory note is 91 p. Graphic part of 5 sheets. f.A1, 3 sheet. f.A2, and sheet. f.A3.

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 a master's thesis 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 part "Body EY.8.172.246" case using CNC machines.

Subject of the study: Manufacturing technology of the part "Body EY.8.172.246".

Results: In the general section of the qualification work, an analysis of the production object was performed: the general characteristics of the part "Body EY.8.172.246" were given and an assessment of the manufacturability of its manufacture was carried out.

In the technological section, the analysis of the basic technological process was carried out, the justification of the method of obtaining the workpiece was carried out, the allowances and their tolerances on the main surfaces of the part were assigned, a new version of the technological process of processing the part using CNC machines was developed, and a control program was developed for the CNC machine during the drilling operation.

In the design section, machine tools for grinding and drilling operations, a control device, as well as a cutting tool - a spiral drill are designed.

The research section examines the issue of increasing the wear resistance of drills made of high-speed steel, which are widely used in the technological process of manufacturing parts, by applying coatings using combined ion-plasma processing.

In the "Labor safety" section, the issue of creating safe working conditions at the machine-building site, where it is planned to implement a new version of the technological process for the production of the "Body EY.8.172.246" part, features of the organization of artificial lighting at the machine-building site and environmental protection measures are discussed.

The appendices provide supporting materials for individual sections of the qualification work.

Key words: machining, technology, machine tool, tool, allowance, cutting mode, device, strengthening, labor protection.

Зміст

Вступ	9
Розділ 1 Загальний	11
1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної роботи магістра	11
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	12
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	13
1.4 Визначення типу і організаційної форми виробництва.....	17
Розділ 2 Технологічний	18
2.1 Аналіз базового технологічного процесу.....	18
2.2 Вибір методу отримання заготовки та його техніко-економічне обґрунтування.....	18
2.3 Вибір технологічних баз	20
2.4 Обґрунтування вибору варіанту технологічного маршруту оброблення деталі	21
2.5 Розроблення технологічних операцій	28
2.6 Розрахунок і призначення припусків на оброблення	31
2.7 Розрахунок та призначення режимів різання	36
2.8 Розроблення операції 040 Вертикально-свердлувальна з ЧПК	43
2.9 Технічне нормування операцій технологічного процесу	46
Розділ 3 Конструкторський	50

3.1	Проектування верстатних пристроїв для закріплення деталей при механічному обробленні	50
3.1.1	Проектування верстатного пристрою для шліфування площини ...	50
3.1.2	Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору Ø9.	
57		
3.2	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	
63		
3.3	Проектування спірального свердла для оброблення отвору Ø9мм	
65		
	Розділ 4 Дослідницький розділ. Зносостійкість свердел із швидкорізальної сталі після нанесенням багат шарових покрив шляхом хіміко-термічного оброблення	69
	Розділ 5 Охорона праці	
76		
5.1	Створення безпечних умов праці на машинобудівній дільниці	76
5.2	Організація штучного освітлення на машинобудівній дільниці	
83		
5.3	Заходи з охорони навколишнього середовища	
87		
	Загальні висновки.....	90
	Список використаних джерел	91
	Додатки	

Вступ

Машинобудування забезпечує технікою та устаткуванням усі галузі народного господарства України і визначає рівень матеріальної бази суспільства. У зв'язку із цим розвитку машинобудування завжди приділялося і приділяється особливе значення.

Рішення уряду ставлять перед машинобудуванням України все важливіші для його розвитку задачі. Для їх успішного виконання необхідно підвищувати рівень технологічного забезпечення виробництва та кваліфікацію інженерних кадрів та робітників підприємств машинобудування. Технологи машинобудівних підприємств покликані постійно підвищувати ефективність виробництва шляхом вдосконалення технологічних процесів оброблення деталей, використання прогресивних видів обладнання і технологічного оснащення. Доцільність рішень, що приймаються, має підтверджуватись техніко–економічними розрахунками.

Подальший розвиток економіки України буде визначатися підвищенням технологічного рівня народного господарства. Особливо це стосується машинобудування – однієї з провідних галузей народного господарства країни. Тому темпи зростання машинобудування мають бути вищими, ніж промисловості загалом.

Визначальні задачі стоять перед машинобудуванням України на найближчі роки, які мають забезпечити відбудову народного господарства в післявоєнний період. Серед них створення техніки для широкого впровадження високопродуктивних енерго- і металозберігаючих технологій в усіх галузях народного господарства, підвищення технологічного рівня і якості машинобудівної продукції, випуск машин і обладнання для заміни ручної, монотонної, важкої і шкідливої праці, покращення якості металообробного обладнання, в тому числі застосування верстатів з ЧПК, автоматичних маніпуляторів з ЧПК, сучасного технологічного оснащення, засобів автоматизації тощо.

Успішне вирішення зазначених вище проблем пов'язане з підготовкою виробництва, що містить у собі комплекс техніко-економічних, технологічних, організаційних та інших заходів. Складовими машинобудівного виробництва є розроблення і впровадження оптимальних технологічних процесів виготовлення деталей та складання машин. Тому завданням вищої школи є підготовка фахівців з глибокими знаннями і практичними навичками, необхідними для вирішення складних задач з врахуванням конкретних виробничих умов та сучасних досягнень науки і техніки.

Метою виконання кваліфікаційної роботи магістра [1] є систематизація, узагальнення і закріплення знань, отриманих під час навчання в університеті, що сприяє підготовці майбутнього фахівця високого рівня до самостійного вирішення проблемних питань в умовах виробництва. Важлива роль при цьому відводиться розвитку його здатності використовувати отримані знання для виконання конкретних виробничих завдань з розроблення технологічних процесів виготовлення деталей, вибору інструменту, устаткування та

оснащення, обґрунтування економічної доцільності запланованих заходів організації виробництва.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Мета і основні завдання кваліфікаційної роботи магістра

При підготовці до виконання кваліфікаційної роботи під час проходження переддипломної практики був підібраний відповідний матеріал: підібрані та проаналізовані кресленики деталі та заготовки, верстатних та вимірювальних пристроїв, вимірювального та різального інструментів, які використовуються у базовому технологічному процесі виготовлення деталі корпус ЕУ.8.172.246. Ознайомилися також з організацією виробництва, техніко-економічними показниками виготовлення даної деталі на базовому підприємстві.

Основними завданнями кваліфікаційної роботи магістра є розроблення удосконаленого технологічного процесу механічного оброблення корпусу з використанням верстатів з ЧПК, а також автоматизованих і механізованих

пристроїв для механічного оброблення, впровадження більш досконалого різального інструменту з використанням твердих сплавів, що дасть можливість підвищення режимів різання, тим самим скорочення машинного часу оброблення деталі на операціях механічного оброблення. Був проведений також літературний огляд публікацій і джерел з інформацією про застосування прогресивних технологій, конструкцій оснащення, особливостями процесів зношування інструменту тощо з метою використання отриманої інформації для розроблення вдосконаленого технологічного процесу [1].

Виконанні поставлених задач може сприяти зниженню собівартості виготовлення корпусу за рахунок зменшення собівартості виготовлення самої деталі та зниження цехових витрат, де важливим є зниження витрат на заготовку, інструмент та оснащення. Потрібно також врахувати підвищення заробітної плати основних і допоміжних робітників, яких вимагає сьогодення ситуація в економіці України.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Об'єктом виробництва є корпус ЕУ8.172.246, який використовується в електронній апаратурі. На ньому встановлюються основні комплектуючі деталі апаратури. Корпус виготовляється з алюмінію. Особливої точності оброблення і високих показників шорсткості поверхні деталей не потребує, тому в усіх випадках можна передбачити однократне оброблення поверхонь. Деталь не несе великих навантажень, тому як матеріал для виготовлення даної деталі цілком підходить алюмінієвий сплав.

Кресленік деталі з технічними вимогами до її виготовлення представлений на рис. 1.1.

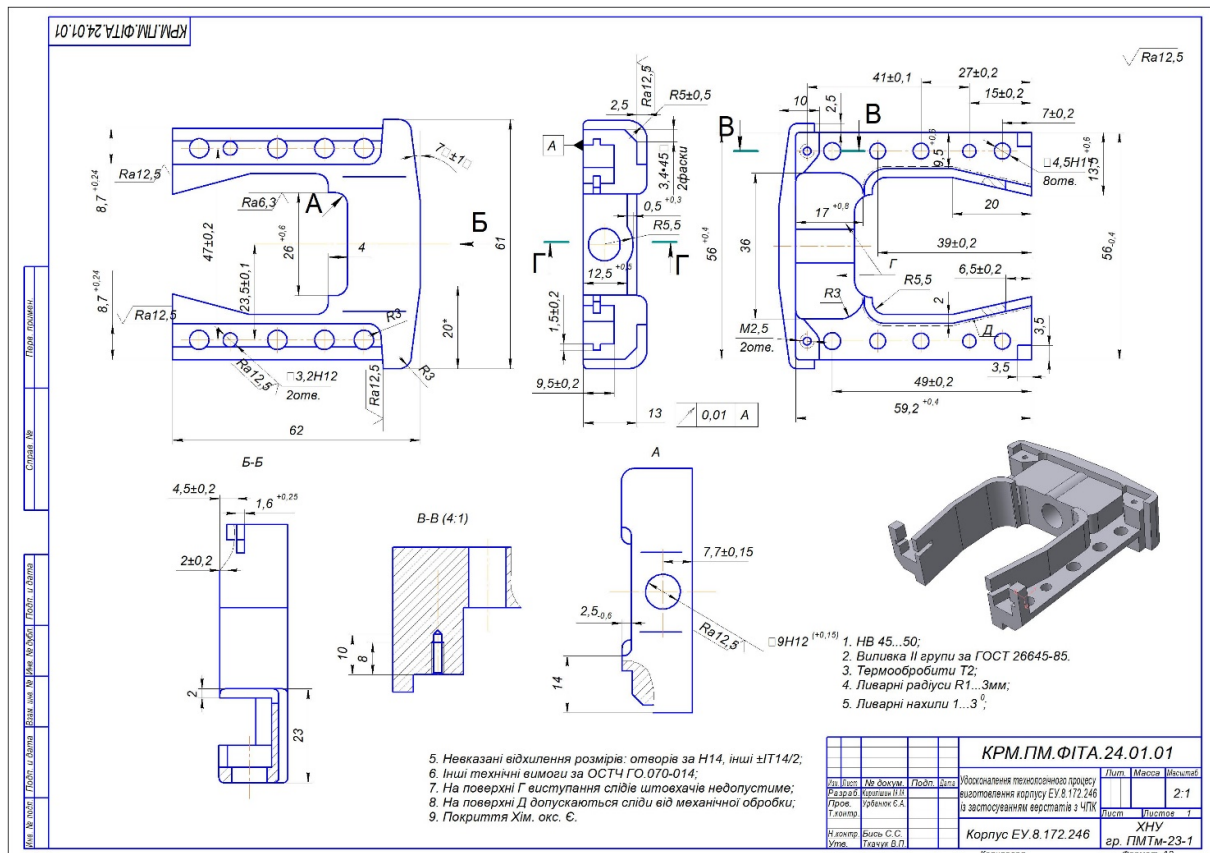


Рисунок 1.1 - Кресленник деталі «Корпус ЕУ.8.172.246»

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Згідно робочого кресленника можна сказати про наявність усіх даних для виготовлення деталі, що їх вимагає ДСТУ 3321:2003 “Правила виконання та оформлення креслень”.

Для виготовлення корпусу використовуємо алюмінієвий ливарний сплав АК-12 ДСТУ 2839-94, що обумовлено конструкцією та призначенням деталі.

Так як до даної деталі не ставляться особливі вимоги щодо її умов роботи, то на поверхні деталі не призначаємо більш високих допусків, ніж ті, що зазначені на кресленнику. Ось тільки на отвори Ø4,5мм призначаємо допуск за 11 квалітетом і шорсткістю Ra12,5мкм, на отвори Ø3,2мм і Ø9мм призначаємо допуск за 12 квалітетом і шорсткістю Ra12,5мкм. Усі інші

поверхні виготовляються за 14 квалітетом із шорсткістю $Ra_{6,3} \mu\text{м}$. По контуру деталь не оброблюється і має шорсткість $R_z 40 \mu\text{м}$, яка отримується під час литва.

Хімічний склад та фізико-механічні властивості сплаву АК-12 ДСТУ 2839-94 наведені в таблицях 1.1 та 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК-12 ДСТУ 2839-94, у %

Марка матеріалу	Al, %	Si, %
Сплав АЛ-2	87...90 (основа)	10...13

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості сплаву АК-12 ДСТУ 2839-94

Марка сплаву	Фізичні властивості			Механічні властивості				
	γ , г/см ³	λ , <u>кал</u> см · с · гр.	$\alpha \cdot 10^6$ ⁰ С ⁻¹	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
АЛ-2	2,65	0,42	21,1	90	150	4	-	50

Розглянувши хімічний склад та фізико-механічні властивості сплаву АК-12 ДСТУ 2839-94, можна зробити висновки, що обрана марка алюмінієвого сплаву придатна для виготовлення даної деталі.

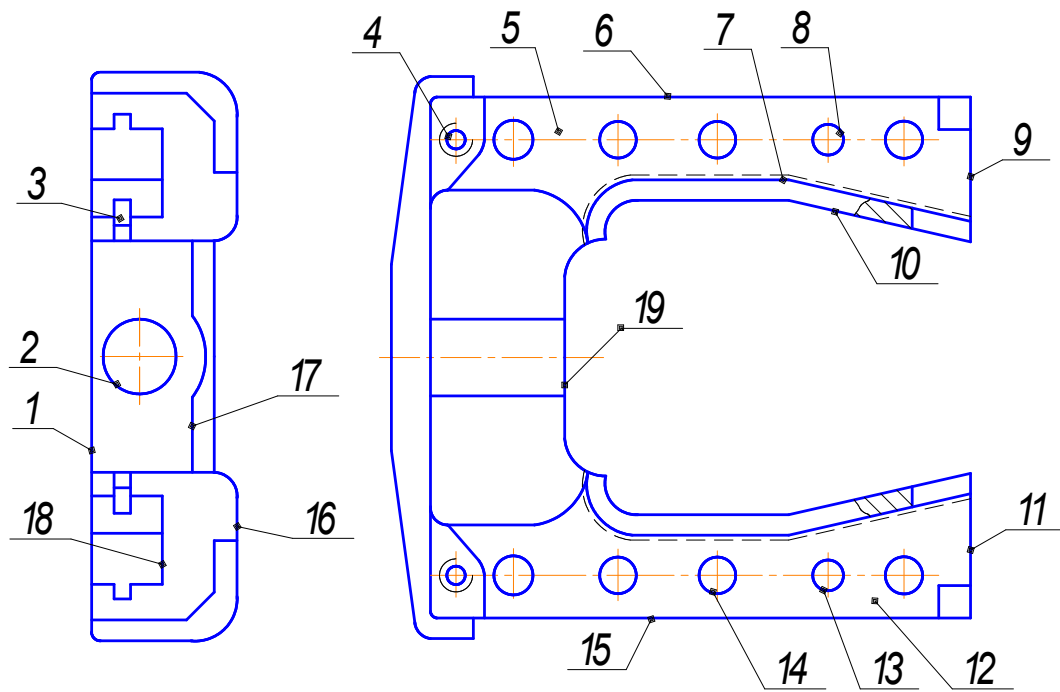


Рисунок 1.2 - Ескіз деталі із вказанням основних поверхнь

Основні елементи корпусу, зображеного на рис. 1.2, та їх характеристики занесені в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Перелік елементів деталі «Корпус ЕУ 8.172.246»

№ з/п	Назва елемента і позиція на рис. 1.1	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм	Призначення поверхні
1	Площина (1)	h14	6,3	Конструктивний елемент, основна поверхня
2	Отвір (2)	H12	12,5	Допоміжна поверхня
3	Паз (3)	H14	12,5	Конструктивний елемент
4	Отвір різьбовий(4)	7H	3,2	Кріпильний елемент
5	Площина (5,12)	h14	12,5	Конструктивний елемент
6	Торець (6,15)	h14	12,5	Конструктивний

				елемент
7	Бокові поверхні (7)	h14	12,5	Конструктивний елемент
8	Отвори (14)	H11	12,5	Конструктивний елемент
9	Отвори (8,13)	H12	12,5	Конструктивний елемент
10	Площина (16,17)	h14	6,3	Конструктивний елемент
11	Паз (18,19)	H14	12,5	Конструктивний елемент
12	Торець (9,11)	h14	12,5	Конструктивний елемент

Для визначення технологічності конструкції деталі проведемо якісний та кількісний її аналіз.

Якісний аналіз.

Дана деталь відноситься до типу корпусних, в основному вона утворена поверхнями простої форми. Загалом деталь є простою і не вимагає застосування складних верстатів чи пристроїв для її виготовлення.

Кількісний аналіз.

Для проведення кількісного аналізу необхідно визначити коефіцієнти точності та шорсткості поверхонь деталі, що виготовляється.

Визначаємо коефіцієнт точності оброблення за формулою

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_{сер}},$$

(1.1)

де $A_{сер}$ – середня точність оброблення яка визначається за формулою

$$A_{\text{сєр}} = (n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}) : \sum_1^{19} n_i,$$

(1.2)

де n_i – число поверхонь деталі відповідно 1...19 квалітетом точності.

$$A_{\text{сєр}} = (7 \cdot 2 + 11 \cdot 8 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 12) : 24 = 12,25,$$

$$K_m = 1 - \frac{1}{12,25} = 0,91.$$

Визначимо коефіцієнт шорсткості деталі за формулою

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{\text{сєр}}},$$

(1.3)

де $B_{\text{сєр}}$ – середня шорсткість поверхонь деталі за параметром Ra , яка визначиться за формулою:

$$B_{\text{сєр}} = (0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_{14}) : \sum_1^{14} n_i,$$

(1.4)

де n_i – число поверхонь, які мають шорсткість, відповідну даному числовому значенню параметру.

$$B_{\text{сєр}} = (3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 3 + 12,5 \cdot 19) : 24 = 10,95,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{10,95} = 0,09.$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою

$$K_{в.м} = \frac{m_d}{m_з},$$

(1.5)

де m_d - маса деталі, $m_d = 0,041$ кг;

$m_з$ - маса заготовки, $m_з = 0,053$ кг;

$$K_{в.м} = \frac{0,041}{0,053} = 0,76.$$

У зв'язку з тим, що інших даних для проведення кількісного аналізу технологічності деталі у нас немає, то можна зробити висновок, що за отриманими даним деталь у виготовленні технологічна.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Згідно [2] тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій за робочими місцями чи одиницею обладнання. Коефіцієнт закріплення операцій визначається за формулою

$$K_{з.о} = \frac{Q}{P_m}, \quad (1.6)$$

де Q – число різноманітних операцій;

P_m - число робочих місць, на яких виконуються дані операції.

Так як технологічний процес розробляється заново, то за відсутності даних тип виробництва і форму організації робіт можна визначити попередньо. Із врахування річної програми випуску деталей ($N = 2000$ шт./рік) та їх маси ($m_d = 0,041$ кг) згідно рекомендації [2] приймаємо дрібносерійний тип виробництва, в якому використовується групова форма організації робіт, при якій верстати встановлюються на ділянці за їх типами.

Висновки до розділу 1.

Визначені об'єкт і мета кваліфікаційної роботи, проведений аналіз технологічності деталі «Корпус», визначений тип виробництва.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес механічного оброблення корпусу розроблений з урахуванням обладнання, яке використовується на підприємстві. В основному це універсальні свердлувальні, фрезерувальні та шліфувальні верстати, універсальні пристрої, стандартний різальний та універсальний вимірювальний інструменти. Як заготовки використовується литво в піщані форми машинного формування, тому велика кількість металу відходить у стружку. Всі ці чинники визначають достатньо високу собівартість виготовлення корпусу.

2.2 Вибір методу отримання заготовки та його техніко-економічне обґрунтування

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки

Оптимальний метод отримання заготовки вибирається на підставі техніко–економічних розрахунків її технологічної собівартості [3].

Порівняємо два методи отримання заготовки:

перший метод – виготовлення заготовки в піщаних формах машинного формування;

другий метод – литво в оболонкові форми.

Вартість заготовки яку отримують литвом визначається за формулою

$$S_{заг} = \left(\frac{S_{баз}}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_d \cdot K_\sigma \cdot K_M \cdot K_n \right) - (Q - q) \frac{S_{від}}{1000}, \quad (2.1)$$

де $S_{\text{баз}}$ - базова вартість 1т заготовок, при литві в піщані форми $S_{\text{баз}} = 20130$ грн, при литві в оболонкові форми $S_{\text{баз}} = 21860$ грн. [3];

K_T, K_d, K_b, K_M, K_P - коефіцієнти, що враховують відповідно точність, групу складності, марку матеріалу та обсяг виробництва заготовок. За даними [3] $K_T = 1,0; K_d = 1,0; K_b = 1,0; K_M = 1,0; K_P = 1,0;$

Q - маса заготовки, при литві в піщані форми $Q = 0,065$ кг, при литві в оболонкові форми $Q = 0,053$ кг;

q - маса деталі, $q = 0,041$ кг;

$S_{\text{відх}}$ - ціна 1т відходів, $S_{\text{відх}} = 5000$ грн, [3].

При литві в піщані форми собівартість отримання заготовки складає

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{20130}{1000} \cdot 0,065 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (0,065 - 0,041) \frac{5000}{1000} = 119 \text{ грн.}$$

При литві в оболонкові форми собівартість отримання заготовки складає

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{21860}{1000} \cdot 0,053 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (0,053 - 0,041) \frac{5000}{1000} = 109 \text{ грн.}$$

Попри те, що більш дешевим є отримання заготовки литвом в оболонкові форми, питання про доцільність вибраного виду отримання заготовки вирішується після розрахунку технологічної собівартості операцій механічного оброблення деталі, так як технологічний процес її оброблення дещо змінюється.

2.2.2 Вибір припусків та допусків на розміри заготовки

Для встановлення попередніх розмірів литої заготовки призначимо згідно ДСТУ припуски на поверхні, що обробляються [3].

Припуск на оброблення паза $26^{+0,6}$: $Z=0,35$ мм;

Припуск на оброблення поверхні Γ в розмір $12,5^{+0,5}$: $Z=0,35$ мм;

Припуск на оброблення поверхонь в розмір $56_{-0,4}$: $2Z=2\cdot 0,45\text{мм}$;

Припуск на оброблення поверхонь в розмір $59,2^{+0,4}$: $2Z=2\cdot 0,45\text{мм}$.

Попередньо визначаємо розміри заготовки литвом в оболонковій формі

$$b_{26} = 26 - 0,35 = 25,65 \text{ мм}; \quad H_{12} = 12,5 + 0,35 = 12,85 \text{ мм};$$

$$B_{56} = 56 + 2 \cdot 0,45 = 56,9 \text{ мм}; \quad L_{59} = 59,2 + 2 \cdot 0,45 = 60,1 \text{ мм}.$$

Допуски на визначені розміри призначаємо за [3]:

$$b_{26} = 25,65^{+0,5} \text{ мм}; \quad H_{12} = 12,85^{+0,5} \text{ мм}; \quad B_{56} = 56,9^{+0,8} \text{ мм}; \quad L_{59} = 60,1^{+0,8} \text{ мм}.$$

2.3 Вибір технологічних баз

При шліфуванні поверхні 1 (див. рис. 1.1) на першій операції заготовка встановлюється в спеціальний пристрій по поверхні 16, яка і буде чорною технологічною базою.

При фрезеруванні пазів 3 заготовка встановлюється в спеціальному затискному пристрої на протилежну поверхню, яка теж буде чорною технологічною базою.

При обробленні площини 18 і отворів поз. 4, 8, 13, 14 заготовка встановлюється в спеціальному пристрої на протилежну попередньо оброблену площину 1, яка буде уже чистою технологічною базою.

При обробленні поверхонь 6, 15, 9, 11 заготовка встановлюється у спеціальному пристрої на площину 1, яка попередньо оброблена і буде чистою технологічною базою.

При обробленні отвору 2 заготовка встановлюється в спеціальному пристрої на поверхні 9 і 11, які будуть чистовими технологічними базами.

2.4 Обґрунтування вибору варіанту технологічного маршруту оброблення деталі

Складемо два варіанти технологічного маршруту оброблення деталі і проведемо оцінку кращого варіанту технологічного маршруту.

Перший варіант	Другий варіант
005 Заготівельна	005 Заготівельна
010 Слюсарна	010 Термічна
015 Контрольна	015 Очищувальна
020 Складальна	020 Плоскошліфувальна
025 Горизонтально-фрезерувальна	025 Горизонтально-фрезерувальна
030 Вертикально-фрезерувальна	030 Вертикально-фрезерувальна
035 Горизонтально-фрезерувальна	035 Вертикально-фрезерувальна з
ЧПК	
040 Вертикально-свердловальна	040 Вертикально-свердловальна з
ЧПК	
045 Вертикально-свердловальна	045 Вертикально-свердловальна
050 Слюсарна	050 Хімічна
055 Контрольна	055 Контрольна
060 Вертикально-свердловальна	
065 Слюсарна	
070 Хімічна	
075 Слюсарна	
080 Контрольна	
085 Складальна	

Критерієм оптимального вибору варіантів технологічного маршруту оброблення є мінімум приведених витрат на одиницю продукції.

Перевіряємо два варіанти оброблення: за *першим варіантом* оброблення площини 1 здійснюється на вертикально-фрезерувальному верстаті мод. 6P13, отвори Ø4,5мм оброблюються на вертикально-свердлувальному верстаті мод. 2Н135. Оброблення отворів під нарізь і нарізання різі М2,5 здійснюється на вертикально-свердлувальному верстаті мод. 2Н135 з ручною зміною інструмента. Оброблення бокових поверхонь здійснюється на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6P80 з перевстановленням заготовки.

За *другим варіантом* оброблення площини 1 здійснюється на плоскошліфувальному верстаті мод. 3Е710А. Оброблення другої площини, деталі по контуру і паза в розмір $26^{+0,6}$ виконується на вертикально-фрезерувальному верстаті з ЧПК мод. 6P11МФ3. Оброблення отворів Ø4мм, отворів під нарізь М2,5 і її нарізання виконується на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2P135Ф2-1. Всі інші операції для обох варіантів технологічного процесу однакові.

Годинні приведені витрати розрахуємо за формулою [2]

$$C_{n.з} = C_з + C_{г.з} + E_n (K_c + K_б), \quad (2.2)$$

де $C_з$ - основна та додаткова заробітна плата;

$C_{г.з}$ - годинні витрати на експлуатацію робочого місця;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,15$ [2];

K_c та $K_б$ - питомі годинні капітальні вкладення відповідно у верстаті та у будівлю.

Основна та додаткова заробітна плата визначається за формулою [2]:

$$C_з = \xi \cdot C_{m.ф} \cdot k \cdot y, \quad (2.3)$$

де ξ - коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату, $\xi = 1,53$;

k - коефіцієнт, що враховує заробітну плату налагоджувальника, $k=1,0$;

$C_{т.ф.}$ - годинна тарифна ставка верстатника відповідного розряду;

y - коефіцієнт, який враховує оплату робітника при багатOVERSTATному обслуговуванні, $y = 1,0$.

Годинні витрати на експлуатацію робочого місця

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{б.п} \cdot k_M, \quad (2.4)$$

де $C_{ч.з}^{б.п}$ - годинні витрати на базовому робочому місці, $C_{ч.з}^{б.п} = 36,3$ грн. [2].

k_M - коефіцієнт, який показує, в скільки разів витрати, пов'язані з роботою даного верстата більші, ніж аналогічні витрати у базового верстата.

Питомі годинні вкладення у верстат визначаємо за формулою:

$$k_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3}, \quad (2.5)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_d = 4015$ год, [2];

η_3 – коефіцієнт завантаження верстата;

$Ц$ – балансова вартість верстата, $Ц = 1,1C$, (2.6)

де C – ціна верстата.

Питомі годинні вкладення в будівлю визначаємо за формулою

$$k_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3}, \quad (2.7)$$

де F – виробнича площа, яку займає верстат. Π визначаємо за формулою:

$$F = f \cdot k_f, \quad (2.8)$$

де f - площа верстата в плані;

k_f - коефіцієнт, який враховує додаткову виробничу площу [2].

Перший варіант: верстат мод. 6P13: $C=33400$ грн; $\Pi=36740$ грн; $C_{Т.Ф.}= 61$ грн.; $K_M = 1,3$; $F_d = 4015$ год; $\eta_3 = 0,85$; $f = 2,56 \times 2,34 = 5,99 \text{ м}^2$; $k_f = 3,0$; $F = 5,99 \times 3,0 = 17,97 \text{ м}^2$; $T_{шт.} = 3,74$ хв.

$$C_3 = 61 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 93,33 \text{ грн.};$$

$$C_{ч.з} = 36,3 \cdot 1,3 = 47,19 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{3674 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 107,65 \text{ грн.}; \quad K_{\sigma} = \frac{17,97 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 41,28 \text{ грн.};$$

$$C_{n.з} = 93,33 + 47,19 + 0,15 \cdot (107,65 + 41,28) = 162,86 \text{ грн.}$$

$$C_0 = \frac{3,74 \cdot 162,86}{60 \cdot 1,3} = 7,8 \text{ грн.}$$

Верстат мод 2H135: $C = 1610$ грн; $\Pi = 1771$ грн; $C_{Т.Ф.} = 61$ грн.; $K_M = 0,7$; $F_d = 4015$ год; $\eta_3 = 0,85$; $f = 1,24 \times 0,81 = 1,0 \text{ м}^2$; $k_f = 4,0$; $F = 1,0 \times 4,0 = 4,0 \text{ м}^2$; $T_{шт.} = 23,84$ хв.

$$C_3 = 61 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 93,33 \text{ грн.}; \quad C_{ч.з} = 36,3 \cdot 0,7 = 26,41 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{1771 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 51,89 \text{ грн.}; \quad K_{\sigma} = \frac{4,0 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 9,19 \text{ грн.};$$

$$C_{n.з} = 93,33 + 26,41 + 0,15 \cdot (51,89 + 9,19) = 131,49 \text{ грн.}$$

$$C_0 = \frac{131,49 \cdot 23,84}{60 \cdot 1,3} = 40,19 \text{ грн.}$$

Верстат мод 2Н135: $C = 1610$ грн; $\Pi = 1771$ грн; $C_{\text{т.ф.}} = 61$ грн.; $K_M = 0,7$;
 $F_d = 4015$ год; $\eta_3 = 0,85$; $f = 1,24 \times 0,81 = 1,0$ м²; $k_f = 4,0$; $F = 1,0 \times 4,0 = 4,0$
 м²; $T_{\text{шт.}} = 7,84$ хв.

$$C_3 = 61 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 93,33 \text{ грн.}; \quad C_{\text{ч.з}} = 36,3 \cdot 0,7 = 26,41 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{1771 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 51,89 \text{ грн.}; \quad K_o = \frac{4,0 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 9,19 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{н.з}} = 93,33 + 26,41 + 0,15 \cdot (51,89 + 26,41) = 131,49 \text{ грн.}$$

$$C_0 = \frac{131,49 \cdot 7,84}{60 \cdot 1,3} = 13,22 \text{ грн.}$$

Верстат мод. 6P80: $C = 4600$ грн; $\Pi = 5060$ грн; $C_{\text{т.ф.}} = 61$ грн.; $K_M = 1,6$;
 $F_d = 4015$ год; $\eta_3 = 0,85$; $f = 2,68 \times 2,14 = 5,73$ м²; $k_f = 3,5$; $F = 5,73 \times 3,5 =$
 $20,07$ м²; $T_{\text{шт.}} = 12,84$ хв.

$$C_3 = 61 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 93,33 \text{ грн.}; \quad C_{\text{ч.з}} = 36,3 \cdot 0,7 = 26,41 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{5060 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 148,26 \text{ грн.}; \quad K_o = \frac{20,07 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 46,1 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{н.з}} = 93,33 + 26,41 + 0,15 \cdot (148,26 + 46,1) = 148,89 \text{ грн.}$$

$$C_0 = \frac{148,89 \cdot 12,84}{60 \cdot 1,3} = 19,91 \text{ грн.}$$

Другий варіант:

верстат мод. 3E710A: $C=13000$ грн; $\Pi=14300$ грн; $C_{Т.Ф.}= 61$ грн.; $K_M=1,6$; $F_d = 4015$ год; $\eta_3 = 0,85$; $f=2,77 \times 1,45=4,0$ м²; $k_f= 4,0$; $F=4,0 \times 4,0=16$ м²; $T_{шт}= 2,84$ хв.

$$C_3 = 61 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 93,33 \text{ грн.}; \quad C_{у.з} = 36,3 \cdot 1,2 = 43,56 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{14300 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 419,0 \text{ грн.}; \quad K_{\sigma} = \frac{16 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 36,75 \text{ грн.};$$

$$C_{n.з} = 93,33 + 43,56 + 0,15 \cdot (419,0 + 36,75) = 205,25 \text{ грн.}$$

$$C_0 = \frac{2,84 \cdot 205,25}{60 \cdot 1,3} = 7,47 \text{ грн.}$$

Верстат мод. 6P11MФ3: $C = 50000$ грн; $\Pi = 55000$ грн; $C_{Т.Ф.}= 61$ грн.; $K_M = 1,2$; $F_d = 4015$ год; $\eta = 0,85$; $f= 1,72 \times 2,56 = 4,4$ м²; $k_f = 2,5$; $F = 4,4 \times 4,0 = 19,37$ м²; $T_{шт} = 6,72$ хв.

$$C_3 = 61 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 93,33 \text{ грн.}; \quad C_{у.з} = 36,3 \cdot 1,2 = 43,56 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{55000 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 161,16 \text{ грн.}; \quad K_{\sigma} = \frac{19,37 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 44,49 \text{ грн.};$$

$$C_{n.з} = 93,33 + 43,56 + 0,15 \cdot (161,16 + 44,49) = 167,74 \text{ грн.}$$

$$C_0 = \frac{6,72 \cdot 167,74}{60 \cdot 1,3} = 14,45 \text{ грн.}$$

Верстат мод. 2P135Ф2 – 1: $C=127000$ грн; $\Pi=139700$ грн; $C_{Т.Ф.}= 61$ грн.; $K_M = 1,21$; $F_d = 4015$ год; $\eta = 0,85$; $f=1,86 \times 2,17=4,03$ м²; $k_f= 3,5$; $F = 4,03 \times 3,5 = 14,12$ м²; $T_{шт} = 2,84$ хв.

$$C_3 = 61 \cdot 1,53 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 93,33 \text{ грн.}; \quad C_{у.з} = 36,3 \cdot 0,7 = 26,41 \text{ грн.};$$

$$K_c = \frac{139700 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 409 \text{ грн.}; \quad K_{\sigma} = \frac{14,12 \cdot 78,4 \cdot 100}{4015 \cdot 0,85} = 32,43 \text{ грн.};$$

$$C_{n.з} = 93,33 + 26,41 + 0,15 \cdot (409 + 32,43) = 185,95 \text{ грн.}$$

$$C_0 = \frac{185,95 \cdot 2,84}{60 \cdot 1,3} = 6,77 \text{ грн.}$$

Отримані розрахунки з урахуванням вартості отримання заготовки зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Варіанти технологічного маршруту оброблення деталі

Найменування позиції	Варіанти	
	Перший	другий
Вартість отримання заготовок, грн.	Литво в піщані форми 119	Литво в оболонкові форми 109
Операція 1	Оброблення площин 1 на вертикально- фрезерувальному верстаті мод. 6P13	Оброблення площин 1 на плоскошліфувальному верстаті мод. 3E710A
Технологічна собівартість оброблення, грн.	7,8	7,47
Операція 2	Оброблення отворів під нарізь і нарізання різі на вертикально- свердлувальному верстаті мод. 2H135	Оброблення отворів, отворів під нарізь і нарізання різі на вертикально- свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2P135Ф2–1
Технологічна собівартість оброблення, грн.	13,22	6,77
Операція 3	Оброблення отворів на вертикально- свердлувальному верстаті мод. 2H135	
Технологічна		

собівартість оброблення, грн.	40,19	-
Операція 4	Оброблення деталі з чотирьох сторін з перевстановленням на горизонтально-фрезерному верстаті мод. 6P80	Оброблення деталі з чотирьох сторін на горизонтально-фрезерному верстаті з ЧПК мод.6P11MФ3
Технологічна собівартість оброблення, грн.	199,1	144,5
Технологічна собівартість за варіантами, грн.	379,31	267,74

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = \frac{(C_0'' - C_0') \cdot N}{100}, \quad (2.9)$$

$$E_p = \frac{(379,31 - 267,74) \cdot 2000}{100} = 2231,4 \text{ грн.}$$

Як видно із проведених розрахунків, другий варіант виготовлення деталей більш вигідний. Його і приймаємо для детального розроблення.

2.5 Розроблення технологічних операцій [2]

Оброблення площини 1 корпусу здійснюється на плоскошліфувальній операції. Це дає можливість отримати чистову технологічну базу для подальшого оброблення заготовки.

Оброблення протилежної площини та контуру деталі здійснюється на вертикально-фрезерувальному верстаті з ЧПК, що дає можливість обробити з однієї установки максимальну кількість зовнішніх поверхонь, чим досягається більша точність виготовлення деталі.

Оброблення гладких отворів та отворів з нарізю здійснюється на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК.

План оброблення окремих поверхонь наводимо в таблиці 2.2 з посиланнями до рис. 1.1.

Таблиця 2.2 – План оброблення окремих поверхонь деталі

№ поверхонь	Квалітет точності	Шорсткість	План оброблення поверхні
1	h14	6,3	Шліфувати одноразово
2	H12	12,5	Свердлувати
3	H14	12,5	Фрезерувати
4	7H	3,2	Свердлувати, нарізати різь
6,15	H14	12,5	Фрезерувати
7,10	h14	12,5	Фрезерувати
8,13	H12	12,5	Свердлувати
9,11	h14	12,5	Фрезерувати

Розроблення операцій механічного оброблення зведемо у таблицю 2.3 з вказанням операцій, переходів, обладнання, що використовується, пристроїв, різального та вимірювального інструменту.

Таблиця 2.3 – Розроблення технологічних операцій механічного оброблення

Номер та назва операцій і переходів	Обладнання	Пристрій	Різальний інструмент	Вимірний інструмент
005 Ливарна				
010 Термообробна				
015 Очищувальна				
020 Плоскошліфувальна А. 1. Шліфувати площину 1	Плоскошліфувальний мод. 3E710A	Пристрій спеціальний	Круг шліфувальний	Штангенциркуль ЩЦ-I, 0-125
025 Горизонтально-фрезерувальна А. 1. Фрезерувати пази 3.	Горизонтально-фрезерувальний верстат мод. 6P82Г	Пристрій спеціальний	Фреза дискова P6M5	Шаблон
030 Вертикально-фрезерувальна А. 1. Фрезерувати, витримуючи радіус R5,5	Вертикально-фрезерувальний верстат мод. 6P12	Пристрій спеціальний	Фреза кінцева P6M5	Штангенциркуль ЩЦ-I, 0-125
035 Вертикально-фрезерувальна з ЧПК 1. Фрезерувати по контуру поверхні 6,9,10,19,11,15	Вертикально-фрезерувальний з ЧПК мод. 6P11MФ3.	Пристрій спеціальний	Фреза кінцева Ø11мм, P6M5	Штангенциркуль ЩЦ-I, 0-125
040 Вертикально-свердловальна з ЧПК А. 1.Свердловати 2	Вертикально-свердловальний з ЧПК мод. 2P135Ф2	Пристрій кондукторний	1.Свердла P6M5 2.Мітчик P6M5	Калібр-пробка Калібр-пробка

отвори під нарізь. 2. Нарізати нарізь в 2 отворах 4. 3. Свердлувати 2 отвори 8,13 4.Свердлити 8 отворів 14				різьбова
045 Вертикально-свердлувальна А. 1.Свердлувати отвір 2	Вертикально-свердлувальний мод. 2P135	Пристрій кондукторний	Свердло Р6М5	Штангенциркуль ЩЦ-І, 0-125

2.6 Розрахунок і призначення припусків на оброблення [4]

2.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на оброблення поверхні в розмір 59,2+0,4

Заготовка – литво в оболонковій формі, встановлення деталі в спеціальному пристрої.

Мінімальний розрахунковий припуск визначаємо за формулою

$$Z_{\min} = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma} + \varepsilon_i, \quad (2.10)$$

де $R_{Z_{i-1}}$ - висота мікронерівностей, досягнута на попередній операції;

h_{i-1} - глибина дефектного шару, досягнута на попередній операції;

Δ_{Σ} - геометрична сума просторових відхилень на попередній операції;

ε_{yi} - похибка установки на операції, що виконується.

Вихідні дані для розрахунку припусків вибираємо за методикою [4] і їх значення заносимо до таблиці 2.4.

Геометрична сума просторових відхилень визначається за формулою:

$$\Delta = \Delta_{кор}, \quad (2.11)$$

де $\Delta_{кор}$ - величина короблення поверхні заготовки, визначається за формулою:

$$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L, \quad (2.12)$$

тут Δ_k - питоме короблення відливки, $\Delta_k = 1 \text{ мкм/мм}$ [4];

L - найбільший розмір заготовки, $L=59,2 \text{ мм}$ (за креслеником).

Тоді за формулою (2.12) маємо $\Delta = 1 \cdot 59,2 = 59,2 \text{ мкм}$.

Похибка установки при встановленні заготовки на опорні пластини становить $\varepsilon_y = 60 \text{ мкм}$ [4].

Визначимо величину припусків на шліфування одноразове:

$$Z_{\min} = 40 + 100 + 59,2 + 60 = 259,2 \text{ мкм};$$

Визначимо загальні припуски на оброблення визначимо за формулами:

$$Z_{\max 3} = \sum Z_{\max}, \quad (2.13)$$

$$Z_{\min 3} = \sum Z_{\min}. \quad (2.14)$$

$$Z_{\max 3} = 1,1 \text{ мм}; \quad Z_{\min 3} = 0,3 \text{ мм}.$$

Проведемо перевірку вірності визначення числових значень припусків:

$$Z_{\max 3} - Z_{\min 3} = IT_3 - IT_\delta, \quad (2.15)$$

$$1,1 - 0,3 = 1,2 - 0,4, \quad 0,8 = 0,8.$$

Отже, значення припусків визначені вірно.

Визначимо номінальний припуск за формулою:

$$Z_{o.ном} = Z_{o.min} + eiL_3 - eiL_d, \quad (2.16)$$

тут eiL_3 і eiL_d - нижнє відхилення заготовки і деталі відповідно, $eiL_3 = 0,5$ мм; $eiL_d = 0$.

$$Z_{o.ном} = 0,3 + 0,5 - 0 = 0,8 \text{ мм.}$$

Визначимо номінальний розмір заготовки за формулою:

$$L_{3.ном} = L_{d.ном} + Z_{o.ном}, \quad (2.17)$$

де $L_{d.ном}$ - номінальний розмір деталі, $L_{d.ном} = 59,2$ мм.

$$L_{3.ном} = 59,2 + 0,8 = 60 \text{ мм.}$$

Тоді розмір заготовки буде $D_3 = 60^{+0,7}_{-0,5}$ мм.

Таблиця 2.4 – Результати аналітичного розрахунку припусків на розмір $59,2^{+0,4}$

Найменування операції, переходу	Елементи припуску, мкм				Розрах. прип., Z_{min} , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск IT, мкм	Граничні розміри, мм		Гран. знач. припусків, мм	
	Rz	h_{i-1}	$\Delta\Sigma_{i-1}$	$\varepsilon_{y i}$				min	max	Z_{min}	Z_{max}
	$i-1$										
Заготовка	40	100	59,2	-	-	59,459	1200	59,5	60,7	-	-
Фрезерувати одноразово	25	25	-	60	259,2	59,2	400	59,2	59,6	0,3	1,1

Будуємо схему розташування полів припусків, допусків та граничних розмірів заготовки (див рис. 2.1).

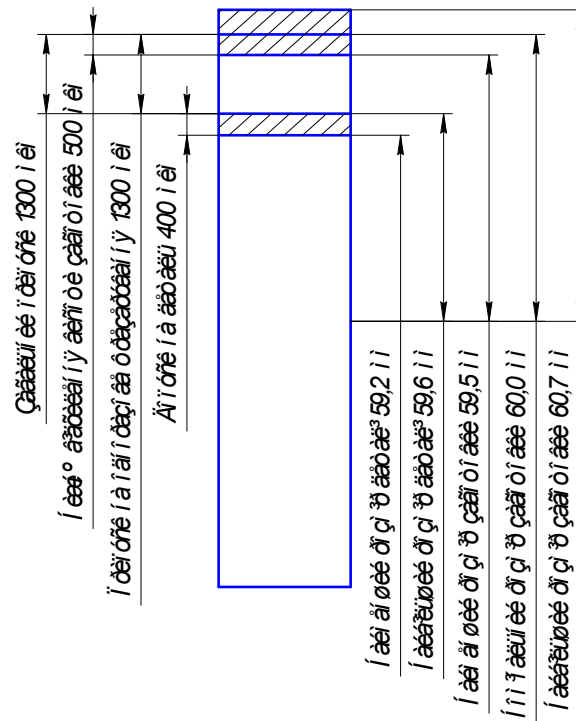


Рисунок 2.1 - Схема розташування полів припусків та допусків

2.6.2 Розрахунок припусків з використанням комп'ютерної програми «Припуск»

Вихідні дані:

Виконавчий розмір:

номінальне значення, мм	17.50
верхнє відхилення, мм	+0.215
нижнє відхилення, мм	-0.215

Тип поверхні, що оброблюється:

послідовне оброблення протилежних площин

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку:

Елементи припуску	Розр. прип.	Розр. розм.	Доп. IT,	Гран.розм., мм	Гран.прип., мм

Rz	h	Δ	ε	Zmin	mm	мкм	Bmin	Bmax	Zmin	Zmax
40	100	61			17.547	700	17.547	18.247		
25	25	0	61	262	17.285	430	17.285	17.715	262	532
Всього:									262	532

Вихідні дані:

Виконавчий розмір:

номінальне значення, мм . . . 12.50
верхнє відхилення, мм +0.5000
нижнє відхилення, мм 0.0000

Тип поверхні, що оброблюється:

послідовне оброблення протилежних площин

Таблиця 2.6 - Результати розрахунку:

Елементи припуску		Розр.	РОЗР.	Доп.	Гран.розм., мм	Гран.прип., мм				
-----		прип.	розм.	IT,	-----		-----			
Rz	T	Δ	ε	Zmin	mm	мкм	Lmin	Lmax	Zmin	Zmax

40	100	36			12.712	700	12.712	13.412		
25	25	0	36	212	12.5	500	12.5	13.0	212	412
Всього:									212	412

Роботу виконав студент гр. ПМТм-23-1 Максим Кирилішин

2.6.3 Визначення припусків на всі інші поверхні табличним методом

Припуски на інші поверхні визначаємо за даними [4] і зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунок припусків табличним методом

Поверхня	Розмір, мм	Припуски в мм методом		Допуск, мм
		Табличним	розрахунковим	
Площина	12,5+0,5	0,5	0,412	±0,4
	17,5±0,215	0,5	0,532	±0,4
Бокові	56-0,4	0,6	1,1	±0,5

поверхні				
Торці	59,2+0,4	0,6	1,1	±0,5

2.7 Розрахунок та призначення режимів різання

2.7.1 Розрахунок режимів різання [5]

2.7.1.1 Аналітичний розрахунок режимів різання при фрезеруванні поверхонь деталі по контуру

Розрахуємо режими різання на операцію 035 вертикально-фрезерувальну з ЧПК. Зміст операції - фрезерування поверхні по контуру одноразово.

Матеріал заготовки – алюмінієвий сплав АЛ-2, НВ50; верстат вертикально-фрезерувальний з ЧПК мод. 6Р11МФ3.

Вибираємо різальний інструмент: приймаємо кінцеву фрезу Ø11 з конічним хвостовиком. Конструктивні параметри фрези: матеріал різальної частини – сталь швидкорізальна Р6М5; матеріал хвостовика – сталь 50; довжина фрези $L=92$ мм, довжина різальної частини $l=22$ мм, число зубців $z=4$, хвостовик - конус Морзе №1 [6].

Геометричні параметри фрези наступні: $\gamma=200$; $\alpha=200$; $\alpha_1=80$; $\omega=350$ [6].

Глибина різання $t=1,1$ мм.

За рекомендаціями [85] подачу на зуб фрези слід вибрати в межах $s_z = 0,06\dots 0,1$ мм/зуб. Приймаємо $s_z = 0,1$ мм/зуб.

Період стійкості фрези $T = 80$ хв. [5].

Визначаємо швидкість різання, яка допустима різальними властивостями фрези, за формулою

$$V_{\text{різ}} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot S_z^{Y_v} \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (2.18)$$

де C_v - коефіцієнт, $C_v = 46,7$ [5];

x_v, y_v, m, u, p - показники степені, $q=0,45$; $x_v=0,5$; $y_v=0,5$; $m=0,33$; $u=0,1$; $p=0,1$ [8].

K_v - загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, що визначається за формулою:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (2.19)$$

де K_{Mv} - коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки, $K_{Mv}=1,0$ [5];

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

K_{iv} - коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту, $K_{iv}=1,0$ [5].

$$K_v = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,9,$$

Тоді,
$$V_{\text{різ}} = \frac{46,7 \cdot 11^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 1,1^{0,5} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 15^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,9 = 60,4 \text{ м/хв.}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя, яка відповідає розрахованій швидкості різання, за формулою:

$$n_{\text{ун}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.20)$$

$$n_{\text{ун}} = \frac{1000 \cdot 60,4}{3,14 \cdot 11} = 1748,9 \text{ хв}^{-1}.$$

За паспортом верстата приймемо $n_{\text{ун}} = 1600 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання визначиться за формулою:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \quad (2.21)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 1600}{1000} = 55,2 \text{ м/хв.}$$

Потужність, яка витрачається на різання визначиться за формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V_d}{60 \cdot 1020}, \quad (2.22)$$

де P_z - сила різання, яка визначиться за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_{M_p}, \quad (2.23)$$

тут $C_{PZ} = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $\omega = 0$ [5].

K_{mp} - загальний поправковий коефіцієнт на силу різання, $K_{mp} = 1,0$ [5].

Тоді,
$$P_Z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,1^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 15^{1,0} \cdot 4}{11^{0,86}} \cdot 1,0 = 1068 \text{ Н.}$$

Отже,
$$N_{piz} = \frac{1068 \cdot 55,2}{60 \cdot 1020} = 0,96 \text{ кВт.}$$

Перевіримо за умовою $N_{piz} \leq N_{ун}$, чи відповідає умовам різання потужність приводу верстата.

Потужність на шпинделі верстата визначається за формулою

$$N_{ун} = N_{дв} \cdot \eta, \quad (2.24)$$

де $N_{дв}$ - потужність двигуна верстата мод. 6P11MФ3, $N_{дв} = 7,8 \text{ кВт}$;

η - коефіцієнт корисної дії приводу верстата, $\eta = 0,8$.

$$N_{ун} = 7,8 \cdot 0,8 = 6,24 \text{ кВт.}$$

Оброблення можливе, так як $N_{piz} \leq N_{ун}$, тобто, $0,96 < 6,24$.

Основний час на оброблення визначимо за формулою

$$t_o = \frac{L}{s_{хв}}, \quad (2.25)$$

де $s_{хв}$ - хвилинна подача, яка визначається за формулою:

$$s_{хв} = n \cdot s_z \cdot z = 1600 \cdot 0,1 \cdot 4 = 640 \text{ мм/хв.} \quad (2.26)$$

Приймаємо $s_{хв} = 630 \text{ мм/хв.}$

Дійсна подача на зуб фрези

$$s_z = \frac{s_{хв}}{n \cdot z} = \frac{630}{1600 \cdot 4} = 0,098 \text{ мм/зуб.} \quad (2.27)$$

де L - довжина робочого ходу, що визначається як

$$L = y + l + \Delta, \quad (2.28)$$

де y - величина врізання фрези,
$$y = \frac{D}{2} = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ мм;} \quad (2.29)$$

l - довжина оброблюваної поверхні, $l = 308 \text{ мм}$;

Δ - величина перебігу різця, $\Delta = 3 \text{ мм}$.

Тоді, $L = 5,5 + 308 + 3 = 316,5$ мм.

$$T_0 = \frac{316,5}{630} = 0,502 \text{ хв.}$$

2.7.1.2 Розрахунок режимів різання при свердлуванні отвору $\varnothing 9$ мм

Визначаємо режими різання на операцію 045 - свердлувати отвір $\varnothing 9$ мм. Матеріал заготовки – алюміній АК-12, НВ50. Верстат: вертикально-свердлувальний мод. 2Р135.

Вибираємо різальний інструмент і призначаємо його конструктивні та геометричні параметри: приймаємо свердло спіральне циліндричне діаметром $\varnothing 9$ мм із швидкорізальної сталі Р6М5 з нормальним підточуванням та конічним хвостовиком загальною довжиною 140мм і довжиною робочої частини 55мм [6].

Геометричні параметри: $2\varphi=118^{\circ}$; $\psi=55^{\circ}$; $\alpha=12^{\circ}$; $\omega=30^{\circ}$ [6].

Режими різання:

глибина різання $t = 4,5$ мм;

подача на оберт інструменту за даними [5] $s_o = 0,36 \dots 0,45$ мм/об.шп., приймаємо $s_o = 0,4$ мм/об;

період стійкості свердла $T = 35$ хв. [5].

Швидкість різання, яка допускається різальними властивостями інструменту, визначиться за формулою

$$V = \frac{C_V \cdot D^{q_V}}{T^m \cdot S^{Y_V}} \cdot K_V, \quad (2.30)$$

де $C_V = 40,7$; $q_V = 0,25$; $m = 0,125$; $Y_V = 0,4$ [5].

$$V = \frac{40,7 \cdot 9^{0,25}}{35^{0,125} \cdot 0,4^{0,4}} \cdot 0,9 = 58,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя $n = \frac{1000 \cdot 58,6}{3,14 \cdot 9} = 2075 \text{ хв}^{-1}$.

За паспортом верстата маємо лише $n_g = 1400 \text{ хв}^{-1}$.

$$\text{Тому } V_d = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 1400}{1000} = 39,5 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент при свердлуванні визначиться за формулою

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_p \quad (2.31)$$

де $C_M = 0,005$; $q_M = 2,0$; $y_M = 0,8$ [5].

Тоді крутний момент $M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 9^{2,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,0 = 1,95 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Потужність, що потрібна на різання визначиться як

$$N = \frac{M \cdot n}{9750}, \quad (2.32)$$

$$N = \frac{1,95 \cdot 1400}{9750} = 0,27 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата 2Р135 при $N_\delta = 4,5 \text{ кВт}$ і $\eta = 0,8$,

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

Обробка можлива, так як $N_{різ} = 0,27 < N_{ум} = 3,6$.

Визначимо основний час на обробку за формулою

$$T = \frac{L}{n \cdot s_o}, \quad (2.33)$$

де L - глибина свердлування, $L = y + l + \Delta$;

$$y = \frac{D}{2} \text{ctg} \phi = \frac{9}{2} \text{ctg} 59^\circ = 2,7 \text{ мм}; l = 5,5 \text{ мм}; \Delta = 2,0 \text{ мм};$$

$$L = 2,7 + 5,5 + 2 = 10,2 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{10,2}{1400 \cdot 0,4} = 0,018 \text{ хв.}$$

Так як оброблюється 8 отворів, то, відповідно, $T_0 = 0,018 \cdot 8 = 0,146 \text{ хв}$.

2.7.1.3 Призначення режимів різання на інші операції за нормативами

Призначимо режими різання за нормативами на одноразове шліфування площини в розмір $17,5 \pm 0,215 \text{ мм}$.

Матеріал заготовки – алюмінієвий сплав АК-12 з твердістю HB50; верстат - плоскошліфувальний мод. 3E710A; шорсткість оброблюваної поверхні Ra12,5мкм. Припуск на сторону $h = 0,532$ мм.

Вибираємо шліфувальний круг. За даними [6] характеристики круга залежно від шорсткості поверхні та твердості матеріалу наступні: круг ПП15А40НС27К1А 35м/с, індекс зернистості Н, зв'язка керамічна – К1; клас круга – А, допустима швидкість круга – 35 м/с.

Згідно паспортних даних верстата мод. 3E710A діаметр нового круга $D_{кр} = 200$ мм та ширина $B = 32$ мм.

Визначимо частоту обертання шліфувального круга при прийнятій швидкості різання $V_{різ} = 35$ м/с:

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{кр}}{\pi \cdot D_{кр}}, \quad (2.34)$$

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 200} = 3343 \text{ хв}^{-1}.$$

За паспортом верстата приймаємо $n_{кр} = 1500 \text{ хв}^{-1}$.

Поздовжня хвилинна подача за $s_{хв} = 16$ м/хв. [5].

Поперечна подача круга $s_{хід.ст.} = 19$ мм/хід стола [5].

Вертикальна подача на один прохід $s_{t_x} = 0,0056$ мм.

Потужність, що витрачається на різання, $N_{табл} = 1,3$ кВт [5].

Із врахуванням поправкового коефіцієнта згідно [5] маємо:

$$N_{різ} = N_{табл} \cdot K_N = 1,3 \cdot 1,5 = 1,95 \text{ кВт}. \quad (2.35)$$

Перевіряємо, чи достатня потужність приводу шліфувального шпинделя. У верстата мод. 3E710A $N_{об} = 4$ кВт, $\eta = 0,8$, тоді $N_{об} \cdot \eta = 4 \cdot 0,8 = 3,2 > N_{різ} = 1,95$, тобто, обробка можлива.

Перевіримо, чи виконується умова шліфування без припалювання:

$$N_{num} = \frac{N_{різ}}{B_{кр}} = \frac{1,95}{32} = 0,061 \text{ кВт/мм} < 0,11 \text{ кВт/мм}. \quad (2.36)$$

Отже, умова шліфування без припалювання виконується.

Основний час на операцію визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{H \cdot L \cdot h}{1000 \cdot S_m \cdot S_{xid} \cdot S_{t_x} \cdot q}, \quad (2.37)$$

тут H - переміщення шліфувального круга в напрямку поперечної подачі, що визначиться як

$$H = B_3 + B_k + 5 = 56 + 32 + 5 = 93 \text{ мм.} \quad (2.38)$$

$$T_0 = \frac{93 \cdot 145 \cdot 0,532}{1000 \cdot 16 \cdot 19 \cdot 0,0056 \cdot 2} = 2,107 \text{ хв.}$$

На інші операції та переходи технологічного процесу оброблення деталі режими різання визначаємо за аналогічною методикою і зводимо їх у таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Зведена таблиця режимів різання

Найменування операції, переходу	t, мм	$\frac{\lambda_{різ}}{\lambda_{р.х}}$	λ	$\frac{T_m}{T_p}$ хв.	$\frac{s_p}{s_{np}}$ мм/о б	$\frac{n_p}{n_{np}}$ хв ⁻¹	$\frac{V_p}{V_{np}}$ м/хв.	S _{хв} мм/ хв.	T _о , хв.	$\frac{N_p}{N_{wn}}$ кВт
020 Плоскошліфувальна 1. Шліфувати площину 1	0,53 2	$\frac{145}{238}$	0,6	$\frac{30}{30}$	-	-	35м/с	16	2,107	$\frac{1,95}{3,2}$
025 Горизонтально-фрезерувальна А. 1. Фрезерувати пази 3.	1,6	$\frac{15}{48,5}$	0,3	$\frac{120}{120}$	-	$\frac{821}{800}$	$\frac{129}{125}$	630	0,076	$\frac{1,21}{7}$
030 Вертикально-фрезерувальна А. 1. Фрезерувати, витримуючи радіус R5,5мм	0,5	$\frac{14,5}{41,5}$	0,3 5	$\frac{120}{120}$	-	$\frac{821}{800}$	$\frac{129}{125}$	630	0,065	$\frac{1,21}{7}$

035	Вертикально-фрезерувальна з ЧПК		<u>308</u>		<u>80</u>		<u>1748</u>	<u>60,4</u>			<u>0,96</u>
1.	Фрезерувати по конуру поверхні 6,9,10,19,11,15	1,1	<u>316,5</u>	0,9	<u>80</u>	-	<u>1600</u>	<u>55,2</u>	630	0,502	<u>6,24</u>
040	Вертикально-свердлувальна з ЧПК										
A.											
1.	Свердлувати отвори під нарізь	2	<u>10</u>		<u>20</u>	<u>0,15</u>	<u>7563</u>	<u>47,5</u>	-		<u>0,15</u>
		1,0	<u>10</u>	1,0	<u>20</u>	<u>0,15</u>	<u>2000</u>	<u>13,6</u>		0,067	<u>2,96</u>
2.	Нарізати нарізь в 2-х отворах 4	0,25	<u>8</u>		<u>90</u>	<u>0,25</u>	<u>2458</u>	<u>19,3</u>	-		<u>0,01</u>
			<u>8</u>	1,0	<u>90</u>	<u>0,25</u>	<u>2000</u>	<u>15,7</u>		0,064	<u>2,96</u>
3.	Свердлувати отвори 8,13	2	<u>5,5</u>		<u>90</u>	<u>0,5</u>	<u>2458</u>	<u>19,3</u>	-	0,011	<u>0,15</u>
		1,6	<u>5,5</u>	1,0	<u>90</u>	<u>0,5</u>	<u>2000</u>	<u>15,7</u>			<u>2,96</u>
4.	Свердлувати отворів 14	8	<u>5,5</u>		<u>90</u>	<u>0,5</u>	<u>2458</u>	<u>19,3</u>			<u>0,15</u>
		2,25	<u>5,5</u>	1,0	<u>90</u>	<u>0,5</u>	<u>2000</u>	<u>15,7</u>	-	0,147	<u>2,96</u>
045	Вертикально-свердлувальна										
A.			<u>5,5</u>		<u>35</u>	<u>0,4</u>	<u>2075</u>	<u>58,6</u>			<u>0,27</u>
1.	Свердлувати отвір 2	4,5	<u>10,2</u>	0,5	<u>35</u>	<u>0,4</u>	<u>1400</u>	<u>39,5</u>	-	0,146	<u>3,6</u>
				4							

2.8 Розроблення операції 040 Вертикально-свердлувальна з ЧПК

На операції 040, яка виконується на вертикально-свердлувальному верстаті з ЧПК мод. 2P135Ф2, проводиться: свердлування 2-х отворів ø2мм під

нарізь М2,5, виготовлення нарізі М2,5 у 2-х отворах, свердлування 2-х отворів $\varnothing 3,2\text{мм}$ і свердлування 8-ми отворів $\varnothing 4,5\text{мм}$.

Так як деталь виготовляється із алюмінієвого сплаву, то застосування свердел із пластинками твердих сплавів є недоцільним, тому застосовуються свердла із швидкорізальної сталі Р6М5 із зміцненою робочою частиною шляхом хіміко-термічного оброблення іонним азотуванням.

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

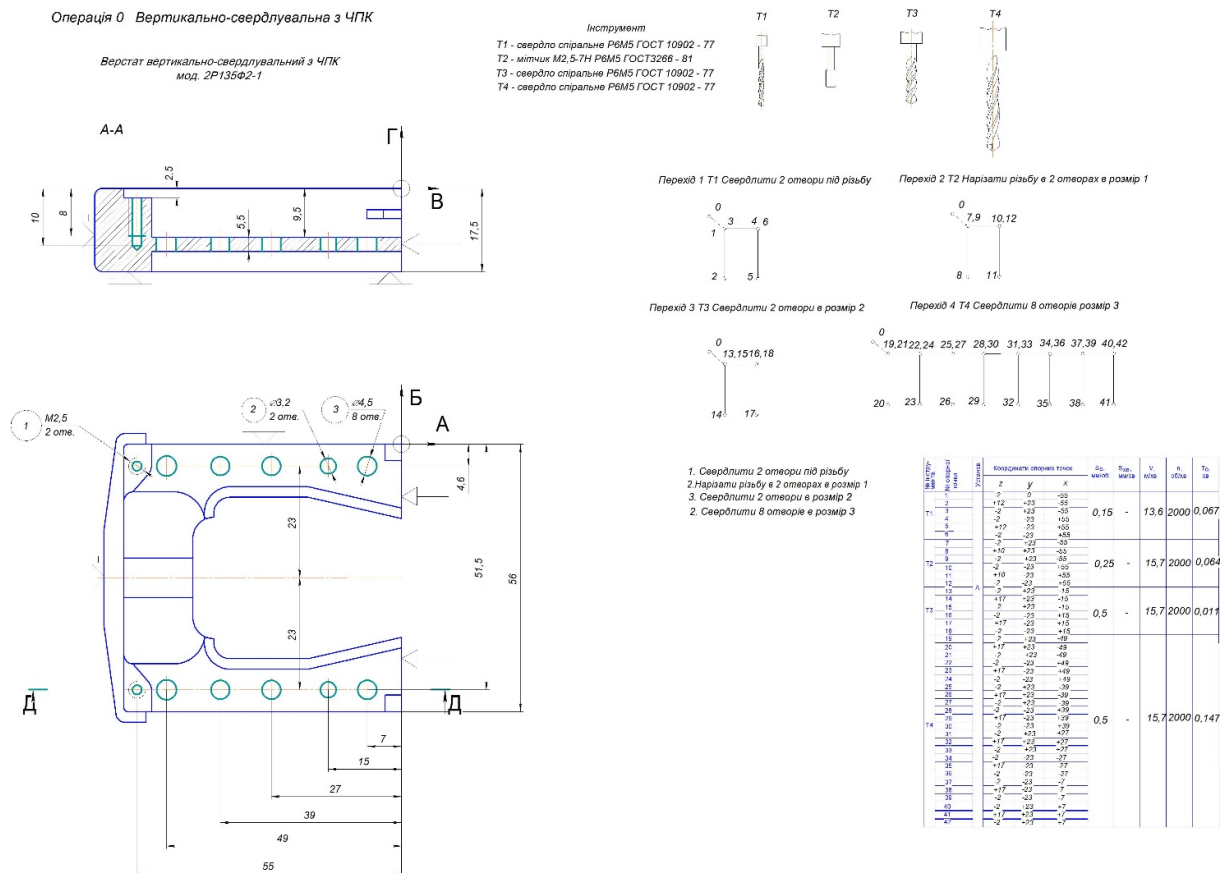


Рисунок 2.2 Розрахунково-технологічна карта операції 040

Керувальна програма розроблена для системи ЧПК 2S42-65 і наводиться нижче.

%
N100 T01 M06
N101 G90 X+150000 Y+150000

N102 G00 G90 G81 G43 G54 D01 Z+15000 Q+0 R+0 F 0,15 S2000 M03
N103 X-56000 Y +23500
N104 Z-10000
N105 Z+15000
N106 X-56000 Y-23500
N107 Z-10000
N108 Z+15000
N109 X+150000 Y+150000
N110 TO2 M06
N111 G00 G90 G81 G43 G54 D02 Z+15000 Q+0 R+0 F0,5 S2000 M03
N112 X-15000 Y+23500
N113 Z-20000
N114 Z+15000
N115 X+23500
N116 Z-20000
N117 Z+15000
N118 X+150000 Y+150000
N119 TO3 M06
N120 G00 G90 G81 G43 G54 D03 Z+15000 Q+0 R+0 F0,5 S2000 M03
N121 X-7000 Y+23500
N122 Z-20000
N123 Z+15000
N124 X-27000
N125 Z+15000
N126 Z+15000
N127 X-39000
N128 Z-20000
N129 Z+15000
N130 X-49000
N131 Z-20000
N132 Z+15000
N133 Y-23500
N134 Z-20000
N135+15000
N136 X+39000
N137 Z-20000
N138 Z+15000
N139 X-27000
N140 Z-20000
N141 Z+15000
N142 X-7000
N143 Z-20000
N144 Z+15000
N145 X+150000 Y+150000
N146 TO4 M06

N147 G00 G90 G81 G43 G54 D03 Z+15000 Q+0 R+0 F0,5 S2000 M03

N148 L84 X-56000 Y+23500 Z-8000

N149 Z+15000

N150 L84 X-56000 Y-23500 Z-8000

N151 Z+15000

N152 G80 G40 Z+150000

N153 M06

N154 M02

2.9 Технічне нормування операцій технологічного процесу

В умовах серійного виробництва норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [7]:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n}, \quad (2.39)$$

де $T_{шт}$ - норма штучного часу на операцію;

$T_{н.з}$ - підготовчо-заклучний час на операцію;

n - число деталей в партії.

Число деталей в партії визначають за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.40)$$

де a - запас деталей на складі, $a = 5$ шт.

$$n = \frac{2000 \cdot 5}{253} = 39,5 \text{ шт. Приймаємо } n = 40 \text{ шт.}$$

Штучний час на операцію визначиться за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_{доп} + T_{обс} + T_{відп}, \quad (2.41)$$

де T_0 - основний час операції;

$T_{доп}$ - допоміжний час на виконання операції;

$T_{обс}$ - час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця;

$T_{відп}$ - час на відпочинок та особисті потреби.

В умовах серійного виробництва час на обслуговування та особисті потреби береться у відсотках від оперативного часу.

Операція 025 Плоскошліфувальна, шліфувати площину.

Основний час на операцію, $T_0 = 2,107$ хв.

Допоміжний час на операцію складається із часу на наступні дії [7]:

- встановити-зняти, закріпити-звільнити заготовку – 0,034хв.
- час на прийоми керування верстатом: увімкнути та вимкнути верстат – 0,01хв; підвести та відвести інструмент – 0,02хв; час очікування зупинки шпинделя – 0,05 хв; час на вимірювання – 0,12хв.

$$T_{доп} = 0,034 + 0,01 + 0,02 + 0,05 + 0,12 = 0,234 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначається як:

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп}, \quad (2.42)$$

$$T_{оп} = 2,107 + 0,234 = 2,341 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування та особисті потреби визначиться за формулою

$$T_{обс.відп} = \frac{T_{оп} \cdot \Pi_{обс.відп}}{100},$$

(2.43)

де $P_{обс.відн.}$ - відсоток часу від оперативного, $P_{обс.відн.} = 4\%$.

$$T_{обс.відн.} = \frac{4,0 \cdot 2,341}{100} = 0,093 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час: $T_{п.-з.} = 6 \text{ хв.}$

Тоді, $T_{шт.} = 2,107 + 0,234 + 0,093 = 2,434 \text{ хв.}$

Отже $T_{шт.-к.} = 2,434 + \frac{6}{40} = 2,584 \text{ хв.}$

2.9.1 Розрахунок технічних норм часу з допомогою спеціалізованої комп'ютерної програми

Фрезерувальні роботи: Операція 030	Верстат вертикально-фрезерувальний мод. 6P12
Виконав ст. гр. ПМТм-23-1 Кирилішин Максим	
Найменування норми часу	Тривалість часу, хв.
<u>Основний (технологічний) час</u>	0,076
Всього:	0,076
<u>Допоміжний час на:</u>	
<u>встановлення та зняття деталі</u>	0,024
<u>час на прохід</u>	-
<u>зміна частоти обертання шпинделя</u>	-
<u>переміщення фрезерувальної голівки</u>	0,1
<u>встановлення інструменту, вмикання подавання МОР</u>	-
<u>Контрольне промірювання</u>	0,12
Всього:	0,244
<u>Оперативний час</u>	0,320
Час на обслуговування робочого місця:	
час на відпочинок та природні потреби	0,022

штучний час на операцію	0,342
Підготовчо-заклучний час	23
Річна програма випуску, шт.	2000
Періодичність запуску виробів, днів	6 (Рекомендується наступні дні 3, 6, 12, 24)
Розмір партії деталей, шт.	40
Штучно-калькуляційний час	0,917

Визначені вище норми штучно-калькуляційного часу заносимо у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Зведені норми часу на операціях, хв.

Номер та назва операції	T ₀	T _{доп}			T _{оп}	T _{обс}	T _{шт}	T _{пз}	n	T _{ш.к}
		T _{у.з}	T _{кер}	T _{вим}						
020 Плоскошліфувал ьна	2,107	0,06 3	0,08	0,12	2,34 1	0,093	2,434	7	40	2,5 84
025 Горизонтально- фрезерувальна	0,076	0,02 4	0,1	0,12	0,32 0	0,022	0,342	23	40	0,9 17
030 Вертикально- фрезерувальна	0,065	0,02 4	0,1	0,12	0,24 4	0,017	0,261	23	40	0,8 41
035 Вертикально -фрезерувальна з ЧПК	0,502	0,02 4	0,1	0,16	0,78 6	0,055	0,841	23	40	1,4 16
040 Вертикально- свердлувальна з ЧПК	0,289	0,06 3	0,1	1,62	2,07 2	0,113	2,185	13	40	2,5 10
045 Вертикально- свердлувальна	0,146	0,06 3	0,07	0,07	0,34 9	0,019	0,368	13	40	0,6 93

Висновки до розділу 2.

В технологічному розділі на основі аналізу базового технологічного процесу вибраний метод отримання заготовки, розраховані і вибрані припуски на оброблення по операціях, розроблений удосконалений варіант технології виготовлення деталі з використанням верстатів з ЧПК, який містить вибір устаткування, інструменту, призначення відповідних режимів різання, підбір технологічного оснащення. Виконане також технічне нормування операцій нового технологічного процесу. Розроблена керувальна програма для верстата з ЧПК моделі 2P135Ф2.

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Проектування верстатних пристроїв для закріплення деталей при механічному обробленні

3.1.1 Проектування верстатного пристрою для шліфування площини

3.1.1.1 Вибір установочних елементів, схеми базування та способу закріплення заготовки в пристрої

Як установочні елементи пристрою вибираємо пластини, на які заготовка встановлюється площиною, що протилежна оброблюваній [8]. Фіксація заготовки при обробленні здійснюється затискним механізмом по торцевій поверхні.

В процесі механічного оброблення корпусу шліфуються площини в розмір 17,5мм. Для цього передбачено схему базування заготовки та її затискання з допомогою важелів.

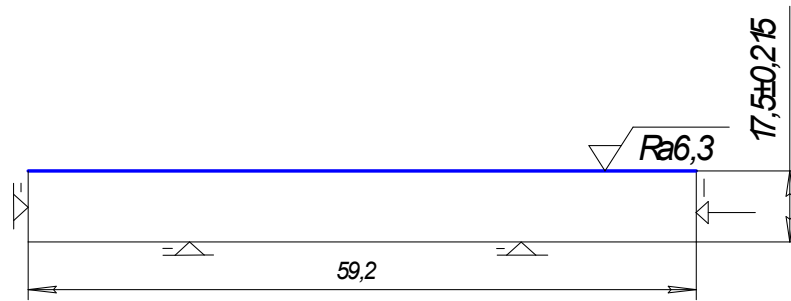


Рисунок 3.1 – Схема базування заготовки

Заготовку необхідно встановити таким чином, щоб в процесі оброблення вона була надійно закріплена. Схема закріплення заготовки на операції показана на рис. 3.2.

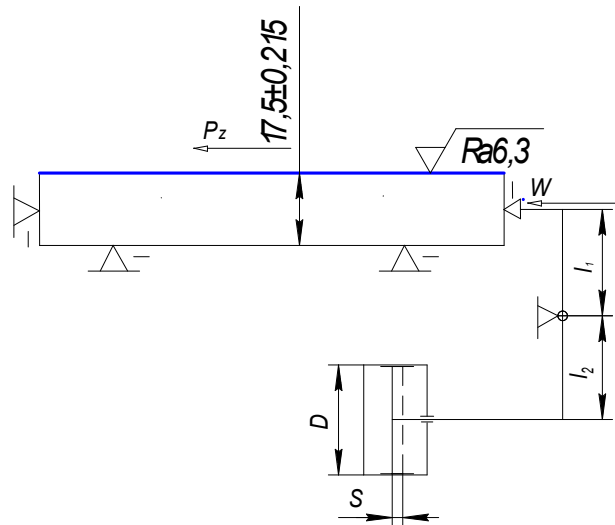


Рисунок 3.2 – Схема закріплення заготовки

3.1.1.2 Розрахунок сил закріплення заготовки

Згідно схеми закріплення (див. рис. 3.2) умова рівноваги діючих сил матиме вид:

$$Q = \frac{2 \cdot W \cdot l_1}{l_2 \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

де W - сила, що необхідна для надійного закріплення заготовки;

Q – вихідна сила на штоку пневмоприводу;

η - коефіцієнт корисної дії (далі ККД) важільного механізму, $\eta = 0,9$;

l_1 та l_2 - довжини плеч важеля відповідно, $l_1 = l_2 = 96$ мм.

Сила затиску, що необхідна для закріплення заготовки визначиться згідно виразу:

$$W = K \cdot P_z, \quad (3.2)$$

тут K – коефіцієнт запасу;

P_z – сила різання.

При шліфуванні сила різання визначиться за формулою:

$$P_z = \frac{1020 \cdot N_{кр} \cdot \eta_1}{V_{кр}} = \frac{1020 \cdot 1,95 \cdot 0,8}{35} = 45,4 \text{ Н.} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.4)$$

де K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ - коефіцієнти, що враховують збільшення сил різання при чорновому обробленні, затупленні інструменту, переривистому різанні, нестабільності сил різання, незручності розташування ручки керування, базування плоскої поверхні на плоску поверхню відповідно.

За даними [8] приймаємо: $K_0 = 1,5$; $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,2$; $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,0$; $K_5 = 1,0$; $K_6 = 1,5$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,24 > [K] = 2,5.$$

Тоді, $W = 3,24 \cdot 45,4 = 147$ Н.

Отже, вихідна сила, що її розвиває привод, буде:

$$Q = \frac{2 \cdot 147 \cdot 96}{96 \cdot 0,9} = 326,88 \text{ Н.}$$

Приймаємо робочий тиск повітря в пневмережі $p_n = 0,63$ МПа.

Згідно прийнятої кінематичної схеми робоче зусилля створюється у безштоковій порожнині, тому діаметр пневмоциліндра визначимо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\rho_n\eta}}, \quad (3.5)$$

тут η - ККД пневмоциліндра, $\eta = 0,9$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 326,88}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}} = 27,09 \text{ мм.}$$

Рекомендований діаметр пневмоциліндра: $D_{ц}=40$ мм; $d_{шт}=10$ мм [8].

Дійсне зусилля на штоку пневмоциліндра з вибраними параметрами визначиться із виразу:

$$Q_o = \frac{\pi \cdot \rho_n \cdot \eta}{4} D^2, \quad (3.6)$$

$$Q_o = \frac{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}{4} 40^2 = 712,15 \text{ Н.}$$

Тоді дійсне зусилля затиску, яке створюється пневмоциліндром, буде:

$$W_o = W \frac{Q_d}{Q}, \quad (3.7)$$

$$W_o = 147 \frac{712,15}{326,88} = 320,25 \text{ Н.}$$

Дійсне значення коефіцієнта запасу визначиться за формулою:

$$K_o = K \frac{W_d}{W}, \quad (3.8)$$

$$K_d = 3,24 \frac{320,25}{147} = 7,05 > [K] = 2,5.$$

Отже, надійність закріплення заготовки в пристрої забезпечена.

Величину ходу поршня визначимо як:

$$S_W = \Delta_{zap} + TH + \frac{W_0}{J_B} + \Delta S_W, \quad (3.9)$$

де Δ_{zap} - гарантований зазор для вільної установки заготовки, $\Delta_{zap} = 0,5\text{мм}$;

TH - допуск розміру заготовки в напрямку закріплення, $TH = 1,2\text{мм}$;

J_B - коефіцієнт жорсткості механізму затискання, $J_B = 2000\text{Н/м}$;

ΔS_W - запас переміщення, $\Delta S_W = 0,4\text{мм}$.

$$S_W = 0,5 + 1,2 + \frac{320,25}{2000} + 0,4 = 2,2 \text{ мм.}$$

3.1.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розрахуємо діаметр осі кріплення важеля механізму затиску.

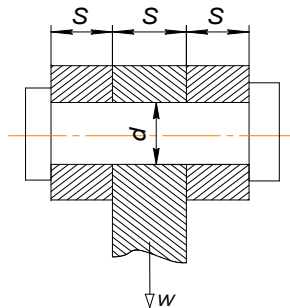


Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку

Умова міцності осі на зрізання має вигляд:

$$\tau_{zp} = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot d^2 \cdot k} \leq [\tau_{zp}] = 50 \text{ МПа}, \quad (3.10)$$

де k - кількість площин тертя, $k = 2$;

d - діаметр осі, прийmemo $d = 4\text{мм}$ [8].

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot 320,25}{3,14 \cdot 4^2 \cdot 2} = 12,7 < [\tau_{зр}].$$

Умова міцності на зминання осі буде:

$$[\sigma_{зм}] = \frac{W}{d \cdot S} \leq [\sigma_{зм}] = 176 \quad \text{МПа,} \quad (3.11)$$

де S - товщина тіла важеля, $S = 4$ мм.

$$[\sigma_{зм}] = \frac{320,25}{4 \cdot 4} = 20,0 < [\sigma_{зм}].$$

Таким чином, умови міцності за обома критеріями витримуються.

3.1.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Допустима похибка оброблення при використанні пристрою визначиться за формулою [8]:

$$\varepsilon_{дон} = T - k \cdot \omega, \quad (3.12)$$

де T - допуск на розмір, що виконується, $T = 0,43$ мм;

k - коефіцієнт, що враховує похибку верстата, $k = 0,6$;

ω - похибка верстата, $\omega = 0,02$ мм [8].

$$\varepsilon_{дон} = 0,43 - 0,6 \cdot 0,02 = 0,418 \text{ мм.}$$

Похибка установки деталі в пристрої визначиться згідно формули:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \quad (3.13)$$

де ε_{δ} - похибка базування заготовки в пристрої;
 ε_3 - похибка, яка виникає від сил закріплення;
 ε_{np} - похибка пристрою.

Похибка базування в даному випадку рівна нулю, так як заготовка встановлюється на площину, що протилежна оброблюваній, тобто, $\varepsilon_{\delta} = 0$.

Для закріплення заготовки використовуємо пневмопривод, у якого сила затиску практично постійна. Тому можемо прийняти, що $\varepsilon_3 = 0$.

Згідно рекомендацій [8] похибка пристрою визначиться емпіричною залежністю:

$$\varepsilon_{np} = 0,1T, \quad (3.14)$$

тут T - допуск на розмір, що виконується, $T = 0,43$ мм.

$$\varepsilon_{np} = 0,1 \cdot 0,43 = 0,043 \text{ мм, тоді, } \varepsilon_y = \varepsilon_{np} = 0,043 \text{ мм.}$$

Умова $\varepsilon_{np} = 0,418 > \varepsilon_y = 0,043$ виконується, тобто, пристрій придатний для використання.

3.1.1.5 Розроблення технічних умов на виготовлення пристрою, його компонування та описання роботи

Технічні умови на проєктований пристрій наступні:

1. Перед експлуатацією перевірити пневмопривод на герметичність.
2. Витрати повітря не допускаються.
3. Мінімальний робочий тиск повітря в пневмомережі не менше 0,4 МПа.
4. Максимальна сила затиску $W = 320,25$ Н.
5. Маркувати згідно правил підприємства.

Будова пристрою: пристрій складається з корпусу, який виготовляється з конструкційної сталі Ст. 3 суцільним. Кришка пневмоциліндра і поршень теж виготовлені із сталі Ст. 3. Всі ці деталі застосувати без термооброблення.

Палець виготовлений із конструкційної сталі 45, загартованої до твердості 35...40HRC_e. Затискні елементи мають мати твердість 52...58 HRC_e.

Принцип роботи пристрою: заготовка встановлюється площиною на установчі пластини. Повітря під тиском подається в безштокову порожнину пневмоциліндра і штовхає поршень із штоками. При цьому другий кінець штока, штовхає важіль, який обертаючись на осі другим кінцем тисне на рухому губку, яка переміщуючись закріплює заготовку.

При звільненні заготовки повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра і штовхає поршень в протилежному напрямку. Переміщуючись, поршень через шток тягне за собою важіль і губку. Заготовка звільняється.

3.1.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору Ø9мм

3.1.2.1 Вибір установочних елементів, схеми базування та способу закріплення заготовки в пристрої

В процесі механічного оброблення корпусу оброблюється отвір Ø9мм. Заготовку при цьому необхідно встановити таким чином, щоби вісь отвору була перпендикулярна торцю. Як установочні елементи пристрою вибираємо установочні пластини [8], на які заготовка встановлюється торцем. Затискання заготовки здійснюється механізмом, що діє на протилежну базовій поверхню.

Окрім того, в процесі оброблення заготовка має бути надійно закріплена. Для цього розроблено схему базування і закріплення заготовки, яка зображена на рис. 3.4.

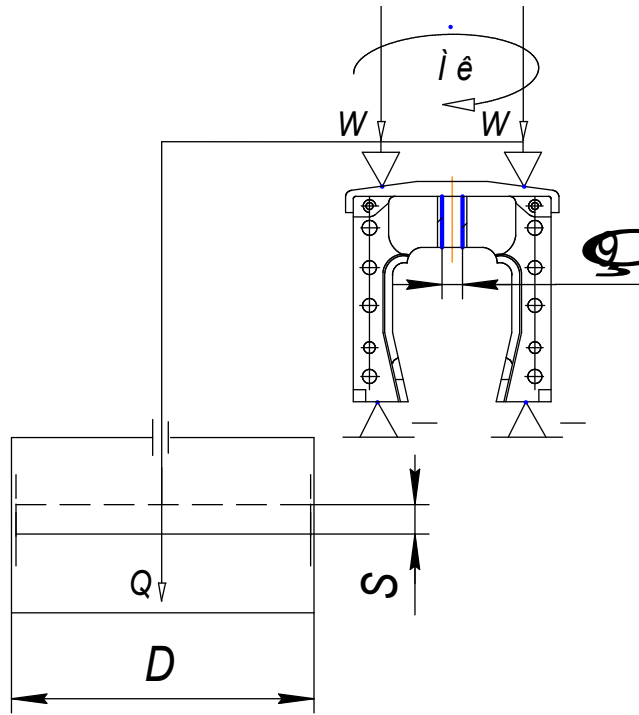


Рисунок 3.4 – Схема базування і закріплення заготовки

3.1.2.2 Розрахунок необхідних сил закріплення заготовки та приводу пристрою

Згідно схеми закріплення (див. рис. 3.4) сила затискання заготовки визначається за формулою:

$$W = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot n}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot}, \quad (3.15)$$

де K - коефіцієнт запасу;

f - коефіцієнт тертя робочих поверхонь, $f = 0,25$;

$M_{кр}$ - крутний момент; $M_{кр} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

n - кількість одночасно працюючих свердл, $n = 1$.

Коефіцієнт запасу K визначимо за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ - коефіцієнти, що враховують збільшення сил різання при чорновому обробленні, затупленні інструменту, перервному різанні, нестабільності сил різання, незручності розташування ручки керування, при базуванні плоскої поверхні на плоску поверхню відповідно.

За даними [8] приймаємо: $K_0 = 1,5; K_1 = 1,2; K_2 = 1,6; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,88 > [K] = 2,5$$

Тоді,

$$W = \frac{2,88 \cdot 1,95 \cdot 10^3 \cdot 1}{\frac{1}{3} \cdot 0,25} = 6739 \text{ Н.}$$

Вихідна сила на штоці приводу буде дорівнювати силі затискання, так як шток жорстко з'єднаний із затискним елементом, тобто, $Q = W = 6739 \text{ Н}$.

Приймаємо робочий тиск повітря в пневмомережі $p_n = 0,63 \text{ МПа}$.

Згідно кінематичної схеми пристрою робочий тиск повітря створюється у штоковій порожнині пневмоциліндра, тому діаметр пневмоциліндра визначимо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \rho_n \eta} + d^2}, \quad (3.16)$$

де η - ККД пневмоциліндра, $\eta = 0,9$;

d - діаметр штока, $d = 10 \text{ мм}$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6739}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9} + 10^2} = 123,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо рекомендований діаметр пневмоциліндра $D_u = 160 \text{ мм}$; $d_{um} = 40 \text{ мм}$ [8].

Дійсне зусилля на штоку пневмоциліндра з вибраними параметрами визначиться за формулою

$$Q_d = \frac{\pi \rho_n \cdot \eta}{4} (D^2 - d^2), \quad (3.17)$$

$$Q_d = \frac{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}{4} (160^2 - 40^2) = 10682 \text{ Н.}$$

Дійсне зусилля затиску буде $W_d = Q_d = 10682 \text{ Н}$.

Дійсний коефіцієнт запасу визначається як $K_d = K \frac{W_d}{W}$, тоді

$$K_d = 2,88 \cdot \frac{10682}{6739} = 4,56 > [K] = 2,5.$$

Надійність закріплення заготовки в пристрої забезпечена.

Величину ходу поршня визначаємо як

$$S_w = \Delta_{\text{гар}} + TH + \frac{W_d}{J_b} + \Delta S_w,$$

де $\Delta_{\text{гар}}$ - гарантований зазор для вільної установки заготовки, $\Delta_{\text{гар}} = 0,5 \text{ мм}$;

TH - допуск розміру заготовки в напрямку закріплення, $TH = 0,4 \text{ мм}$;

J_b - коефіцієнт жорсткості механізму затиску, $J_b = 2000 \text{ Н/мм}$;

ΔS_w - запас переміщення, $\Delta S_w = 0,4 \text{ мм}$.

$$S_w = 0,5 + 0,4 + \frac{10682}{2000} + 0,4 = 6,64 \text{ мм}.$$

3.1.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Розрахуємо діаметр нарізі болта, який кріпить кришку пневмоциліндра.

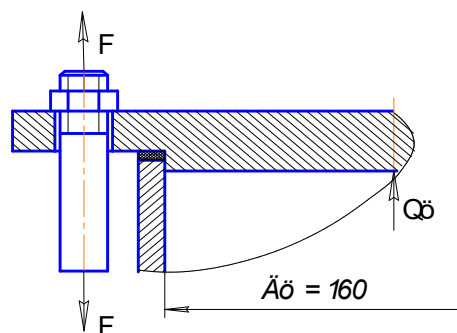


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

За умови, що тиск повітря в пневмережі буде максимальним, сила тиску на кришку пневмоциліндра Q_d визначиться як:

$$Q_d = \frac{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}{4} (160^2 - 40^2) = 10682 \text{ Н.}$$

Приймаємо кількість болтів $z = 8$, матеріал болтів – сталь класу міцності 5.6, матеріал прокладки – гума [8].

Для нарізевого з'єднання з неконтрольованим затиском при постійному навантаженні прийmemo коефіцієнт запасу міцності $[S_T] = 300 \text{ МПа}$ [8].

Допустиме напруження розтягування визначимо за формулою:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S_T]}, \quad (3.18)$$

$$[\sigma_p] = \frac{300}{4,5} \approx 67 \text{ МПа.}$$

Навантаження на один болт визначиться як:

$$F = \frac{Q_d}{Z}, \quad (3.19)$$

$$F = \frac{10682}{8} = 1335 \text{ Н.}$$

Для герметичності з'єднання болти встановлюються з попереднім натягуванням при складанні. Враховуючи пружну гумову прокладку в з'єднанні, приймаємо коефіцієнт зовнішнього навантаження $x = 0,45$ [8].

При постійному навантаженні коефіцієнт запасу попереднього затягування $K_{зам} = 1,75$ [8].

Сила попереднього затягування визначиться як:

$$F_o = K_{зам} (1 - x) F, \quad (3.19)$$

$$F_o = 1,75(1 - 0,45) \cdot 1335 = 1285 \text{ Н.}$$

Розрахункова сила визначиться за формулою:

$$F_p = 1,3F_o + xF, \quad (3.20)$$

$$F_p = 1,3 \cdot 1285 + 0,45 \cdot 1335 = 2271 \text{ Н.}$$

Розрахунковий діаметр нарізі болта визначимо за виразом:

$$d \geq \sqrt{\frac{4F_p}{\pi[\sigma_p]}}, \quad (3.21)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 2271}{3,14 \cdot 67}} = 6,57 \text{ мм.}$$

Приймаємо нарізь М8 з кроком $p = 1$ мм, для якої

$$d_p = d - 0,94p, \quad (3.22)$$

$$d_p = 8 - 0,94 \cdot 1 = 7,06 \text{ мм} > 6,57 \text{ мм.}$$

Отже, нарізь М8 забезпечує міцність при навантаженні.

3.1.2.4 Розрахунок пристрою на точність

Допустима похибка оброблення при використанні проектованого пристрою визначиться за формулою [8]:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = T - k \cdot \omega,$$

де T - допуск на розмір, що виконується, $T = 0,15$ мм;

k - коефіцієнт, $k = 0,6$;

ω - похибка верстата, $\omega = 0,06$ мм [8].

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,15 - 0,6 \cdot 0,06 = 0,114 \text{ мм.}$$

Похибка установки деталі в пристрої визначається за формулою

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2},$$

де ε_6 - похибка базування заготовки в пристрої;

ε_3 - похибка закріплення, яка виникає від сил закріплення;

ε_{np} - похибка пристрою.

Похибка базування в даному випадку рівна нулю, так як заготовка встановлюється на плоскі поверхні і похибка базування прибирається налагоджуванням верстата, тобто, $\varepsilon_{\delta} = 0$.

Для закріплення заготовки використовуємо пневмопривод, у якого сила затискання практично постійна. Тому можемо прийняти, що $\varepsilon_{\delta} = 0$.

Згідно рекомендацій [8] похибка пристрою визначається емпіричною залежністю

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1T,$$

де T - допуск на виконавчий розмір, $T = 0,15$ мм.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 0,15 = 0,015 \text{ мм.}$$

Тоді, $\varepsilon_y = \varepsilon_{\text{пр}} = 0,015$ мм і умова $\varepsilon_{\text{дон}} = 0,114 > \varepsilon_y = 0,015$ виконується, тобто, пристрій придатний для застосування.

3.1.2.5 Розроблення технічних умов на пристрій, його компонування та описання принципу роботи

Технічні умови на проєктований пристрій наступні:

1. Перед експлуатацією пневмопривод перевірити на герметичність, втрати повітря не допускаються.
2. Мінімальний тиск повітря в пневмережі не менше 0,4 МПа.
3. Максимальна сила затиску $W = 10682$ Н.
4. Маркувати за правилами підприємства.

Пристрій складається з корпусу, який виготовляється із сталі Ст.3 суцільним. Корпус приварений до плити, за допомогою якої базується на столі верстата і орієнтується за допомогою призматичних шпонок та кріпиться болтами в Т-подібних пазах стола. Кришка пневмоциліндра і поршень виготовлені зі конструкційної сталі Ст.3 без термооброблення. Затискні елементи пристрою мають мати твердість 52...58HRC₃.

Принцип дії пристрою наступний: заготовка встановлюється торцями на установочні пластини. Повітря подається під тиском в штокову порожнину пневмоциліндра і штовхає поршень із штоком. При цьому кінець штока, на

якому закріплено кондукторну плиту, тягне її донизу і затискними елементами затискає заготовку.

При звільненні заготовки повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра. Переміщуючись, поршень штовхає шток, який, піднімаючи кондукторну плиту, звільняє заготовку.

3.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

3.2.1 Розроблення схеми вимірювання

Згідно завдання необхідно спроектувати контрольний пристрій для контролю відхилення від паралельності поверхонь корпусу.

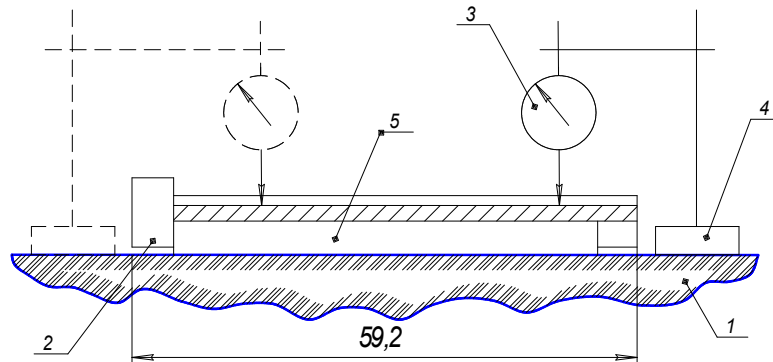


Рисунок 3.6 – Схема контрольно-вимірювального пристрою

Пристрій (див. рис. 3.6) складається з контрольної плити (поз. 1), індикатора (поз. 3), стійки індикаторної (штативу) (поз. 4) та установочної планки (поз. 5). Деталь, що контролюється, показана умовно (поз. 2).

Згідно технічних умов на виготовлення деталі відхилення від паралельності має бути не більше 100мкм.

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

При розрахунку пристрою на точність визначається допустима похибка вимірювання:

$$\varepsilon_{\text{дон}} \approx 0,3T, \quad (3.23)$$

де T - допуск на розмір, що контролюється, $T = 100\text{мкм}$.

$$\varepsilon_{\text{дон}} \approx 0,3 \cdot 100 = 30 \text{ мкм}.$$

Фактична похибка вимірювання визначиться як:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} + \varepsilon_{\text{інд}}, \quad (3.24)$$

де ε_6 - похибка базування;

ε_3 - похибка закріплення;

ε_{np} - похибка виготовлення пристрою;

$\varepsilon_{\text{інд}}$ - похибка вимірювального приладу.

Для даного випадку похибка базування дорівнює нулю, так як заготовка встановлюється на контрольну плиту площиною, яка протилежна контрольованій, $\varepsilon_6 = 0$.

Похибки від сил закріплення не буде, так як деталь не кріпиться, $\varepsilon_3 = 0$.

Похибка виготовлення пристрою визначається за емпіричною залежністю

$$\varepsilon_{np} = 0,1T, \quad (3.25)$$

де T - допуск на розмір, що контролюється, $T = 100\text{мкм}$.

$$\varepsilon_{np} = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ мкм}.$$

Для контролю заданого відхилення використовуємо індикатор багатообертовий типу 2МИГ з ціною поділки 2мкм [8].

Тоді, $\varepsilon_{\phi} = 10 + 2 = 12$ мкм і умова $\varepsilon_{\text{дон}} = 30 > \varepsilon_{\phi} = 12$ виконується, тобто, пристрій придатний до застосування.

Описання роботи пристрою: деталь, що контролюється, встановлюється на контрольну плиту. Штативи з індикаторами встановлюються поруч, індикатор настроюються на «0» і контрольна плита з деталлю переміщується по напрямних вздовж індикаторної стійки. За показаннями шкали індикатора визначають відхилення від паралельності поверхонь.

Після проведення контролю проконтрольована деталь знімається і встановлюється наступна.

3.3 Проектування спірального свердла для оброблення отвору Ø9мм

Розрахуємо і сконструюємо спіральне свердло із швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком для оброблення наскрізного отвору Ø9мм і довжиною $l=13$ мм в заготовці з алюмінію АК-12 із твердістю HB50.

Середній діаметр конуса хвостовика визначається за формулою

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot M_{cp} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_x (1 - 0,04 \Delta \theta)}, \quad (3.26)$$

де M_{cp} - момент опору силам різання, $M_{cp}=1,95$ Н·м [п.2.7.1.2];

P_x - осьова складова сила різання;

μ - коефіцієнт тертя сталі по сталі, $\mu=0,096$, [6];

θ - кут конуса Морзе, $\theta=1^{\circ}30'$, [6];

$\Delta\theta$ - відхилення кута конуса, $\Delta\theta=5'$ [6];

Осьова складова сила різання визначається за формулою

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S_o^{y_p} \cdot K_{M_p}, \quad (3.27)$$

де C_p - постійна складова осьової сили різання, $C_p=31,5$, [2];

q_p, y_p - показники степені, $q_p=1,0$; $y_p=0,8$, [2].

$$P_x = 10 \cdot 31,5 \cdot 9^{1,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,0 = 1362 \text{ Н.}$$

Тоді за формулою (3.26)

$$d_{cp} = \frac{6 \cdot 1,95 \cdot \sin 1^{\circ}30'}{0,096 \cdot 1362 \cdot (1 - 0,2)} = 0,0029 \text{ м} = 2,9 \text{ мм.}$$

За ДСТУ ГОСТ 25557:2008 приймаємо найближчий більший конус, тобто конус Морзе №0 з лапкою із наступними конструктивними розмірами: $D_1=9,2$ мм; $d_2=6,1$ мм; $l_{4\max}=59,5$ мм; $e_{\max}=10,5$ мм; конусність $1:19,922=0,05020$ чи кут $\Theta=1^{\circ}26'16''$.

Інші розміри хвостовика вказуються на кресленику інструмента.

Визначаємо довжину свердла: загальна довжина свердла $L=100$ мм; довжина робочої частини $l_0=40$ мм; довжина хвостовика і шийки $l_2=64$ мм. Центрові отвори виконуються згідно форми В ГОСТ 14034-74.

Визначаємо геометричні і конструктивні параметри робочої частини свердла за [6]. Форма заточування свердла Н (нормальна), кут нахилу гвинтової канавки $\omega=40^{\circ}$, кут між різальними кромками $2\varphi=140^{\circ}$, задній кут $\alpha=12^{\circ}$, кут нахилу поперечної кромки $\psi=50^{\circ}$.

Крок гвинтової канавки визначаємо за формулою

$$H = \frac{\pi \cdot D}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{3,14 \cdot 9}{\operatorname{tg} 40^{\circ}} = 33,68 \text{ мм.} \quad (3.28)$$

Товщину серцевини свердла вибирають в залежності від діаметра свердла в межах $(0,19 \dots 0,15)D$, приймаємо $0,14 D$, тоді

$$d_c = 0,14 \cdot 9 = 1,26 \text{ мм.} \quad (3.29)$$

Потовщення серцевини в напрямку хвостовика $1,4 \dots 1,8$ мм на 100 мм довжини робочої частини свердла. Приймаємо це потовщення $1,5$ мм.

Зворотна конусність свердла на 100 мм довжини робочої частини для свердл діаметром більше 6 мм повинна складати $0,04 \dots 0,10$ мм, приймаємо $0,08$ мм.

Ширина стрічки допоміжної задньої поверхні леза $f_0=0,8$ мм, висота затилка по спинці $K=0,3$ мм.

Ширина пера визначається за формулою

$$B=0,58 \cdot D=0,58 \cdot 9=5,22 \text{ мм.} \quad (3.29)$$

Геометричні елементи профіля фрези для фрезерування канавки свердла визначають аналітичним методом.

Більший радіус профіля визначається за формулою

$$R_0 = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D, \quad (3.30)$$

де

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\phi \cdot \sqrt[3]{2\phi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 140 \cdot \sqrt[3]{140}}{40} = 0,464,$$

$$C_r=1,0; C_\phi=1,0.$$

Тобто,

$$R_0=0,464 \cdot 9=4,183 \text{ мм.}$$

Найменший радіус профіля визначається за формулою

$$R_k=C_k \cdot D, \quad (3.31)$$

де C_k визначається за формулою

$$C_k=0,015 \cdot \omega^{0,75}=0,015 \cdot 40^{0,75}=0,238. \quad (3.32)$$

Тоді, згідно формули (3.31) маємо: $R_k=0,238 \cdot 9=2,147$ мм.

Ширина профіля фрези визначається як $B=R_0+R_k=4,183+2,147=6,33$ мм.

За найденими розмірами будемо профіль канавкової фрези на кресленку інструмента. Основні технічні вимоги і допуски на розміри свердла встановлюємо за ГОСТ 885-77*.

Граничні відхилення діаметра свердла $D=9h9_{(-0,036)}$ мм. Допуск на загальну довжину і довжину робочої частини свердла рівний подвоєному допуску за 14-

м квалітетом із симетричним розташуванням граничних відхилень $\left(\pm \frac{IT14}{2}\right)$.

Граничні відхилення розмірів конуса хвостовика встановлюють за ГОСТ 2848-75* (ступінь точності АТ8). Радіальна биття робочої частини свердла відносно осі хвостовика не має перевищувати 0,04мм. Кут $2\varphi=140\pm 2^{\circ}$. Кут нахилу гвинтової канавки $\omega=40_{-2}^{\circ}$.

Граничні відхилення розмірів підточування перемички різальної частини свердла +0,5мм. Твердість робочої частини свердла HRC₃, 63...66, лапки хвостовика свердла HRC₃, 32...46.

Виконуємо робоче креслення свердла з вказанням технічних вимог на його виготовлення.

Висновки до розділу 3.

В конструкторському розділі кваліфікаційної роботи на основі розробленого в технологічному розділі технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЕУ.8.172.246» спроектовані два верстатні пристрої з механізованим затиском деталі, контрольний пристрій для контролю паралельності поверхонь деталі, а також виконаний розрахунок параметрів свердла, яке використовується при обробленні деталі на свердлувальній операції.

РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

Зносостійкість свердел із швидкорізальної сталі після нанесенням багат шарових покриттів шляхом хіміко-термічного оброблення

В технологічному процесі виготовлення деталі «Корпус ЕУ.8.172.246» широко застосовуються свердла із швидкорізальної сталі Р6М5. Так як деталь

виготовляється із алюмінієвого сплаву АК-12, то для підвищення зносостійкості інструменту доцільно використати один із методів нанесення на їх різальну частину зносостійких покриттів.

Застосування різального інструменту з покриттям найбільш ефективно на чистових і напівчистових операціях, коли навантаження на його різальну частину відносно невелике, що відповідає умовам роботи свердел в нашому технологічному процесі, так як при великих навантаженнях ефект від застосування покриттів різко знижується.

Аналіз умов роботи свердел як інструменту наводимо нижче.

Внаслідок несприятливого співвідношення значень заднього і переднього кутів по довжині головних різальних крайок і від'ємного переднього кута свердла відбувається значна пластична деформація зрізаного шару, що зв'язано із збільшенням енергетичних затрат на його руйнування і приводить до зростання теплових навантажень в різальній частині. В цих умовах є велика імовірність зниження пластичної міцності і жорсткості різальної частини свердла, що викликає інтенсивне крихке руйнування покриття.

Методика нанесення покриттів на свердла із швидкорізальних сталей передбачає зміцнення ріжучої частини шляхом хіміко-термічного оброблення (азотування), що стимулюється електричним розрядом, що виникає в розрідженому газовому середовищі, і нанесення багат шарового композиційного покриття шляхом комбінованого іонно-плазмового оброблення (КІПО). В результаті на робочих поверхнях свердел формується зносостійкий комплекс (ЗК).

На основі аналізу взаємозв'язків таких чинників як фізико-механічні властивості швидкорізальної сталі (наприклад, сталі Р6М5), умов експлуатації свердел і причин їх відмови сформульовані наступні робочі гіпотези для проведення дослідів [9, с.5]:

1. Для підвищення довговічності ЗК на контактних ділянках свердла, які інтенсивно зношуються внаслідок підвищеної схильності швидкорізальної сталі

(субстрата) до термопластичного прогину і в'язкому руйнуванню, а також внаслідок концентрації небезпечних напруг на межі ЗК-субстрат, потрібно між субстратом і ЗК сформувати зміцнювальний (термостабілізувальний) шар, який сприятиме зростанню міцності та жорсткості різального клину.

2. Для забезпечення ефективного функціонування ЗК необхідно визначити зв'язки параметрів, які характеризують властивості субстрату, зміцнювального шару і ЗК.

3. Для підвищення міцності адгезійного зв'язку ЗК і субстрату слід передбачити проміжний прошарок, якому властива велика фізико-хімічна активність.

На основі описаного вище підходу була розроблена методика комбінованого поверхневого іонно-плазмового оброблення, розроблена технологія її реалізації. Згідно робочих гіпотез ЗК має складатися із зміцненого шару, адгезійного прошарку і зносостійкого покриття, яке може бути багатошаровим, композиційним або багатошаровим-композиційним. Кожен з елементів ЗК виконує визначенні йому функції.

Зміцнений шар сприяє зростанню пластичної міцності і жорсткості різального клину свердел, що зменшує імовірність крихкого руйнування його покриття. Окрім того, цей шар компенсує різницю властивостей матеріалів покриття та субстрату і підвищує теплостійкість приповерхневих шарів останнього, що знижує імовірність їх ослаблення і руйнування в процесі роботи свердла.

Для формування зміцненого шару була використана установка, розроблена на основі вакуумно-дугового агрегату ННВ.6.6-І4 з дуговими джерелами низькоенергетичної газової (азотної) плазми, що активується електричним розрядом. Вона обладнана спеціальним джерелом іонів, яке може бути прискорювачем плазмового потоку, слугувати генератором електронів для термічної активації поверхонь інструмента або джерелом високоіонізованого газу для хіміко-термічного оброблення (ХТО). Принципова схема установки наведена на рис. 4.1.

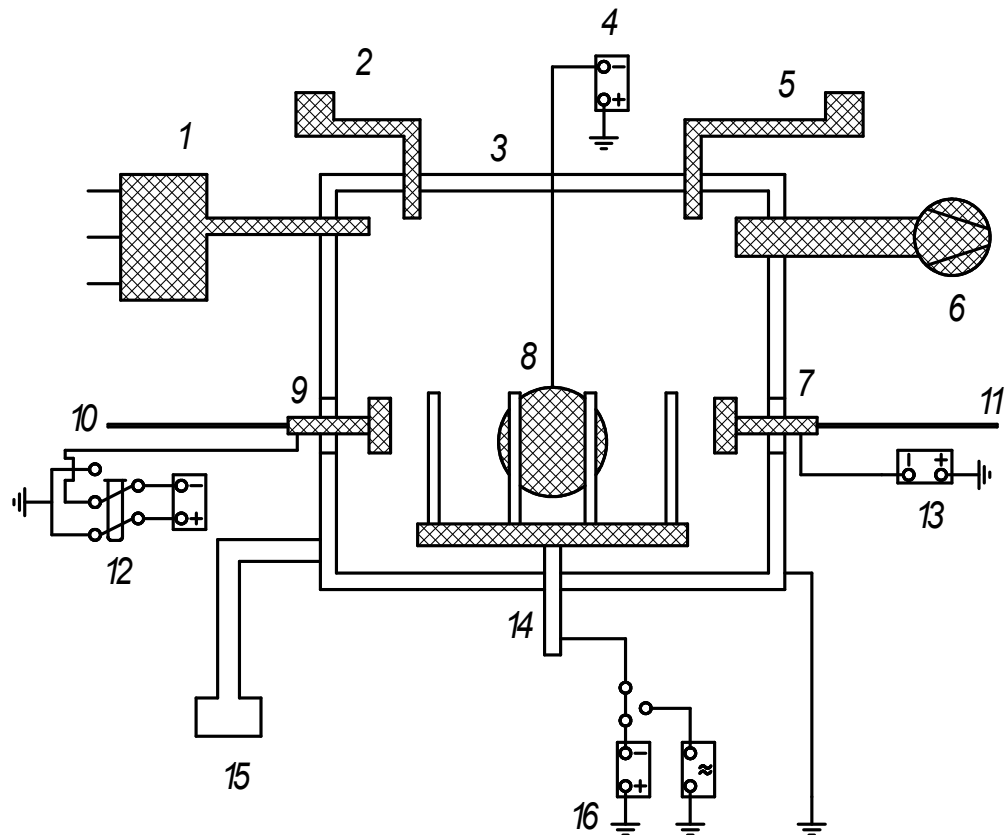


Рисунок 4.1 - Принципова схема універсальної вакуумно-дугової установки

1 – газозмішувач; 2 – вакуумметр; 3 – вакуумна камера; 4 – джерело живлення прискорювача сепаратора; 5 – система контролю температури; 6 – вакуумна система; 7 і 9 - дугові випаровувачі; 8 – джерело сепарованої плазми; 10 і 11 – системи охолодження випаровувачів; 12 і 13 - джерела електроживлення випаровувачів; 14 – поворотний стіл для розміщення інструменту; 15 – система нагрівання і охолодження камери; 16 – джерело імпульсної подачі напруги на інструмент

Установка дозволяє наступне: проводити термоактивацію поверхні з допомогою електронів; виконувати іонне очищення поверхні іонами газометалевої плазми середньої енергетичності; здійснювати ХТО; синтезувати одношарове, двошарове, багатшарове, композиційне або багатшарове-композиційне покриття, керувати його параметрами і структурою з допомогою іонних пучків, забезпечуючи при цьому сепарацію мікро-крапельної складової і повне гасіння мікродуг; формувати ЗК багатоцільового призначення.

При обробленні свердел із сталі Р6М5 низькоенергетичною азотною плазмою протягом 20...40 хвилин за температури 400...450°С на їх поверхні формується зміцнений шар глибиною 10...100мкм і твердістю $11 \cdot 10^5$ МПа з теплостійкістю на 20...50°С вищою теплостійкості сталі Р6М5 у вихідному стані.

Розроблена технологія КІПО свердел із швидкорізальних сталей включає в себе наступні процеси: електронне нагрівання (термічну активацію); очищення поверхні іонами нейтральних газів (наприклад, аргону); іонне азотування (формування зміцненого шару); очищення поверхні іонами металів (Ті, Сr, Zr та ін.); формування адгезійного прошарку; конденсацію покриття; охолодження в камері.

Розділення процесів нагрівання і очищення свердел від забруднюючих плівок дозволяє нагрівати інструмент до оптимальної температури без загрози електроерозійного ушкодження різальних крайок інструменту і очищувати його за оптимальної дози опромінення (до 10^{19} іон/см²).

Вплив розрідження в камері p і напруги U при іонному азотуванні на зношування свердел по задній поверхні h_z досліджували шляхом двофакторного планування експерименту при допущенні, що час азотування є випадковим фактором (рис. 4.2 і 4.3).

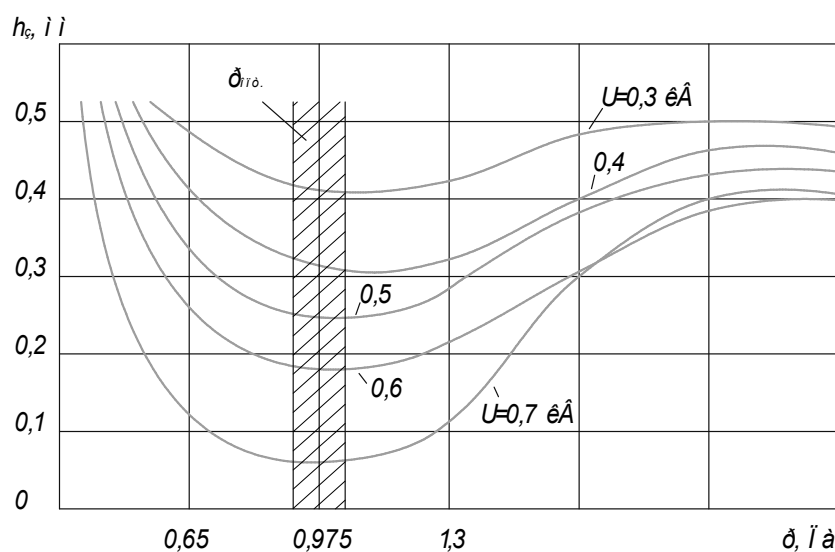


Рисунок 4.2 - Залежності зношування h_3 по задній поверхні від розрідження в камері p і напруги U при іонному азотуванні

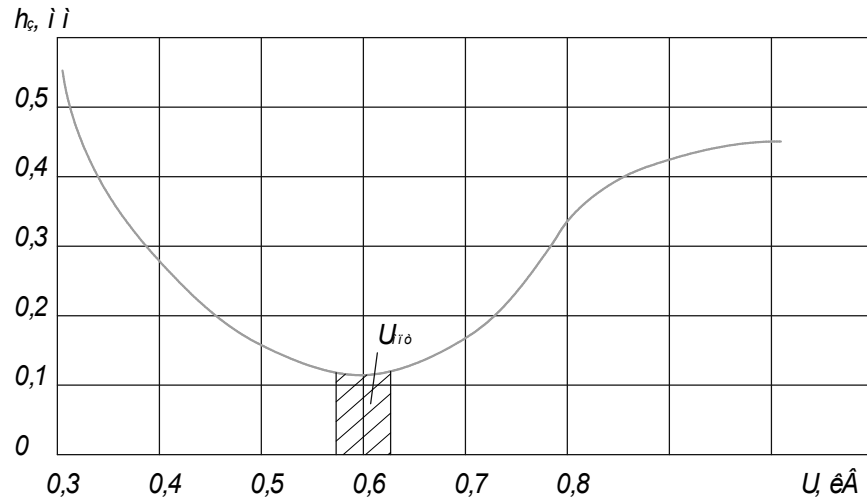


Рисунок 4.3 - Залежність зношування по задній поверхні свердла h_3 від напруги U і оптимальному розрідженню в камері p при іонному азотуванні

Згідно результатів експериментів була отримана математична модель процесу азотування:

$$F(h_3) = 1 - \exp[-h_3 / (2,46 \cdot 10^{-7} p^{-1,24} U^{-21,1})]^{6,2}, \quad (4.1)$$

де h_3 – зношування свердла по задній поверхні, мм;

p – розрідження в розрядній камері, Па;

U – напруга, кВ.

З допомогою аналізу даної моделі були отримані оптимальні значення розрідження в камері $p_{opt} = 0,975$ Па і напруги між катодом і анодом $U_{opt} = 0,6$ кВ при значенні тривалості процесу азотування 20хв.

Для підтвердження отриманих результатів оптимізації були проведенні випробування свердел із сталі Р6М5 $\varnothing 6$ мм без покриття та із ЗК, яке отримали методом КІПО, при обробленні алюмінієвого сплаву АК-12 (НВ50) за швидкості різання 35м/хв. і подачі $s = 0,1$ мм/об. без охолодження. Результати випробувань наведені на рис. 4.4. З аналізу даних видно, що інтенсивність зношування свердел із ЗК значно менша, ніж у свердел без покриття.

За результатами випробувань зношування свердел по задній поверхні в умовах оброблення алюмінієвого сплаву були отримані наступні залежності:

для свердл без покриття

$$F(h_3)=1-\exp[-h_3/(1,43 \cdot 10^{-11} t^{-1,34} s^{-0,8} \cdot n^{2,97} \cdot T^{1,39})]^{4,61}; \quad (4.2)$$

для свердл із ЗК

$$F(h_3)=1-\exp[-h_3/(3,65 \cdot 10^{-11} t^{-1,19} s^{-0,7} \cdot n^{2,68} \cdot T^{1,27})]^{3,93}, \quad (4.3)$$

де t – глибина різання, мм;

n – частота обертання свердла, об/хв.;

T – тривалість процесу різання, хв.

Залежності (4.2) і (4.3) відрізняються від використовуваних раніше тим, що враховують тривалість процесу різання. Як видно, із збільшенням тривалості процесу різання T опір свердел зношуванню зменшується. З формул (4.2) і (4.3) слідує, що зношування свердел із нанесеним ЗК за інших рівних умов майже у 2 рази менший, ніж у свердел без покриття.

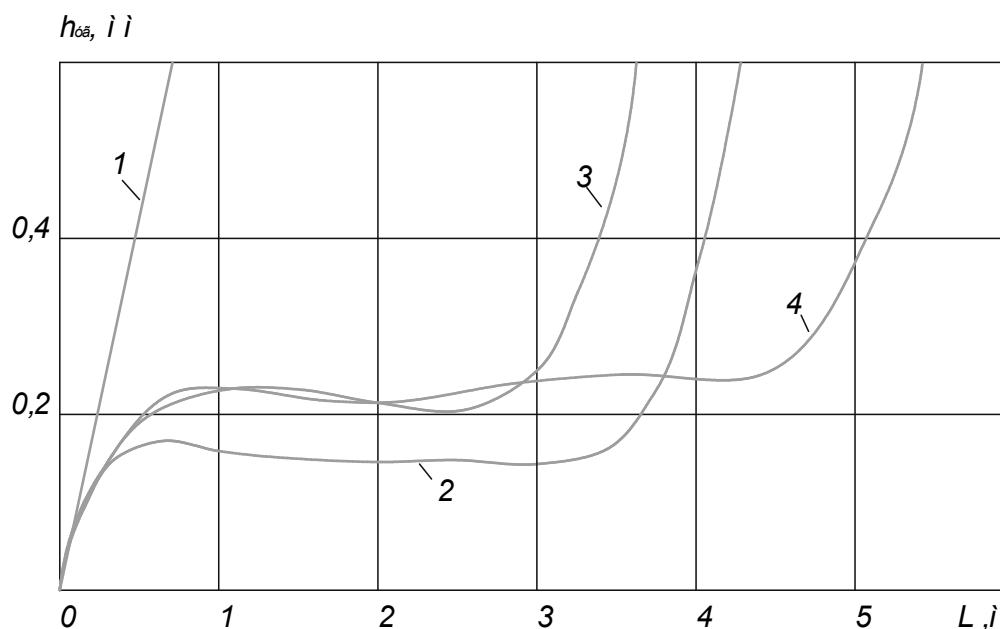


Рисунок 4.4 Залежності зносу h_{y2} кутика свердла $\varnothing 6$ мм від довжини L шляху різання алюмінієвого сплаву АК5М7

1 – свердло без покриття; 2 - свердло з покриттям TiN; 3 – свердло з покриттям Ti+TiN; 4 – свердло з покриттям Cr+(Ti,Cr)N

Аналізуючи результати проведених досліджень, можна стверджувати, що найкраще значення зносостійкості при комбінованому іонно-плазмовому обробленні забезпечується за наступних режимів: тиск $p_{omm}=0,975\text{Па}$ і напруга $U_{omm}=0,6\text{кВ}$ і час азотування $t=20\text{хв}$.

Висновки до розділу 4.

За даними проведених випробувань свердел із сталі Р6М5 стійкість інструменту, зміцненого покриттям за вказаними режимами, при обробленні отворів в алюмінієвих сплавах зростає в середньому в 2...2,5 рази, що свідчить про доцільність використання запропонованого методу нанесення зносостійких покриттів у вдосконаленому технологічному процесі механічного оброблення корпусу ЕУ.8.172.246.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Створення безпечних умов праці на машинобудівній дільниці

Виготовлення корпусу ЕУ.8.172.246, матеріал якого алюмінієвий сплав АК-12, передбачається на машинобудівній дільниці базового підприємства. В процесі оброблення будуть використовуватись фрезерувальні, свердлувальні та шліфувальні верстати. При роботі верстатів може використовуватись мастильно-охолоджувальна рідина (МОР).

Небезпечну зону при роботі обладнання будуть становити відкриті деталі верстатів, які переміщуються чи обертаються. Небезпека може бути навіть на відстані від верстата - це стружка, що відлітає, частинки абразиву тощо. Відстань вражаючої дії стружки залежить від характеру оброблення, режиму різання і фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

При обробленні свердлуванням алюмінієвого сплаву утворюється зливна стружка, а при фрезеруванні може утворюватися стружка сколювання. Стружка сколювання може відлітати від місця різання на значну відстань, інколи у вигляді факела, і являє собою небезпеку, так як може поранити чи засмітити очі, викликати опіки обличчя і рук.

Зливна стружка, зазвичай, сходить з верстата при обробленні отворів у вигляді безперервної стрічки. Вона може мати складну траєкторію руху і своїми гострими кромками нанести робочому важку травму. При великих швидкостях різання ця стружка має високу температуру, яка в окремих випадках досягає 600...700 °С, і при торканні до неї можна отримати сильні опіки.

Під час шліфування утворюється пил, який шкідливо впливає на організм робітника. Пил виявляє шкідливу дію головним чином на дихальні шляхи та легені. При тривалому впливі пилу на людину може виникнути небезпечне враження усього організму. Пил, який проникає глибоко в легені, може призвести до розвитку в них захворювання пневмоконіозу, сутність якого полягає в розвитку фіброзу, тобто, заміщення легеневих тканин з'єднувальними тканинами. У підсумку виникає підвищена небезпека захворювання запаленням легень. Пил залежно від його складу і виду може несприятливо діяти на шкіру і очі.

Мастильно-охолоджувальні рідини, що використовуються при механічному обробленні, досить різноманітні за складом. В результаті механічного розбризкування і випаровування МОР, так як температура різального інструменту, яку зрошує МОР, може сягати декількох сотень градусів, її компоненти надходять в повітря у вигляді масляних та інших аерозолів, а також складних парогазових сумішей. Вдихання їх може бути причиною подразнювального впливу на органи дихання, легеневу тканину, а також несприятливого впливу на інші системи організму.

Під час роботи технологічного обладнання виникають такі шкідливості як шум і вібрація. За характером дії на організм людини вібрація поділяється на

загальну та місцеву. Загальна вібрація діє на все тіло людини, а місцева – на руки працівника. Можлива комбінована дія загальної та місцевої вібрації. Дія загальної вібрації, яка викликається роботою технологічного обладнання, внаслідок трясіння підлоги, площі, сидіння, на якому знаходиться робітник, розповсюджується на весь організм. Небезпека дії загальної вібрації пояснюється наступним: внутрішні органи та окремі частини тіла людини (серце, шлунок, голова тощо) можна розглядати як коливальні системи, які мають різні зосереджені маси, з'єднані між собою гнучкими елементами. Більшість внутрішніх органів мають власну частоту коливань в діапазоні 6...9Гц. Вплив на організм людини зовнішніх коливань з тою самою частотою може викликати резонансні коливання внутрішніх органів, що являє небезпеку їх зміщення і механічних пошкоджень. Особливо організм людини чутливий до вертикального трясіння, коли людина знаходиться (стоїть) на віброуючій поверхні і трясіння розповсюджується від ніг до голови.

Шум теж шкідливо впливає на весь організм людини і в першу чергу на центральну нервову і серцево-судинну системи. Тривалий вплив інтенсивного шуму може призвести до погіршення слуху, а в окремих випадках – до глухоти. Шум на виробництві несприятливо впливає на працюючого: послаблює увагу, збільшує витрати енергії при однаковому фізичному навантаженні, гальмує швидкість психічних реакцій. В результаті знижується продуктивність і погіршується якість роботи. Шум утруднює своєчасну реакцію працюючого на попереджувальні сигнали, що подаються персоналом, який обслуговує внутрішньо-цеховий транспорт, що може стати причиною нещасного випадку.

Обладнання, яке буде використовуватись на машинобудівній ділянці, містить електродвигуни. У тій чи іншій мірі з електроенергією пов'язані усі працюючі. При невмілому поводженні чи недотриманні встановлених вимог, електричний струм є дуже небезпечним. Небезпека враження електричним струмом специфічна, так як вона не може бути виявлена органами чуття людини: зором, слухом чи нюхом. Дія електричного струму на організм людини своєрідна і носить різнобічний характер. Електричний струм, який

проходить через тіло людини, має термічний, електролітичний та біологічний вплив на різні системи організму. При цьому можуть виникати порушення діяльності життєвоважливих органів людини: мозку, серця, легень.

Всі види дії електричного струму на організм людини можна об'єднати у два основних: електричні травми і електричні удари. Електричні травми – це місцеві пошкодження тіла: опіки, металізація шкіри, механічні пошкодження органів. Електричний удар викликає збудження живих тканин організму, що супроводжуються мимовільними судомами м'язів, в тому числі м'язів серця і легень. В підсумку можуть виникнути різні порушення життєдіяльності органів дихання та коровообігу.

На машинобудівній дільниці на металорізальних верстатах для затиску заготовок в пристроях широко використовується стиснуте повітря. Використання стиснутого повітря забезпечує можливість вдосконалення механізації трудомістких виробничих процесів, автоматизації виробництва, покращенню санітарно-гігієнічних умов праці. В той же самий час апарати, які працюють під тиском, є джерелом підвищеної небезпеки для оточуючих. Велику небезпеку являє струмінь стиснутого повітря, який виривається з аварійно зруйнованого з'єднання деталей пневмомережі. Струмінь, який має велику швидкість, може нанести важкі пошкодження персоналу, що опинився в цей час поблизу.

Для створення безпечних умов праці необхідно забезпечити правильне розміщення обладнання в приміщенні, оснастити дільницю відповідними транспортними засобами і підйомними механізмами, використовувати колективні та індивідуальні засоби захисту та раціональне облаштування робочих місць. Проведення цих робіт необхідне для усунення виробничої небезпеки, під якою розуміють можливість впливу на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Санітарними нормами передбачені технологічні процеси і виробниче обладнання використовувати такими, щоб були відсутні чи мінімально виділялися

в повітря приміщень, в атмосферу і в стічні води шкідливі і неприємні пахучі речовини, тепло і волога, а також пил.

Здійснення необхідних заходів належить проводити, замінюючи шкідливі речовини на виробництві нешкідливими чи менш шкідливими; сухі способи перероблення матеріалів, що виділяють пил – вологими; нагрівання полум'ям – електричним нагріванням; тверде і рідке паливо – газоподібним, а також використовувати герметизацію і максимальне ущільнення стиків і з'єднань в технологічному обладнанні і трубомережах для запобігання виділення шкідливих речовин в процесі виробництва. Важливим є теплова ізоляція нагрітих поверхонь обладнання, пневмомереж і трубопроводів, укривання завантажувальних ємностей механічного транспорту, використання гідропневмотранспорту при транспортуванні пилоутворювальних матеріалів.

Зниження концентрації пилу до допустимих величин можна проводити різними способами. Боротьбі з пилом слід приділяти увагу вже на стадії проєктування виробничих приміщень, конструюванні технологічного обладнання, верстатів та інструменту так, щоб вони забезпечували безпилівість технологічних процесів.

На машинобудівній дільниці рекомендується стіни фарбувати масляною фарбою, а підлоги робити гладкими, які не всмоктують пил. Зменшенню пилоутворення сприяє також зволоження повітря.

Автоматизація технологічних процесів дозволяє робітнику керувати процесом з пульта, розташованого поза зоною оброблення. Одним із основних заходів з оптимізації параметрів мікроклімату і складу повітря у виробничих приміщеннях є забезпечення необхідного повітрообміну. Загальнообмінна вентиляція має бути влаштована таким чином, щоби виключити можливість надходження повітря із приміщень з великим пилоутворенням до приміщень з меншим виділенням пилу.

Санітарними нормами встановлено, що об'єм виробничих приміщень на одного працюючого повинен складати не менше 15м^3 , а площа приміщень – не менше $4,5\text{м}^2$. У виробничих приміщеннях з об'ємом до 20м^3 на одного

працюючого при відсутності забруднення повітря виробничими шкідливими речовинами вентиляція має забезпечити подачу зовнішнього повітря в кількості не менше 30м^3 за годину на кожного працюючого, а в приміщенні з об'ємом 20м^3 на одного працюючого – не менше 20м^3 за годину. В приміщеннях з об'ємом більше 40м^3 на одного працюючого при наявності вікон і ліхтарів допускається періодичність відкривання фрамуг вікон і ліхтарів для природньої вентиляції. В усіх вказаних вище випадках при цьому повинні бути забезпечені норми по температурі і вологості повітря у виробничих приміщеннях. Вентиляція має забезпечувати умови, які відповідають вимогам технологічного процесу, зберіганню обладнання і будівельних конструкцій будівель. Для цього на машинобудівній дільниці передбачається припливно-витяжна вентиляція постійної дії.

В розробленому технологічному процесі використовуються різні металообробні верстати. Це вертикально-свердлувальні з ЧПК, вертикально-фрезерувальні з ЧПК та шліфувальні верстати. Загальні вимоги безпеки, які висуваються до металообробних верстатів, визначені у ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ, а додаткові вимоги, що викликані особливостями їх конструкції і умов експлуатації, вказуються в нормативно-технічній документації на верстати.

Захисні пристрої, які огорожують зону оброблення, повинні захищати працівника від стружки, що відлітає, і мастильно-охолоджувальної рідини. Конструкція захисних пристроїв не має обмежувати технологічні можливості верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагоджуванні, а при їх відкриванні – не забруднювати підлогу мастильно-охолоджувальною рідиною. В усіх випадках кріплення захисних пристроїв має бути надійним і не допускати самовільного відкривання.

Верстати обладнують автоматичним блокуванням, яке не допускає вмикання робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів керування верстатів, верстатних приладів і пристроїв, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати робітника.

Органи керування верстатами мають бути розташовані на висоті не нижче 500мм і не вище 1700мм від рівня підлоги. Зусилля на ручках і важелях органів керування не має перевищувати 40Н, а для фрикційних муфт головного приводу на початку і кінці переміщення – 80Н.

На верстатах, що використовуються для оброблення даної деталі, час зупинки шпинделя не повинен перевищувати 5с.

Захисні вікна (екрани) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в декілька шарів загальною товщиною не менше 10мм.

Оброблювальні вироби в процесі оброблення встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах і інших пристроях, які мають бути надійно закріплені на столах, плитах та шпинделях верстатів. Механізми кріплення патронів повинні забезпечувати надійне затискання і точне центрування інструментів та заготовок.

Верстати при несправній системі електрообладнання можуть підлягати дії електричного струму, що дуже небезпечно для життя людини. Щоб попередити враження електричним струмом кожен верстат та його привод заземлюють.

Крім того, всі струмопровідні частини верстатів та іншого обладнання закривають кожухами, на верстати встановлюють блокувальні пристрої, під ноги робітнику кладуть дерев'яну ізолювальну решітку. При ремонті використовують гумові рукавиці, килимки, інструмент з ізольованими ручками.

Участь робітників не електромеханічного фаху в ремонтно-налагоджувальних, випробувальних та інших роботах з електроприладами недопустимі.

Робітник-верстатник, приступаючи до роботи, повинен переконатися в тому, що електрична частина верстата справна, безпечна в дії, огорожена, верстат надійно заземлений. При виявленні несправності, робітник зобов'язаний сповістити про це керівника робіт, викликати для ремонту фахівця служби електрогосподарства та приступити до роботи тільки після усунення несправностей. Встановлення огорожень на відкриті частини електроприводу, електророзподільників та інших електроприладів на верстаті, а також заміна

перегорілих ламп загального користування та місцевого освітлення є обов'язками електротехнічного персоналу. Ці роботи забороняється виконувати робітникам-верстатникам.

На механічній дільниці, де обробляється деталь знаходиться різноманітне обладнання, що підвищує та полегшує працю працюючого. При роботі на верстатах робітник має дотримуватись правил техніки безпеки, так як на нього може впливати ряд шкідливих факторів. Небезпека при переміщенні робочих органів верстатів, обертання інструмента та заготовки є додатковим фактором небезпеки. Все це при неправильній експлуатації може призвести до травм. На здоров'я робітника також впливають шум, вібрація, пил, випари, які виділяє обладнання. Таким чином, в робочій зоні обладнання на робітника діє ряд шкідливих факторів, що породжує ймовірність виникнення нещасних випадків та травм, тому на робочому місці використовують різні захисні пристрої: екрани, окуляри, витяжки, вентиляція.

Система безпеки на машинобудівному виробництві регламентується ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. У відповідності з цим проводять ряд різноманітних інструктажів. Загальне керівництво та організація техніки безпеки на підприємстві здійснюється головним інженером підприємства, а на дільниці – майстром.

Керівник на дільниці проводить наступні види інструктажів: первинний, повторний, позаплановий та поточний. Первинний інструктаж майстер проводить на робочому місці з кожним робітником індивідуально. Повторний інструктаж проходять всі робітники не рідше, ніж через шість місяців. Позаплановий інструктаж проводять при зміні правил охорони праці. Його проводять індивідуально чи з групою робітників. Поточний інструктаж проводять з працівниками перед виконанням особливо небезпечних робіт, на які оформлюється наряд-допуск.

В журналі з техніки безпеки проводиться запис, що підтверджує його про-ведення. Кожен верстатник повинен поставити підпис в журналі і суворо дотримуватись вимог з техніки безпеки. Крім того, кожне робоче місце

забезпечується інструкцією з охорони праці та техніки безпеки, яка розробляється для груп верстатів.

Забезпечення пожежної безпеки на дільниці покладається на майстра. Інструкція про заходи пожежної безпеки має висіти на видному місці. Кожен працюючий на дільниці зобов'язаний чітко знати і виконувати правила пожежної безпеки, не допускати дій, які можуть призвести до пожежі. Всі, хто приступає до роботи, проходять інструктаж з протипожежної безпеки.

5.2 Організація штучного освітлення на машинобудівній дільниці

Нормальні умови роботи в виробничих приміщеннях можуть бути забезпечені лише при достатньому освітленні робочих зон, проходів та проїздів.

Робочі зони освітлюються в такій мірі, щоб робітник мав можливість добре бачити процес роботи, не напружував зір і не нахилився для цього до інструмента і оброблюваного виробу, який розташований на відстані не більше 0,5м від очей. Освітлення не має утворювати різких тіней або блисків, які діють осліплююче. Необхідно також захищати очі робочого від прямих променів джерела світла.

Проходи і проїзди освітлюються таким чином, щоб забезпечувалась хороша видимість елементів будівлі і обладнання, складених на підлозі заготовок і деталей, внутрізаводського транспорту, який рухається. Недостатня освітленість проходів та проїздів може бути причиною травмування робітника в результаті удару об виступаючі елементи конструкцій будівлі чи падіння при зачепленні об лежачі на підлозі предмети.

Освітленість, яка забезпечує нормальні зорові умови роботи, є важливим фактором при організації виробництва. В процесі роботи людині доводиться розрізняти різноманітні предмети, матеріали, деталі, структуру матеріалу, чистоту оброблення поверхонь деталей, ділення шкали вимірювального інструменту при вимірюванні точності оброблення тощо.

Засліплення дуже яскравим джерелом світла, часта адаптація втомлюють очі. Це може призвести до професійних захворювань і сприяти збільшенню числа нещасних випадків, так як тривалість процесу адаптації ока в залежності від перепадів яскравості може тривати до декількох хвилин. При цьому в перший момент людина практично нічого не бачить, що являє собою велику небезпеку. Сильне засліплення викликає подразнення і різь в очах, головний біль і може призвести до ушкодження органів зору.

Необхідний рівень освітлення визначається ступенем точності зорових робіт. Для раціональної організації освітлення необхідно не тільки забезпечити достатню освітленість робочих поверхонь, але і створити відповідні якісні показники освітленості. До якісних характеристик освітлення відносяться рівномірність розподілу світлового потоку, блискітливість, контраст об'єкта з фоном тощо.

Світлове випромінювання виявляє вплив на організм людини і може змінити частоту серцевого пульсу, інтенсивність окремих процесів обміну речовин, загальний нервово-психологічний стан. Оптимальні світлові умови сприятливо діють на активність людини і її працездатність.

В темну пору доби, а також при недостатньому природному освітленні необхідно використовувати штучне освітлення як в приміщеннях, так і на відкритих площадках, проїздах тощо. У зв'язку із цим якості штучного освітлення надають серйозного значення. Електричне освітлення не тільки замінює природне, але і полегшує працю робітника, знижує його втомлюваність. На якість освітлення приміщення впливає інтенсивність світлового потоку, а також тип і колір світильника, колір стін приміщення і обладнання та їх стан (свіжість фарбування і запиленість).

Штучне освітлення за способом розташування джерел світла поділяється на загальне, місцеве і комбіноване (загальне + місцеве). У виробничих приміщеннях тільки місцеве освітлення використовувати забороняється.

В освітлювальних установках промислових підприємств використовують лампи розжарювання і газорозрядні джерела світла. Основні характеристики

ламп: номінальна напруга, електрична потужність, світловий потік, світлова віддача і термін служби. Нормативним документом про штучне освітлення є СНиП 2.09.03-85

В будівлях без природного освітлення або з недостатнім природним освітленням нормами передбачено підвищення рівня освітленості тільки від світильників загального призначення незалежно від прийнятої схеми освітлення (загальне освітлення чи комбіноване). Сумарна освітленість, яка створюється світильниками загального і місцевого освітлення для цих будівель і приміщень, приймається такою ж, як і в приміщеннях з достатнім природним освітленням.

Підвищену освітленість передбачають в приміщеннях з недостатнім природним освітленням, яке при боковому освітленні складає менше 80% нормованого значення, а при верхньому - менше 60%. Нормовану освітленість слід зменшувати при короткочасному перебуванні людей в приміщенні.

За умов повністю автоматизованого технологічного процесу для забезпечення нормованого рівня освітленості при виконанні ремонтно-налагоджувальних робіт передбачають додаткові світильники загального освітлення, а також стаціонарні і переносні світильники місцевого освітлення.

Підвіска світильників повинна бути жорсткою, має виключати їх розгойдування під дією повітряних потоків. Слід враховувати, що при експлуатації світильники забруднюються від пилу, диму та кіптяви і освітленість знижується. Освітленість у виробничих приміщеннях і на робочих місцях може бути перевірена за допомогою об'єктивного люксметра з фотоелементом, які є зручними і точними приладами переносного типу.

5.2.1 Розрахунок системи штучного освітлення на машинобудівній дільниці

Розрахуємо штучне освітлення машинобудівній дільниці, на якій передбачається реалізувати удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Корпус ЕУ.8.172.246».

Вихідні дані взяті із базового підприємства: площа ділянки $S_{\text{вир}} = 572\text{м}^2$; висота підвіски світильників від підлоги $H_p = 6,0\text{м}$; коефіцієнти відбиття стелі, стін та підлоги $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$; $\rho_{\text{стін}} = 30\%$; $\rho_{\text{підл.}} = 10\%$.

Приймаємо для освітлення приміщення світильники ЛСП 013 з двома лампами типу ЛД-80. Необхідна кількість таких світильників може бути визначена за формулою [10]:

$$N = \frac{E_n \cdot S_{\text{вир.}} \cdot k_z \cdot z}{\Phi_l \cdot m \cdot \eta}, \quad (6.1)$$

де E_n - нормована освітленість, $E_n = 200\text{Лк}$;

k_z – коефіцієнт запасу, $k = 1,5$;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 1,1 \dots 1,2$, приймаємо $z = 1,15$;

Φ_l – світловий потік лампи. Для лампи ЛД-80 $\Phi_l = 4070\text{лм}$;

m – кількість ламп у світильнику, $m = 2$;

η - коефіцієнт використання світлового потоку, який визначається за таблицями [10] в залежності від:

1) індексу приміщення; 2) типу світильника; 3) значень коефіцієнта відбиття.

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot H_p} = \frac{54 \cdot 12}{(54 + 12) \cdot 6} \approx 1,6. \quad (6.2)$$

де A – довжина приміщення, $A = 54$ м;

B – ширина приміщення, $B = 12$ м;

H_p – висота приміщення, $H_p = 6$ м.

Тоді, $N_p = \frac{200 \cdot 572 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{4070 \cdot 2 \cdot 0,6} = 40,4$. Приймаємо $N_\phi = 44$.

Розташовуємо світильники у 4 ряди по 11 у кожному.

Тоді загальна потужність освітлювальної установки визначиться за формулою:

$$P_{заг} = P_{л} \cdot m \cdot N_{\phi} = 80 \cdot 2 \cdot 44 = 7040 \text{ Вт.} \quad (6.3)$$

Питома потужність

$$P_{пит} = \frac{P_{заг}}{S} = \frac{7040}{572} = 12 \text{ Вт/м}^2.$$

(6.4)

Фактичне освітлення за розрахунком

$$E_{\phi} = E_n \frac{N_{\phi}}{N_p} = 200 \frac{44}{40} = 220 \text{ лк.} \quad (6.5)$$

5.3 Заходи з охорони навколишнього середовища

Важливе значення для нормальної життєдіяльності людини є наявність чистого повітря необхідного хімічного складу, оптимальної температури, вологості та швидкості руху. У виробничому приміщенні при роботі верстатів, машин та іншого обладнання і працюючих людей може виникати надлишкова кількість вологи і тепла, а також забруднювальних повітря газів, пари і пилу.

Діючі санітарні норми проектування промислових підприємств СНиП 2.09.03-85, встановлюють гранично допустимий вміст шкідливих речовин і стан повітря в робочій зоні. Утворення в робочій зоні належних кліматичних умов, які сприятливо діють на організм, підвищують безпечність роботи працівників і забезпечують їх належну працездатність.

Санітарними нормами передбачені технологічні процеси і виробниче обладнання запроваджувати такими, щоби були відсутні чи мали мінімальне виділення в повітря приміщень, в атмосферу і в стокові води речовин, які мають неприємний запах, надлишки тепла, вологи, а також пилу. Необхідні для

цього заходи необхідно впроваджувати, замінюючи шкідливі речовини на виробництві нешкідливими чи менш шкідливими; сухі засоби перероблення порошкових металів – вологими; полум'яне нагрівання – електричним; тверде та рідке паливо – газоподібним тощо.

Щоб створити в приміщеннях нормальні метеорологічні умови, видалити з них шкідливі гази, пару та пил, необхідно застосовувати природну, механічну та змішану вентиляції, а також правильно спроектувати і належним чином експлуатувати вентиляційну систему.

Для захисту від вібрації використовують захисні пристрої: огорожувальні, віброізолювальні, віброгасні, вібропоглинальні, а також засоби автоматичного контролю, сигналізації, дистанційного керування.

Для боротьби з шумом на шляху його розповсюдження необхідно встановити звукоізолювальні та звукопоглинальні конструкції, а також глушники аеродинамічних шумів.

Для захисту персоналу від впливу електромагнітних полів слід використовувати різноманітні способи і засоби: зменшення напруженості та густини потоку енергії і екранування робочих місць; віддалення робочого місця від джерела електромагнітних полів; раціональне розміщення в робочому приміщенні обладнання, яке випромінює електромагнітну енергію тощо.

Захист від електротравматизму забезпечують недоступністю струмопровідних частин для випадкового доторкання, зниженням напруги, яка використовується в електроустановках, їх заземленням та зануленням, автоматичним вимиканням у разі несправностей, індивідуальним захистом працівників та інше.

Висновки до розділу 5

В розділі «Охорона праці» розглянуті загальні питання створення безпечних умов праці на машинобудівній дільниці, на якій планується впровадження нового варіанту технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЕУ.8.172.246». Зокрема, детально висвітлені особливості організації

штучного освітлення на машинобудівній дільниці та заходи з охорони навколишнього середовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кожен фахівець освітнього рівня магістра з прикладної механіки має економічно обґрунтовувати варіанти проектування нового технологічного процесу чи найскладнішого агрегату при мінімальних витратах засобів та часу; враховувати кращі вітчизняні та зарубіжні стандарти.

В розробленому новому варіанті технологічного процесу механічного оброблення деталі «Корпус ЕУ8.172.246» згідно теми кваліфікаційної роботи в якості технологічного обладнання були використані верстати з числовим програмним керуванням. Так як виробництво серійне, то впровадження такого класу устаткування є єдиним можливим варіантом забезпечення підвищення якості оброблюваної деталі, зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, зміною

інструмента, що, зазвичай, має місце при послідовному обробленні декількох поверхонь на універсальних верстатах.

В технологічному розділі наведений удосконалений варіант технологічного процесу з усіма необхідними розрахунками та обґрунтуваннями, розроблений комплект технологічної документації.

Спроектвані також спеціальні верстатні пристрої і контрольний пристрій, які сприятимуть механізації технологічного процесу та зменшенню трудозатрат. Кресленики пристроїв та специфікації до них розроблені у графічній частині кваліфікаційної роботи.

Розглянуті також питання використання результатів науково-дослідницьких робіт з підвищення працездатності свердел, які використовуються в процесі оброблення деталі, та заходи з охорони праці на машинобудівній ділянці з виготовлення корпусу ЕУ.8.172.246.

Таким чином, усе, що передбачене завданням на кваліфікаційну роботу, міститься в окремих її розділах, розміщених у пояснювальній записці, графічній частині роботи та додатках.

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.: ВПОЛ, 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. Чекалова Е.А. Підвищення ефективності свердел із швидкорізальної сталі з покриттям – Верстати та інструменти. - 2001. - №7.

10. Охорона праці в галузі машинобудування: навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. -. Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

3-D моделі деталі та заготовки

Додаток Б

Комплект технологічної документації

Додаток В

Специфікації до складальних креслеників