

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проекту)

другий (магістерський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення
черв'яка УНЗ 100.01.01.01, шляхом вибору різального інструменту на
операції токарна з ЧПК»**

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-91
спеціальності: 131 – прикладна
механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології
машинобудування

(назва освітньої програми)

Басов Б. С.

(прізвище та ініціали)

Керівники

Колесник В. О.

(прізвище та ініціали)

Петерка Йозеф

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Суми – 2020 року

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

| | |
|--------------------------|---|
| Інститут, факультет | технічних систем і енергоефективних технологій |
| Кафедра | технології машинобудування, верстатів та інструментів |
| Освітньо–науковий рівень | другий (магістерський) |
| | (назва) |
| Спеціальність | 131 – прикладна механіка |
| | (шифр і назва) |
| Освітня програма | технології машинобудування |
| | (назва освітньої програми, за наявності) |

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

«___» _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЕКТУ) СТУДЕНТУ
Басов Богдан Сергійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення черв'яка УНЗ 100.01.01.01, шляхом вибору різального інструменту на операції токарна з ЧПК»**
- керівники проекту **Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Петерка Йозеф, д-р.філ., проф.

- затверджені наказом вищого навчального закладу від «13» листопада 2020 року за №1767-III
2. Строк подання студентом роботи (проекту) «16» грудня 2020 року
3. Вихідні дані до роботи (проекту) Креслення деталі, базовий маршрутний технологічний процес виготовлення деталі
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Виконати аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі.
2. Розробити перспективний технологічний процес виготовлення деталі.
3. Спроекувати спеціальну конструкцію верстатного пристрою для установки заготовки на операції комплексній для фрезерування пазу ЧПК.
4. Дослідити стійкісні характеристики різального інструменту в залежності від режимів різання при токарній обробці.
5. Сформулювати рекомендацій щодо підвищення стійкості ріжучого інструменту залежно від режимів різання при токарній обробці.

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях | Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ | | |
| | | | |

6. Дата видачі завдання «01» вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської роботи (проекту) | Строк виконання етапів роботи (проекту) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі | 01.10.2020 | Виконано |
| 2 | Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі | 15.10.2020 | Виконано |
| 3 | Проектування верстатного пристрою | 01.11.2020 | Виконано |
| 4 | Дослідження стійкості інструменту | 08.11.2020 | Виконано |
| 5 | Формулювання загальних висновків | 10.12. 2020 | Виконано |
| 6 | Підготовка доповіді | 11.12.2020 | Виконано |
| 7 | Підготовка презентації | 12.12. 2020 | Виконано |
| 8 | Оформлення роботи | 14.12.2020 | Виконано |
| | | | |
| | | | |

Студент

(підпис)

Богдан БАСОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**Керівники роботи
(проекту)**

(підпис)

Віталій КОЛЕСНИК

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)



(підпис)

Йозеф ПЕТЕРКА

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 106 сторінок, у тому числі 35 рисунків, 18 таблиць, бібліографію із 33 джерел на двох сторінках.

Мета роботи. Метою роботи підвищення ефективності механічної обробки деталі типу вал за рахунок зміни стратегії обробки з використанням прогресивних розробок верстатного та інструментального виробництва, здатних забезпечити якісну обробку заготовок. Дослідження стійкісних характеристик різального інструменту в залежності від режимів різання при токарній обробці.

Актуальність теми. Деталь «Черв'як» входить до складу перемішувача бурового розчину ПБР–7.5.

Перемішувач бурового розчину призначений для перемішування бурових розчинів, розчинів реагентів та інших рідин щільністю до 2,2 г / см³ в резервуарах з об'ємом до 40 куб. м і висотою до 2 200 мм.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес механічної обробки черв'яка.

Предмет дослідження. Операції технологічного процесу механічної обробки деталі черв'як.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні сучасного технологічного процесу, з використанням прогресивних розробок сучасного виробництва та зміною стратегії обробки.

Практична цінність роботи для машинобудівного підприємства полягає у впровадженні в виробництво сучасних методів обробки з використанням прогресивних розробок.

ЧЕРВ'ЯК, ПРОКАТ, БАЗУВАННЯ, ПРИСТРІЙ СПЕЦІАЛЬНИЙ,
СТІЙКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОКАРНОГО ІНСТРУМЕНТУ

ABSTRACT

The master's thesis is 106 pages, including 35 figures, 18 tables, bibliography of 33 sources on two pages.

The purpose of the work. The aim of the work is to increase the efficiency of machining of shaft type parts by changing the machining strategy with the use of advanced developments of machine tool and tool production, capable of providing high-quality machining of workpieces. Research of stable characteristics of the cutting tool depending on modes of cutting at turning.

Actuality of theme. The "Worm" part is a part of the ПБП-7.5 drilling mud mixer.

The drilling fluid mixer is designed for mixing drilling fluids, reagent solutions and other fluids with a density of up to 2.2 g / cm³ in tanks with a volume of up to 40 cubic meters. m and a height of up to 2,200 mm.

Object of study. The technological process of mechanical processing of the worm.

Subject of study. Operations of the technological process of machining of worm parts.

The scientific novelty of the work is to develop a modern technological process, using advanced developments in modern production and change the processing strategy.

The practical value of work for the machine-building enterprise consists in introduction in production of modern methods of processing with use of progressive developments.

WORM, ROLLING, BASE, SPECIAL DEVICE, STABLE CHARACTERISTICS OF TURNING TOOLS

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою

_____ Віталій ІВАНОВ

«____» грудня 2020 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ
ЧЕРВ'ЯКА УНЗ 100.01.01.01, ШЛЯХОМ ВИБОРУ РІЗАЛЬНОГО
ІНСТРУМЕНТУ НА ОПЕРАЦІЇ ТОКАРНА З ЧПК**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність 131 – прикладна механіка

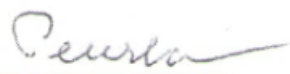
Освітня програма – технології машинобудування

Студент

Б. С. Басов

Керівники

В. О. Колесний



Йозеф Петерка

Консультант з розділу охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

ЗМІСТ

с.

| | |
|--|----|
| Вступ | 5 |
| Розділ 1 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі | 8 |
| 1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації | 8 |
| 1.2 Аналіз технічних вимог та виявлення технологічних задач при виготовлені деталі | 11 |
| 1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації | 14 |
| 1.4 Висновок | 16 |
| Розділ 2 Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі ... | 17 |
| 2.1 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї | 17 |
| 2.2 Аналіз технологічної операції існуючого або типового технологічного процесу | 23 |
| 2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку | 24 |
| 2.4 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки | 27 |
| 2.5 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів | 30 |
| 2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів | 32 |
| 2.7 Розрахунок режимів різання | 35 |
| 2.8 Технічне нормування операцій | 47 |
| 2.9 Проектування верстатного пристрою | 53 |

| | |
|--|----|
| | 4 |
| 2.10 Висновок | 66 |
| Розділ 3 Дослідження стійкості різального інструменту в залежності від режимів різання при токарній обробці..... | 67 |
| 3.1 Методика планування експерименту | 67 |
| 3.2 Геометрія різального інструмент | 69 |
| 3.3 Граничні умови модельного експерименту..... | 72 |
| 3.4 Результати модельного дослідження по визначенню стійкості різального інструменту при різних режимах різання для пластини CNMG 120404 EM TT5080 | 73 |
| 3.5 Результати модельного дослідження по визначенню стійкості різального інструменту при різних режимах різання для пластини DNMG 150604 EM TT5080 | 75 |
| 3.5 Результати модельного дослідження по визначенню стійкості різального інструменту при різних режимах різання для пластини VCMТ 160404 РС TT5080. | 78 |
| 3.6 Висновок | 81 |
| Висновки..... | 83 |
| Перелік джерел посилань | 85 |
| Додаток А Креслення деталі..... | 88 |
| Додаток Б Результати розрахунків на ПЕОМ..... | 89 |
| Додаток В Верстатний пристрій (специфікація) | 90 |
| Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях..... | 91 |

ВСТУП

Актуальність теми. «Черв'як УНЗ 100.01.01.01» входить до складу перемішувача бурового розчину ПБР – 7,5 та призначений для перемішування бурових розчинів, розчинів реагентів та інших рідин щільністю до 2,2 г / см³ в резервуарах з об'ємом до 40 куб. м і висотою до 2 200 мм. Застосовується в нафтовій і газовій промисловості. Попит на вал черв'як цього типу відносно високий. Задоволення наявного попиту може бути досягнуто шляхом проектування перспективних технологічних процесів виготовлення деталі, які враховують необхідність вдосконалення основних операцій, пов'язаних з формоутворенням виробу та зміною фізико-механічних властивостей його матеріалу, а також режими обробки на цих операціях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема роботи пов'язана з науковим напрямком досліджень кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ щодо підвищення ефективності процесів механічної обробки (тема держбюджетної НДР «Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталей та складання машин шляхом вдосконалення методів механічної обробки конструкційних матеріалів, технологічного устаткування та оснащення, систем якості організації та методів викладання технічних дисциплін» (0116U000933)).

Мета і задачі дослідження. Удосконалення технологічного процесу виготовлення «Черв'яка УНЗ 100.01.01.01», шляхом вибору різального інструменту на операції токарна з ЧПК.

Задачі дослідження:

- 1) виконати аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі;
- 2) розробити перспективний технологічний процес виготовлення деталі;
- 3) спроектувати спеціальну конструкцію верстатного пристрою для установки заготовки на операції фрезерна з ЧПК;
- 4) провести модельний експеримент по визначенню раціональних режимів різання при фрезеруванні та проаналізувати отримані дані;

5) визначити область найбільш раціональних режимів різання для операції токарна з ЧПК.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення «Черв'як УНЗ 100.01.01.01», токарна операція з ЧПК.

Предмет дослідження – режими різання та знос інструменту токарної операції, стійкісні характеристики, раціональність аналітично розрахованих режимів.

Методи дослідження. Ключовими методами дослідження були теоретичні та прикладні положення технології машинобудування та теорії різання. Розрахунок припусків на механічну обробку було виконано за методом проф. Кована. Стійкість різального інструменту досліджувався у ході модельного експерименту.

Наукова новизна: в результаті експериментального дослідження були отримані графічні моделі залежності стійкості різального інструменту від режимів різання для трьох різних пластин, що дозволило визначити раціональний режим різання та ріжучу пластину при точінні сталі 12Х2Н4А.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що на основі експериментальних досліджень сформульовані рекомендації, спрямовані на раціоналізацію режимів обробки при точінні «Черв'як УНЗ 100.01.01.01», забезпечення більшої стійкості інструменту та підвищення продуктивності на даній операції.

Апробація роботи. Немає.

Публікації. Немає.

Особистий внесок автора. Автором виявлені недоліки базового технологічного процесу виготовлення деталі. Запропоновані нововведення, спрямовані на вдосконалення існуючої технології. Спроектвані конструкцію верстатного пристрою. Виконано дослідження режимів різання експериментально-графічним методом, та сформульовано рекомендації щодо підвищення продуктивності.

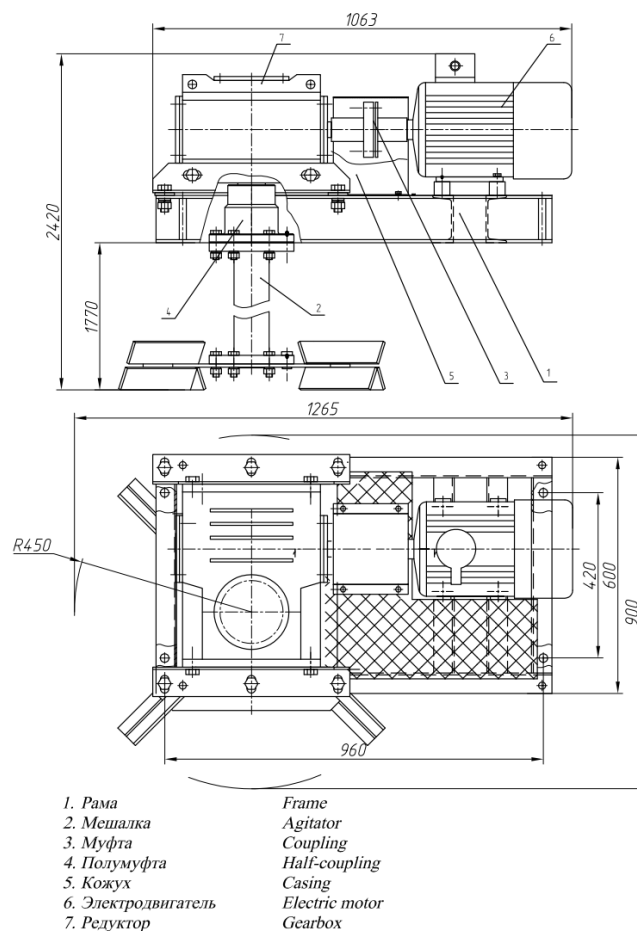
Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 3-х розділів, загальних висновків, переліку використаних посилань з 33 найменувань, 106 сторінок основного тексту, 35 рисунків та 18 таблиць.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації

Деталь «Черв'як УНЗ 100.01.01.01» працює у вузлі з двома підшипниками. До черв'яка приєднаний через муфту двигун який передає крутний момент на черв'як, далі він з'єднаний з черв'ячним колесом до якого через напів-муфту під'єднані лопасті. Призначений для перемішування бурових розчинів, розчинів реагентів та інших рідин щільністю до 2,2 г / см³ в резервуарах з об'ємом до 40 куб. м і висотою до 2 200 мм.



Джерело: <http://ukrnz.com.ua/>

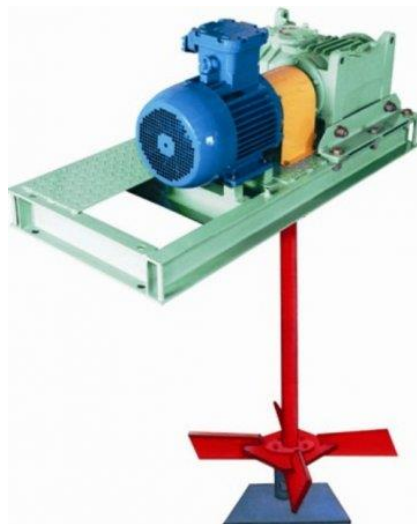
Рисунок 1.1 – Схема перемішувача бурового розчину ПБР – 7,5

Основні характеристики перемішувача бурового розчину ПБР – 7,5 (табл.1.1.)

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики перемішувача ПБР – 7,5

| Характеристика | Числові значення |
|------------------------------------|------------------|
| Електродвигун АИММ132S4У2.5 | |
| потужність, кВт | 7,5 |
| напруга, В | 380 |
| частота обертання об/мин | 1500 |
| частота обертання лопастей, об/мин | 60±5 |

Для забезпечення нормальної роботи, необхідно забезпечити щільність і герметичність складальних стиків редуктора за рахунок відповідної точності форми і розташування поверхонь, а так само якості поверхонь (відповідної шорсткості) складальних одиниць редуктора.



Джерело: <http://ukrnz.com.ua/>

Рисунок 1.2 – Загальний вид ПБР – 7.5

Розглянемо безпосередньо саму деталь, службове призначення деталі «Черв'як УНЗ 100.01.01.01».

На деталі «Черв'як» можна виділити такі поверхні рисунок 1.3.

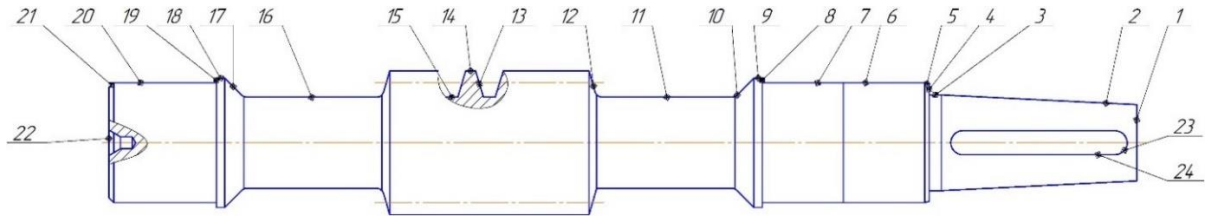


Рисунок 1.3 – Поверхні деталі «Черв'як»

Розглянемо службове призначення кожної поверхні деталі:

- а) основні конструкторські (поверхні, по яких деталь базується у вузлі) – 7, 8, 19, 20;
- б) допоміжні конструкторські (поверхні, по яких базуються інші деталі по відношенню до даної) – 2, 23, 24;
- в) виконавчі (поверхні, завдяки яким деталь виконує своє функціональне призначення) – 6, 12, 13, 14, 15;
- г) вільні поверхні (служать для створення конфігурації, посилення конструкції деталі, технологічно/конструктивні елементи) – 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 16, 17, 18, 21, 22.

Розглядаючи «Черв'як» у вузлі можна стверджувати, що деталь позбавлена п'яти ступенів вільності, рисунок 1.4, таблиця 1.2 та 1.3.

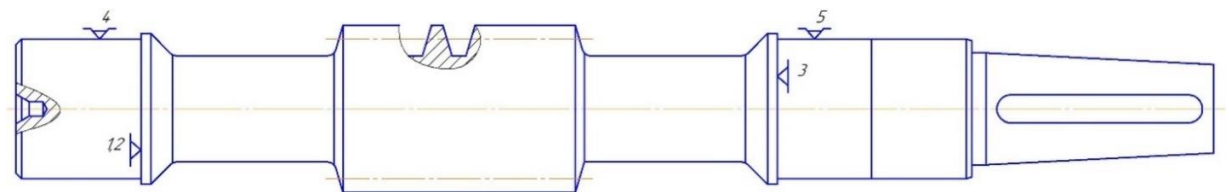


Рисунок 1.4 – Базування деталі в вузлі

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

| Зв'язки | Ступені вільності | Назви баз |
|-----------|-------------------|------------------------|
| 1, 2, 3,4 | II, III, V, VI | Подвійна напрямна база |
| 5 | IV | Опорна база |
| 6 | I | Вакансія |

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

| X,y,z//l, α | X | Y | Z | Назви баз |
|--------------------|---|---|---|------------------------|
| L | 1 | 1 | 0 | Подвійна напрямна база |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| L | 0 | 0 | 0 | Опорна база |
| α | 0 | 0 | 1 | |
| L | 0 | 0 | 1 | Вакансія |
| α | 0 | 0 | 0 | |

Додавши всі ступені вільності яких позбавлена заготовка, встановлено що деталь у вузлі буде позбавлена п'яти ступенів вільності, $\Sigma = 4+1=5$ ступенів.

1.2 Аналіз технічних вимог та виявлення технологічних задач при виготовленні деталі

Технічні вимоги (умови) на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. На основі аналізу робочого креслення можна сказати, що наявних проекцій і перетинів достатньо, вони правильно розміщені згідно існуючих стандартів, на всіх поверхнях вказані вихідні дані: розміри, їх точність і шорсткість, проставлені потрібні технічні вимоги на виготовлення деталі.

Очевидно, що креслення виконане, згідно, ЕСКД і повністю відповідає чинним стандартам: ДСТУ 2.109–13 «Основні вимоги до креслень»; ДСТУ 2.305–15 «Зображені види, розміри, перерізи»; ДСТУ 2.307–13 «Нанесення розмірів і граничних відхилень»; ДСТУ 25142:2009 «Шорсткість поверхні».

Параметри, характеристики і позначення»; ДСТУ 2498–94 «Допуски норми і розташування поверхонь. Числові значення».

Деталь «Черв'як» є типовим представником деталей типу черв'як, виготовляється з легованої сталі 12Х2Н4А ДСТУ 4343–95.

Відповідно до ДСТУ 4543–95 хімічний склад, механічні та фізичні властивості представлені в таблиці 2.1 та 2.2.

Матеріали замітники: сталь 12Х2Н4А, сталь 18Х2Н4ВА.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад сплаву Сталь 20Х2Н4А ДСТУ 4543–95, у відсотках

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu |
|----------------|---------------|--------------|----------------|-------------|-------------|----------------|--------|
| 0.16 – 0.22 | 0.17– 0.37 | 0.3 – 0.6 | 3.25 – 3.65 | до 0.025 | до 0.025 | 1.25 – 1.65 | до 0.3 |

Таблиця 1.5 – Механічні властивості сталі 20Х2Н4А ДСТУ 4543–95

| Сортамент | Розмір | s_B | s_T | d_5 | y | KCU | Термообр. |
|------------------------|--------|-------|-------|-------|-----|----------------------|------------------|
| – | мм | МПа | МПа | % | % | кДж / м ² | – |
| Пруток, ОСТ 4543–71 | Ø 70 | 1270 | 1080 | 9 | 45 | 80 | Закалка и отпуск |

Аналізуючи деталь по застосованому матеріалу необхідно відзначити, що сталь 20Х2Н4А має непогану лезвійну оброблюваність. Застосування більш дорогого матеріалу не доцільно тому що, це неминуче призведе до збільшення собівартості деталі, а й відповідно вузла. Основним фактором руйнування матеріалу для даного типу деталей є постійні знакозмінні навантаження та, тому використаний матеріал (з відповідними механічними властивостями) є обґрунтованим для даних умов експлуатації.

Аналіз технічних вимоги пред'являються конструктором до деталі «Черв'як»:

Матеріал замітник: сталь 12Х2Н4А та сталь 18Х2Н4ВА. У зв'язку з тим, що деталь відповідальна, під час роботи сприймає навантаження то

конструктором передбачена дана марка матеріалу, котра буде по механічним властивостям відповідати даним умовам, роботи. При недотриманні вимоги можлива руйнація будь-якої іншого матеріалу. Порівнюючи з основною сталлю можна стверджувати що вони мають приблизно однакові механічні властивості тому взаємозамінні.

Таблиця 1.6 – Технічні вимоги до креслення

| № поверхні | Технічні вимоги | |
|--------------------------|-----------------|---|
| | Шорсткість, Ra | Допуски форми |
| 1 | 12,5 | – |
| 2 | 0,8 | Биття |
| 3 | 6,3 | – |
| 4,5 | 12,5 | – |
| 6 | 0,4 | – |
| 7,20 | 1,6 | Биття, круглості, профілю поздовжнього перетину |
| 8,9,10,11,12,16,17,18,19 | 12,5 | Биття, круглості, профілю поздовжнього перетину |
| 13,14,15 | 0,4 | Биття, круглості, профілю поздовжнього перетину |
| 21,22 | 12,5 | – |
| 23,24 | 3,2 | Паралельності, симетричності |

Аналізуючи деталь за точністю та якістю поверхонь можемо зробити висновок, що її функціональне призначення має пряме відношення до якості базових поверхонь, котрі сприймають навантаження або ж є безпосередньо виконавчими поверхнями.

Аналізуючи креслення можна сказати що воно не співпадає з реальними розмірами, а саме:

- а) лінійні розміри;
- б) зовнішній діаметр черв'яка та поверхні відносно нього.

Аналіз додаткових технічних вимог, що пред'являються конструктором до деталі «Черв'як»:

- а) Не вказана точність полірувальної операції на витках черв'яка Ra 0,4.
- б) Не вказана твердість під термічну обробку HRC 28...32.
- в) * Розмір для довідок;
- г) ** Розмір забезпечувати інструментом.

1.3 Характеристика заданого типу виробництва та форми його організації

Зважаючи річну програму випуску $N_p = 300$ та масу деталі 9,4 кг маємо дрібносерійне виробництво.

Коротка характеристика обраного типу виробництва.

При дрібносерійному виробництві деталі випускають партіями, що скидатимуться з однойменних, аналогічних по конструкції і рівних за розмірами виробів, що запускаються у виготовлення одночасно. Головним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) єдино як в обробці, так і в збірці. Дрібносерійний тип виробництва характерний невисокою номенклатурою виробів, виготовлених періодично повторюваними партіями і більш-менш великим обсягом випуску. Коефіцієнт закріплення операцій 20–40.

Використовується універсальне і спеціалізоване і спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК, обробні центри, а теж гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПК, пов'язаних транспортуючими приладами, керованими від ЕОМ. Обладнання

розставляються по технологічним групам з урахуванням направленості основних вантажопотоків цеху, по предметно–замкнутим ділянкам.

Технологічна оснастка в основному універсальна, велике поширення має збірна, переналагоджувати технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

Необхідна точність досягається як методами машинального отримання розмірів, так і методами пробних проходів з частинним застосуванням розмітки для складних корпусних деталей. Кваліфікація робітників вище ніж в масовому виробництві, але нижча ніж в одиничному. Поряд з робітниками «універсальщиками» та наладчиками, працюючими на складному універсальному обладнанні використовуються робітники–оператори, що працюють на настроєних верстатах.

В залежності від особливості технології виробництва та обсягу випуску забезпечується повна, неповна, групова взаємозамінність, однак застосовується і пригін по місцю, компенсація розмірів.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок.

Застосовуваний різальний інструмент – універсальний і спеціальний. Вимірювальний інструмент – калібри, штангенциркуль, спеціальний вимірювальний інструмент.

У відповідності з даним типом виготовлення та порядком виконання операцій, розташування технологічного обладнання встановлюється групова форма організації технологічного процесу, яка характеризується однорідними конструктивно–технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення. Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції. Дрібносерійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва в загальному і середньому машинобудуванні.

Як видно дана галузь присутня в переліку і вибір типу виробництва даної деталі цілком обумовлюється.

Дрібносерійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем відповідно до ГОСТ 3.1108–74 закріплено від 21 до 40 операцій.

Знаходимо партію запуску по формулі:

$$N_{zan} = \frac{A \cdot N_p}{M_p};$$

де $M_p = 253$;

A – періодичність запуску (3, 6, 9, 12, 24).

$$n_{zan} = \frac{24 \cdot 300}{253} = 28,458,$$

приймаємо 29 шт.

1.4 Висновок

Аналіз вихідних даних деталі «Черв'як» показав:

а) За більшістю показників, таких як використаний матеріал, коефіцієнти шорсткості та точності обробки, деталь можна назвати технологічною.

б) Її функціональне призначення має пряме відношення до якості базових поверхонь, котрі сприймають навантаження або ж є безпосередньо виконавчими поверхнями.

в) Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї

З метою економії металу та зменшення трудомісткості обробки, конфігурація заготовки має бути максимум наближена до форми деталі, але в нашому випадку згідно технічних вимог потрібно брати заготовку круг сортового прокату. Трудомісткість виготовлення і собівартість заготовки повинні бути мінімальними. Заготовка повинна мати форму, що дозволяє вести обробку з мінімальною кількістю установів і ріжучого інструменту. Матеріал заготовки не повинен мати раковин, тріщин, рихлостей, розшарувань. Круг 80 ГОСТ 2590–2006 20Х2Н4А – це сталь прокат сталевий гарячекатаний круглий – це вид сортового прокату.

Дану деталь можна отримувати наступними способами:

- а) прокат круглий;
- б) кування.

Виходячи з конфігурації заданої деталі, технічних вимог креслення (конструктора) доцільно застосувати прокат, тому що структура не буде мати рихлостей, тріщин, раковин.

Заготовки з сортового прокату використовують при безпосередньому виготовленні з нього деталей на металорізальних верстатах і для отримання поковок і штампованих заготовок. Деталі з прокату виготовляють після його розрізання на заготовки або з прутка. Для виготовлення деталей відповідної конфігурації застосовують круглий, квадратний, шестигранний прокат, а також безшовні і зварні труби. Заготовки з круглого прокату для валів з малим (до 5 мм) перепадом діаметрів в одиничному і дрібносерійного виробництва є більш раціональними, ніж ковані або штамповані заготовки. Якщо ж коефіцієнт використання матеріалу заготовки з штампування на 5 ... 10% більше, ніж з

прокату, то слід приймати штампування. Заготовки великих валів отримують вільним куванням.

Заготовки валів з центральним отвором часто отримують із смуги, яку після розрізання вальці в циліндр, а шов потім зварюють роликового контактним зварюванням. Для отримання уступів отриманий циліндр обжимають на гідравлічних пресах. Економія металу при виготовленні валів зі смуги досягає до 60% в порівнянні з виготовленням з круглого прокату.

Технології отримання прокату зі сталі мають багато спільного і можуть бути узагальнені такою схемою:



Джерело: <https://uk.wikipedia.org>

Рисунок 2.1 – Загальна схема технологічного процесу прокатування

Перед розрізуванням прокату на мірні заготовки, його при необхідності випрямляють. Листи випрямляють на багато валкових правильних машинах. При цьому кривизна 1–2 мм. Для випрямлення прутків використовують багато роликові правильні машини з угнутими роликами. При цьому кривизна 0,5–0,9 мм. Бухти дроту випрямляють на спеціальних правильно–відрізних машинах. Для випрямлення дроту на токарних верстатах застосовують угнуті трубки.

Відрізування прокату

1. На токарних верстатах.

- можна отримати заготовку мірної довжини.
- висока якість поверхні різку та її перпендикулярність до осі заготовки.
- заготовку відрізати до центру неможливо, тому, що вона відламується з хвостиком, що потребує зайвої обробки торця.
- невисока продуктивність

Для підвищення продуктивності застосовують відрізні різці підвищеної міцності, а також застосовують відрізування заготовок при зворотньому обертанні шпинделя.

2. Розрізування дисковими пилами

- висока продуктивність, можна розрізувати заготовки великого діаметру.
- велика ширина різку.
- перекося торця може скласти до 5 мм.
- не можна відрізати мірні заготовки.
- висока вартість.

3. Розрізування приводними механічними ножівками:

- простота, низька вартість інструменту, мала ширина різку.
- низька продуктивність.
- неможливо відрізати мірні заготовки.

4. Відрізування на стрічкових пилах:

- більш висока продуктивність, висока якість і мала ширина поверхні різку.
- можна розрізувати фасонні заготовки.
- низька подача на зуб.

5. Розрізування заготовок на фрезерних верстатах одночасно кількома фрезами

- висока продуктивність, високоякісні мірні заготовки.

6. Розрізування металу фрикційними пилами–дисками (без зубців)

- висока продуктивність.

- складність установки.
- дуже низька якість поверхні різь.

7. Розрізування металу абразивними дисками на вулканітовій зв'язці.

– можна розрізувати загартовані сталі, низька шорсткість поверхні різь, висока продуктивність.

- на поверхні різь можуть утворитися припали.
- висока вартість інструменту, низька стійкість.

8. Розрізування на приводних ножицях і пресах.

- висока продуктивність.
- низька якість поверхні різь, зминання в зоні різь, низька точність.

9. Газове (кисневе) різання металу.

- висока продуктивність, фасонні профілі.
- низька якість різь, метал пропалений на 3–5 мм.
- погано ріжуться кольорові сплави і нержавіюча сталь.

Заготовку обираємо згідно ГОСТ 7417–75 (прокат калібрований круглий) діаметром з 10 до 80 мм. В нашому випадку обираємо заготовку діаметром 70 мм.

Розрахуємо масу заготовки по формулі:

$$m = \rho \cdot v,$$

де ρ – густина матеріала деталі, $\rho = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$;

$$V = \frac{\pi d^2}{4} L$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} 46 = 2311,04 \text{ см}^3 - \text{об'єм заготовки,}$$

Тоді маса заготовки буде рівна: $m = 2311,04 \cdot 7,85 = 18,141 \text{ г} = 18,2 \text{ кг}$.

Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_3 = \frac{m_D}{m_3} \geq 0,7$$

де $m_D = 12,4$ – маса деталі, кг;

$m_3 = 18,2$ – маса заготовки, кг;

0,7 – рівень технологічності ЕСТП.

$$K_3 = \frac{12,4}{18,2} = 0,67 K_3 < 0,7 \text{ – не технологічно – це можна пояснити тим, що}$$

прокат має досить великі припуски і напуски, що пов'язано з формою готової деталі.

Назначимо технічні вимоги.

1. Прокат $\frac{70\ 2-T - \text{ГОСТ } 2590-88}{20X2H4A \text{ ГОСТ } 4343-71}$;

2. Кривизна прутка не повинна перевищувати 2% від довжини;

3. Матеріал заміник сталь 12Х2Н4А;

4. Маркувати номер деталі електропером шрифтом 4Пр3 ГОСТ 26.008–

85.

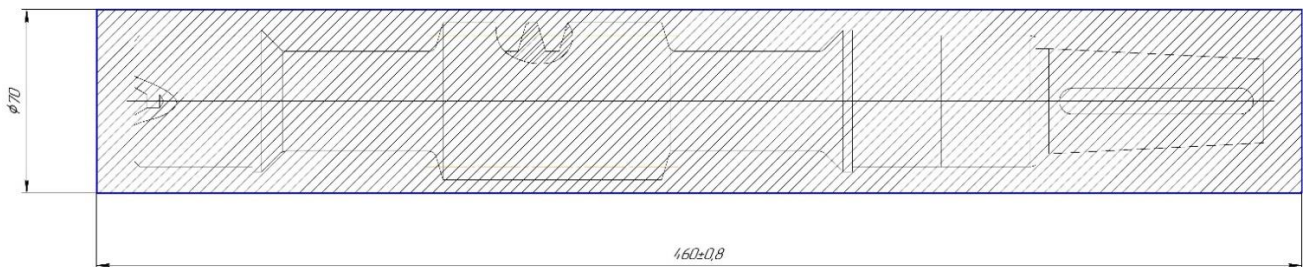


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки

Розраховуємо собівартість прокату за формулою:

$$S_{\text{зар}} = M + C_{\text{о.з.}},$$

де M – затрати на матеріал, визначаються за формулою:

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

де $S = 54$ грн – ціна 1 кг матеріалу, тоді:

$$M = 18,2 \cdot 54 - (18,2 - 12,4) \frac{8000}{1000} = 936,4 \text{ грн.}$$

$C_{o.з.}$ – технологічна собівартість операції калібровки, розрізання на окремі заготовки та знаходиться за формулою:

$$C_{o.з.} = \frac{C_{п.з.} \cdot T_{ум}}{60 \cdot 100},$$

де $C_{п.з.} = 9500$ коп/год – затрати на робочому місці на калібровку та порізку;
 $T_{ум} = 5$ хв – штучний час здійснення заготівельної операції.

$$C_{o.з.} = \frac{9500 \cdot 5}{60 \cdot 100} = 7,9 \text{ грн.}$$

$$S_{заг} = 936,4 + 7,9 = 944,3 \text{ грн.}$$

Собівартість кованої заготовки розраховуємо за формулою:

$$S_{ЗАГ} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_t \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_e \cdot \eta_{\%} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{омх}}{1000}$$

де $C_i = 65000$ грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 18,2$ кг – маса заготовки;

$q = 12,4$ кг – маса готової деталі;

$K_t = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_m = 1,1$ – коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_n = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_n = 0,9$ – коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_e = 0,98$ – коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{омх} = 2000$ грн – ціна однієї тони відходів.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{65000}{1000} \cdot 0.6 \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 0.9 \cdot 0.98 \right) - (0.6 - 0.3) \frac{2000}{1000} = 1154,36 \text{ грн.}$$

Собівартість кованої заготовки вище, тому приймаємо заготовку – прокат. Річна економія складе

$$N = (1154,36 - 944,3) 1000 = 210\,060 \text{ грн.}$$

2.2 Аналіз технологічної операції існуючого або типового технологічного процесу

Аналіз будемо проводити на підставі рекомендованого технологічного процесу. У цьому технологічному процесі послідовність механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу. На першій технологічній операції проводиться обробка поверхонь, які на подальших операціях будуть прийняті за базові.

Даний розділ курсової роботи включає в себе наступні роботи:

- Розрахувати аналітичним методом за допомогою ПЕОМ припуски на обробку однієї з діаметральних поверхонь деталі та порівняти їх значення з табличними;
- Обґрунтування правильності схеми базування і закріплення заготовки на двох операціях технологічного процесу, додержання принципів об'єднання і сталості баз;
- Обґрунтування правильності вибору металорізального верстата, устаткування, ріжучого і вимірювального інструментів для цієї операції;
- Розрахунок режимів різання для одного технологічного переходу аналітичним методом, а для інших переходів цієї операції – табличним методом;
- Розрахунок норми часу Тшт (або Тшт – до) для однієї технологічної операції.

Повний технологічний процес можете побачити в альбомі технологічної документації.

2.3 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунок припусків, зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 50p6(+0,051;- 0,032)$, на трьох переходах:

1. Точіння чорнове
2. Точіння чистове
3. Точіння тонке

Для розрахунку припусків на операції, приведемо вихідні дані для кожного технологічного переходу. Знаходження припуску внутрішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

де Rz_{i-1} – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередньому переході;

H_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманому на попередній операції (переході);

ε_i – похибка встановлення заготовки.

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}$$

де $\rho_{\text{зм}}$ – похибка заготовки пов'язана зі зміщенням осі;

$$\rho_{\text{зм}} = \delta$$

де δ – допуск на поверхню, $\delta = 2,0$ мм.

$\rho_{\text{кор.}}$ – похибка короблення заготовки;

$$\rho_{\text{кор.}} = \Delta_k \cdot D$$

де Δ_k – питома кривизна заготовки, $\Delta_k = 0,3$;

D – найбільша довжина деталі, $L = 413$ мм.

$$\rho_{\text{кор.}} = 0,3 \cdot 413 = 123,9 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{заг.}} = \sqrt{2^2 + 123,9^2} = 124 \text{ мкм}$$

$$\rho = \rho_{\text{заг.}} \cdot k_y$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми:

чорнове точіння, $k_y = 0,5$;

чистове точіння, $k_y = 0,06$.

тонке точіння, $k_y = 0,04$.

Знайдемо ρ для кожного з переходів:

$$\rho_{\text{чор.точ.}} = 124 \cdot 0,5 = 62 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чист.точ.}} = 124 \cdot 0,06 = 7,44 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чист.точ.}} = 124 \cdot 0,05 = 6,2 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{тонке.}} = 124 \cdot 0,04 = 4,96 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Вихідні данні для розрахунку припусків на розмір $\varnothing 50p6 (+0,042;-0,026)$ мм.

| Найменування переходу | Квалітет точності | Допуск, мкм | Елементи припуску, мкм | | | |
|-----------------------|-------------------|-------------|------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| | | | RZ_{i-1} | H_{i-1} | ρ_{i-1} | ε_i |
| Сталь калібрована | B | 500 | – | – | – | – |
| Точіння чорнове | h12 | 300 | 50 | 100 | 62 | 110 |
| Получистове точіння | h10 | 100 | 25 | 60 | 7,44 | – |
| Точіння чистове | H8 | 39 | 12,5 | 50 | 6,2 | – |
| Тонке точіння | h6 | 68 | 8 | 30 | 4,96 | – |

Дані розрахунку припусків на ЕОМ для зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 50p6 (+0,042;-0,026)$ мм, приведені в додатку Б пояснювальної записки.

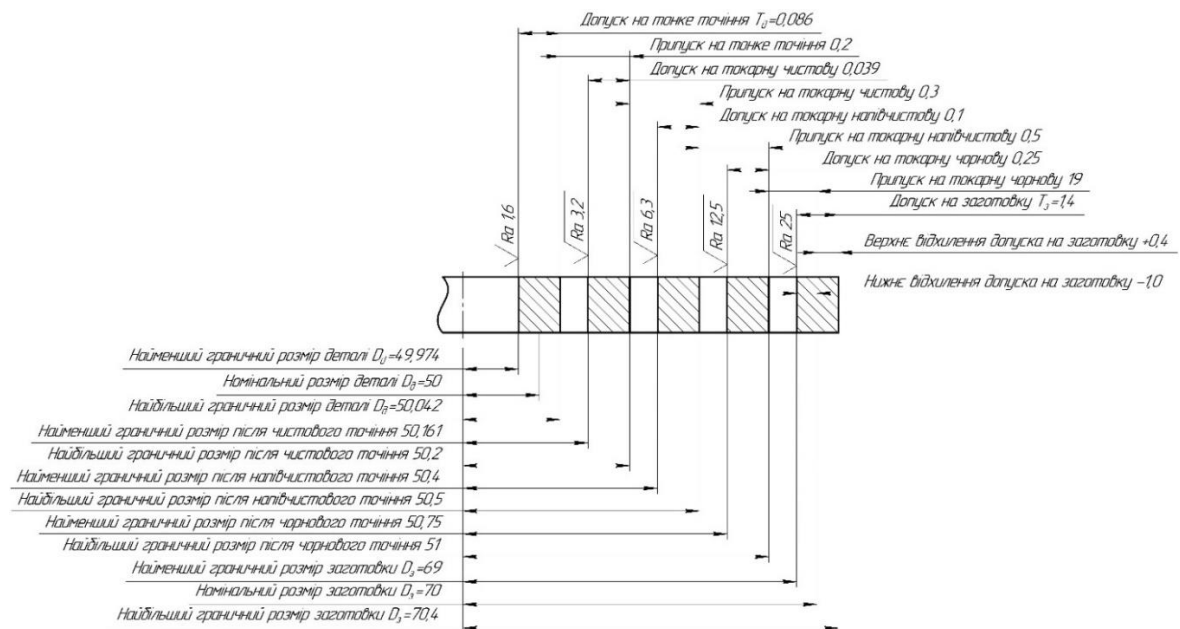


Рисунок 2.3 – Схема розташування допусків та припусків на розмір $\varnothing 50p6 (+0,042;-0,026)$ мм.

2.4 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Для прикладу було вибрано операцію 030 Токарна з ЧПК

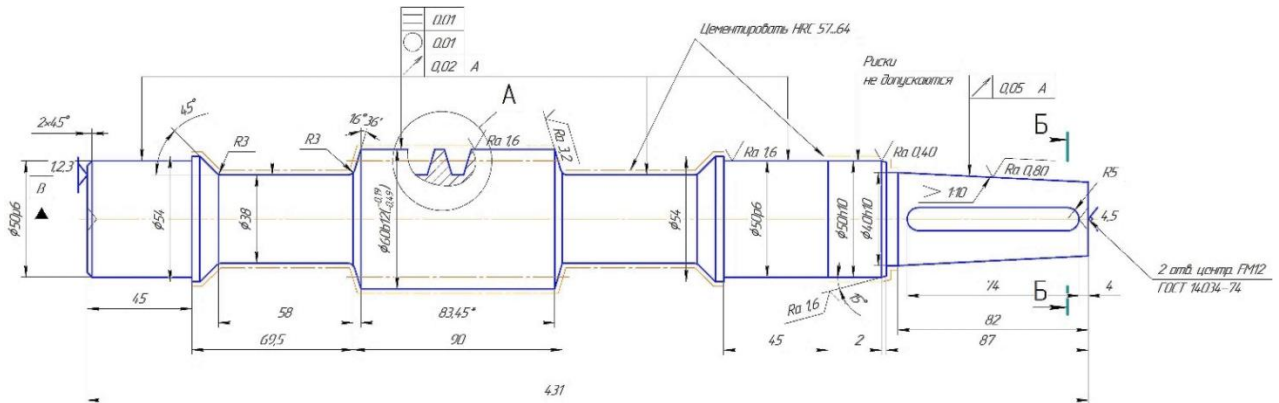


Рисунок 2.4 – Схема базування заготовки в 3-х кулачковому патроні

При виборі схеми базування необхідно дотримуватися наступних міркувань: чистові бази повинні бути представлені точними, що мають достатню площу поверхнями; необхідно використовувати принцип єдності баз (суміщення технологічної, конструкторської та вимірювальної баз); необхідно використовувати принцип сталості баз; забезпечувати можливість простого і швидкого закріплення заготовки; забезпечувати вільний доступ інструменту в зону різання. Розглянемо можливі схеми базування і закріплення при обробці заготовки. Оскільки, взяття деталі в зажим 3-х кулачкового патрону з упором в торець є найпростішим та перевіреним варіантом, і дозволяє без перешкод обробити всі необхідні поверхні заготовки.

Найбільш ефективні способи закріплення заготовки на операції – закріплення в трикулачковому патроні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_s^2}$$

де ε_b – похибка базування (при упорі в торець $\varepsilon_b = 0$);

ε_3 – похибка закріплення заготовки у патроні.

Так як для розміру $l = 431$ технологічна та вимірювальна база співпадають то похибка буде $\varepsilon_6 = 0$, в свою чергу так як поверхні обробляються за один установ на одній операції то похибка прямує до нуля.

В якості опорної бази приймаємо торець, зовнішня циліндрична поверхня буде подвійний направляючої базою.

При цьому варіанті базування ми забезпечуємо швидке і просте кріплення заготовки, можливо використовувати автоматизований пневматичний зажим, що в свою чергу знизить похибку закріплення, а також знизить час виготовлення деталі. Дана схема базування задовольняє всі критерії вільного доступу інструменту в зону різання, та вільних його відхід чи вихід із неї. Для обробки можна запропонувати ще один варіант закріплення заготовки – закріплення в поводковому патроні.

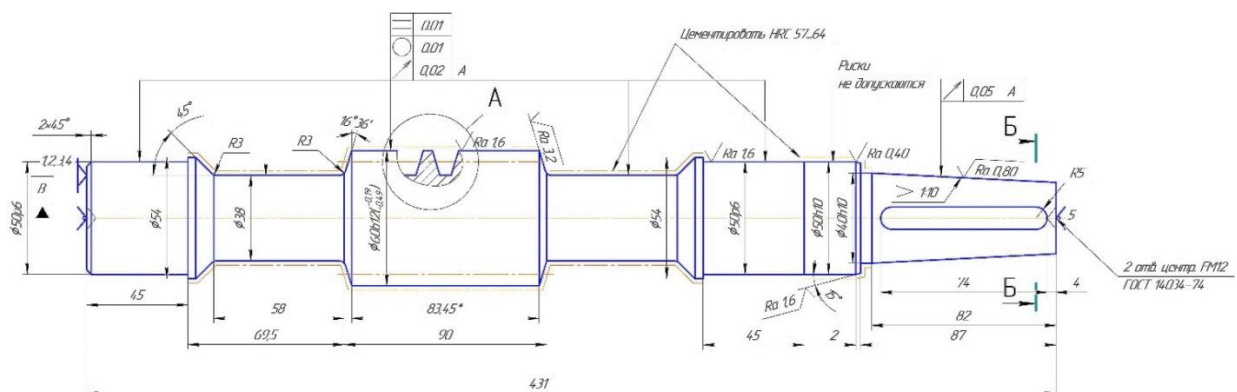


Рисунок 2.5 – Схема базування заготовки в поводковому патроні

На рисунку 2.5 можна побачити, як змінилася схема базування при закріпленні заготовки в патроні з поводковим патроном. Так, як ми базуємо заготовку з упором в торці двома центрами, то можна сказати, що при зміні базування похибка закріплення зміниться, що покращить точність чистової обробки як на першому установі так і на другому установі.

На погрішність при цих двох схемах може впливати, як людський фактор так і технічний, тому рекомендую використати 3-х кулачковий патрон з

механізованим затисканням заготовки по зовнішній циліндричній поверхні (рис.2.5).

Розглянемо схему базування для операції 035 Фрезерна з ЧПК (рис. 2.6). На цій операції обробляється шпонковий паз 74x10x5.

Із всіх поверхонь, що утворюють заготовку, на базові поверхні може претендувати циліндричні поверхні $\phi 38h14$, так як інші поверхні мають досить малу площу та застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструменту для обробки шпонкового пазу.

Для виконання операції фрезерування шпонкового пазу заготовку встановлюється на дві призми, що є подвійними напрямними базами й позбавляють заготовку чотирьох ступенів рухливості (дві лінійні, дві кутові).

Опір деталі правим торцем до упору в пристрої є опорною базою й позбавляє заготовку одного ступеня рухливості вздовж осі деталі.

Таким чином деталь, яка обробляється позбавляється 5–ти ступенів свободи. Положення пазу, який обробляється навколо осі деталі не має значення.

Нерухомість деталі, яка обробляється забезпечується зусиллям затиску, у поздовжньому напрямку спеціальним упором у пристрої.

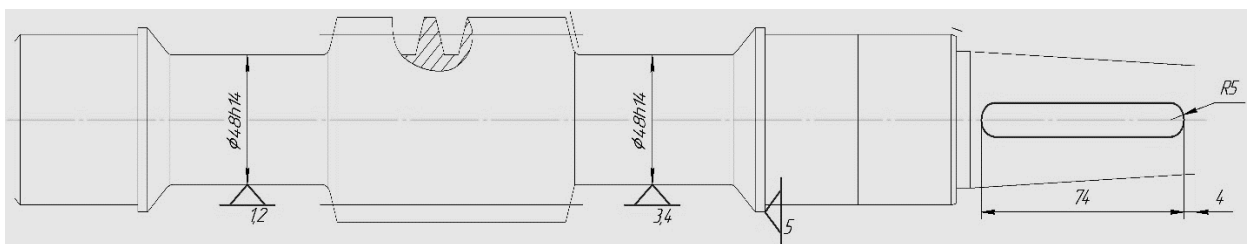


Рисунок 2.6 – Схема базування в спеціальному пристрої

Розглянемо базування в універсальних лещатах для зажиму валів. Вал, котрий оброблюється буде базуватися циліндричною поверхнею, на якій нарізаний черв'як, на призмі лещат. Губками лещат, вал прижимається. При встановленні вал подається до упору лещат, тим самим реалізується опорна

база. Дана схема однакова з попередній (встановлювальна та подвійна опорна бази) заготовка також полишається п'яти ступенів вільності.

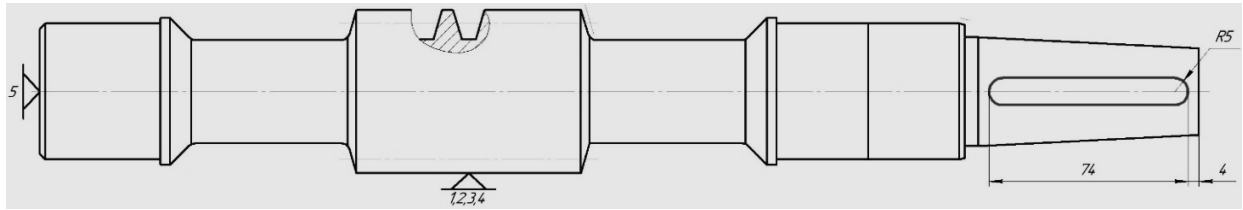


Рисунок 2.7 – Схема базування заготовки за другим способом

Базування із застосуванням призм використовується по остаточно оброблених поверхнях, тому виходячи із двох випадків віддаємо перевагу способу базування за першою схемою. Таким чином, запропонована схема базування заготовки на операції 035 Фрезерна з ЧПК є більш раціональною.

2.5 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Для обробки на операцію 030 Токарна з ЧПК та 050 Токарна з ЧПК для деталі були розглянуті два токарних верстати 16K20T1 і Mazak Integrex 300. Проаналізувавши, був вибраний токарний верстат моделі Mazak Integrex 300, так як даний верстат має більшу робочу поверхню столу та систему ЧПК, котра дозволить зменшити час обробки і відповідно зменшить собівартість деталі, а також виключити людський фактор в процесі обробки. Використання верстату з ЧПК дозволить уникнути попередніх розмічувальних операцій у зв'язку з тим що буде відбуватись автоматичний вихід ріжучого інструменту у вихідні точки.

Вибір обладнання був зроблений з урахуванням таких технологічних ознак:

- а) потужність двигуна: верстат даної моделі оснащений 25 кВт двигуном, якого достатньо для точіння;
- б) габарити робочого простору: дане обладнання має стіл 1270x320x760 мм, що цілком задовольняє наші потреби.

Порівняння технічних характеристик верстатів наведені в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Порівняння технічних характеристик токарних верстатів

| Характеристика | Значення | |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Mazak Integrex300 | 16K20T1 |
| Робоча зона, мм | 1270x320x760 | 400x1600x250 |
| Потужність двигуна, кВт | 25 | 11 |
| Кількість осей, шт | 3 | 2 |
| Точність позиціонування, мм | 0,001 | 0,01 |
| Максимальна подача, мм/хв | 10000 | 6000 |
| Максимальна робоча подача, мм/хв | 2000 | 2000 |
| Частота обертів шпинделя, об/хв | 4000 | 2000 |
| Живлення, В | 380 | 380 |
| Маса верстату, кг | 13000 | 4000 |
| Габаритні розміри верстата, мм | 4225x2171x2910 | 1050x850x300 0 |

Розглядаючи операцію 035 Фрезерна з ЧПК було запропоновано два фрезерних верстатів: універсал 6Т13П та верстат с ЧПК POSmill 800В. Так як для обробки деталі «Черв'як» потрібно використовувати точніше позиціонування, тому, що на кресленні дані точніші допуски чим може спозиціюватись універсал, запропонований верстат використовувати доцільніше.

В нашому випадку верстат POSmill 800В задовольняє всі потреби та вимоги виконання цієї операції, завдяки більшій робочій поверхні, потужності двигуна та точнішого позиціонування шпинделя відносно столу верстата.

Порівняльна характеристика верстатів наведена в табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Порівняння технічних характеристик фрезерних верстатів

| Характеристика | Значення | |
|-----------------------------|--------------|----------|
| | POSmill 800В | 6Т13П |
| Робоча зона, мм | 1350x510 | 1600x400 |
| Потужність двигуна, кВт | 11 | 11 |
| Кількість осей, шт | 3 | 3 |
| Точність позиціонування, мм | 0,005 | 0,05 |

| Характеристика | Значення | |
|----------------------------------|----------------|----------------|
| | POSmill 800B | 6Т13П |
| Максимальна подача, мм/хв | 30000 | 4000 |
| Максимальна робоча подача, мм/хв | 6000 | 1600 |
| Частота обертів шпинделя, об/хв | 13000 | 1600 |
| Живлення, В | 380 | 380 |
| Маса верстату, кг | 6000 | 4300 |
| Габаритні розміри верстата, мм | 2400x2100x2300 | 2570x2550x2430 |

2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Спочатку обираємо систему верстатних пристроїв для операції токарно–чистової.

1. Універсальне без налагоджувальні пристосування (УБП);
2. Універсальне налагоджувальне пристосування (УНП);
3. Універсальне збірне пристосування (УЗП);
4. Спеціальне налагоджувальне пристосування (СНП);
5. Нерозбірне спеціальне пристосування (НСП);
6. Збірно – розбірне пристосування (ЗРП).

Проаналізував кожну групу верстатних пристроїв обираємо першу групу УБП. УБП – ці пристосування є закінченими агрегатами з незмінними настановними пристосуваннями. УБП служить для установки заготовок декількох класів, багатьох типорозмірів (верстатні універсальні лещата, трикулачковий патрон, що центрується). Ця система не вимагає часу для її підготовки до роботи. Точність установки заготовок 11–12 квалітет.

В якості мастильно – охолоджувальної рідини обираємо емульсію – Litol Акватекс. Емульсія має високі антикорозійні властивості, змащує і охолоджує зону різання, забезпечує стійкість різального інструмента і покращує якість обробної поверхні.

Скориставшись методичними вказівками , проаналізувавши всі можливі варіанти закріплення заготовки в токарному верстаті обираємо для операції 030 та 050 3-х кулачковий патрон самоцентруючий з прямими кулачками 71100–0017 ГОСТ2675–80:

- максимальний діаметр заготовки в кулачках 140 мм;
- найменший діаметр заготовки в кулачках 50 мм.

Патрон повністю задовольняє вимоги обробки за технологічним процесом 030 Токарної операції та 050 Токарної ЧПУ.

Обираємо інструмент для обробки деталі на операції 030 Токарна з ЧПК

1. Різець прохідний PJNR2525M15, ([16]), TT9215 ([2]). Ріжуча пластина DNMG150616.

Кут в плані $\varphi = 93^\circ$;

Задній кут $\alpha = 32^\circ$;

Передній кут $\gamma = -5^\circ$;

Радіус вершини $r = 1,6$ мм;

Кут нахилу ріжучої кромки $\lambda = 5^\circ$;

Державка різця: 25x25 мм.

2. Різець прохідний PJNR2525M15, TT9215 ([16]). Ріжуча пластина DNMG150604.

Кут в плані $\varphi = 93^\circ$;

Задній кут $\alpha = 32^\circ$;

Передній кут $\gamma = -5^\circ$;

Радіус вершини $r = 0,4$ мм;

Кут нахилу ріжучої кромки $\lambda = 5^\circ$;

Державка різця: 25x25 мм.

3. Різець контурний MVJNR2525M16, ([16]), ріжуча пластина VNGA160404S01530B

Кут в плані $\varphi = 93^\circ$;

Задній кут $\alpha = 32^\circ$;

Передній кут $\gamma = -5^\circ$;

Радіус вершини $r = 0,4$ мм;

Кут нахилу ріжучої кромки $\lambda = 5^\circ$;

Державка різця: 25x25 мм.

4. Різець відрізний 151.2–25–40 , ([16]), ріжуча пластина N151.2–400–40–4P 1125

Кут в плані $\varphi = 15^\circ$;

Задній кут $\alpha = 9^\circ$;

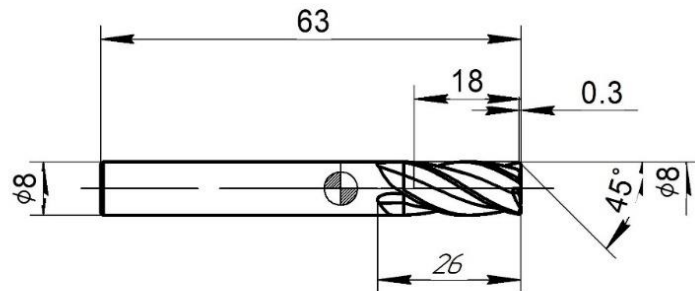
Передній кут $\gamma = -10^\circ$;

Радіус вершини $r = 0,8$ мм;

кут нахилу ріжучої кромки $l = 8^\circ$;

Державка різця: 25x25мм.

Для фрезерної операції обираємо кінцеву фрезу фірми Iskar, маркування EC–B4–08–18/26C08R04–63 (рис. 2.8)



EC - B4 - 08 - 18 / 26 C 08 R08 - 63
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

- 1 – Код цільних кінцевих твердосплавних фрез
- 2 – Тип фрези – з циліндричною ріжучою частиною
- 3 – конструктивні особливості
- 4 – кут нахилу спіралі = 45°
- 5 – кількість зубів
- 6 – номінальний діаметр фрези = 8 мм
- 7 – довжина ріжучої частини = 18 мм
- 8 – довжина шийки = 26 мм
- 9 – тип хвостовика – циліндричний
- 10 – діаметр хвостовика = 8 мм
- 11 – радіус зубів = R0,8 мм
- 12 – довжина фрези = 63 мм

Рисунок 2.8 – Ескіз фрези, та маркування

Обираємо інструмент для обробки деталі на операції 050 Токарна з ЧПК

1. Різець прохідний PJNR2525M15, TT9215 ([16]). Ріжуча пластина DNMG150604.

Кут в плані $\varphi = 93^\circ$;

Задній кут $\alpha = 32^\circ$;

Передній кут $\gamma = -5^\circ$;

Радіус вершини $r = 0,4$ мм;

Кут нахилу ріжучої кромки $\lambda = 5^\circ$;

Державка різця: 25x25 мм.

Приведений вище інструмент може забезпечити повністю обробку даної деталі.

При виборі вимірювального інструмента до уваги беремо точність вимірювань, трудомісткість та тип виробництва. Виходячи з цих міркувань в середньо серійному виробництві перевагу слід віддавати контрольним приладам спеціального призначення та універсальним.

Для якісного та практичного вимірювання деталі в процесі виробництва обираємо перелік вимірювальних інструментів.

Штангенциркуль ШЦ–І–125–0,01; ГОСТ166–88

Штангенциркуль ШЦ–ІІІ–500–0,05 ГОСТ166–89

Скоба $\phi 50$ рб

Фаскомір М5–350

Калибр втулка конусна 1:10

Даний вимірювальний інструмент повністю дає можливість забезпечити контроль всіх поверхонь деталі до повного її виготовлення.

2.7 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режиму різання на операцію «030 Токарна з ЧПК»

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 030 Токарна з ЧПК. Аналітичним методом розрахуємо режим різання для

зовнішнього точіння поверхні $\varnothing 60$ мм, для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом.

Вихідні дані. Діаметр поверхні 60 мм. Матеріал заготовки – Сталь 45 з межею міцності $\sigma_b = 570$ МПа; матеріал ріжучої частини різця ТТ9515, ЗОР – емульсія, заготовка – прокат $\varnothing 70$ мм.

Характеристики верстату зазначені в пункті 2.5

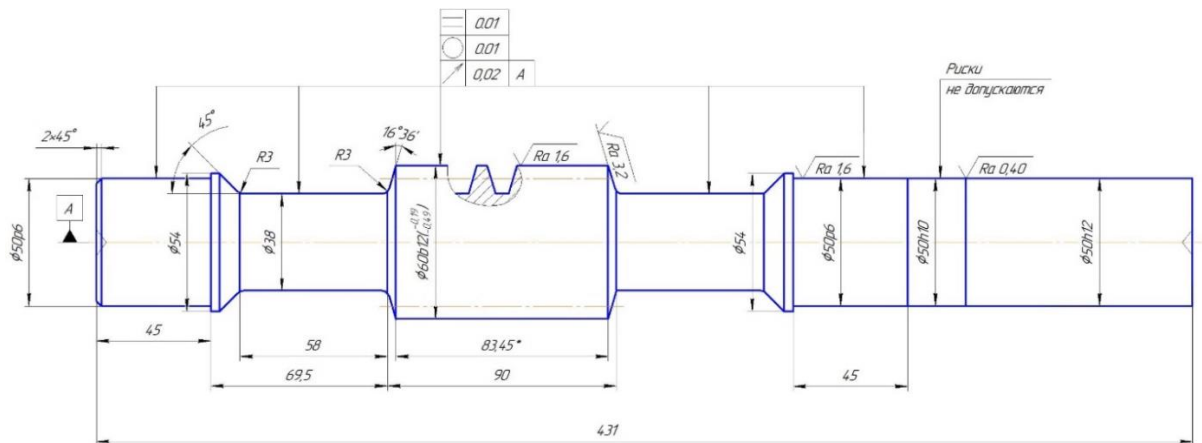


Рисунок 2.9 – Ескіз обробки поверхонь на операції Токарна з ЧПК

Визначимо глибину різання:

$$t = \frac{D_3 - D_{обт}}{2}$$

де D_3 – діаметр в стані заготовки;

$D_{обт}$ – діаметр після точіння.

$$t = \frac{70 - 60}{2} = 5 \text{ (мм)}$$

Визначимо подачу $S=0,7$ мм/об

Стійкість інструменту $T = 30$ хв. Визначимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t x \cdot S y}} \cdot K_v$$

де $C_v=243$; $x=0,15$; $y=0,40$; $m=0,20$ – коефіцієнти та показники у формулі швидкості різання.

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, котрий враховує фактичні умови різання, визначається за формулою:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n$$

де K_M – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал

K_t – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал

K_n – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання

$$K_v = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 1,2$$

Враховуючи показники визначимо швидкість різання:

$$V = \frac{243}{30^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,4}} \cdot 1,2 = 123,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 123,7}{3,14 \cdot 60} = 562,78 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Скорегуємо частоту обертання $n = 600$ об/хв.

Визначимо фактичну швидкість різання:

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

$$V = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 600}{1000} = 131,88 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо силу різання:

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

де $C_p = 300$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ – коефіцієнти та показники в формулі .

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання, розраховується за формулою:

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r$$

де $K_p = 0,95$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_\varphi = 0,94$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності;

$K_\gamma = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності;

$K_\lambda = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності;

$K_r = 0,9$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності.

$$K_p = 0,95 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,83$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 131,8^{-0,15} \cdot 0,83 = 2290,53 \text{ Н}$$

Визначимо потужність необхідну для обробки

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

$$N = \frac{2290,53 \cdot 131,88}{1020 \cdot 60} = 5 \text{ кВт}$$

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого, отже обробка на верстаті Mazak Integrex 300 буде забезпечена.

Визначимо основний час:

$$T_o = \frac{L_p + l_1^* + l_1^{**}}{S \cdot n}$$

де $l_1^* = ctg\varphi \cdot t = ctg60^\circ \cdot 3 = 2,5 = 1,45 \text{ мм}$ – величина врізання різця;
 $l_1^{**} = 2 \text{ мм}$ – виліт різця.

$$T_o = \frac{75 + 1,45 + 2}{0,7 \cdot 700} = 0,16 \text{ хв}$$

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переходи даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за допомогою каталогів. Ріжучий інструмент зазначений в пункті 2.6. Обрані режими заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Режими різання визначені за табличним методом

| Номер і текст переходу | Параметри режимів обробки | | | | | | |
|--|---|-------|----------|---------|----------|-------|---------------------|
| | i | t, мм | S, мм/об | V, м/хв | n, об/хв | L, мм | T _o , хв |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Точити зовнішню поверхню в розмір Ø50 (мм) | 2 | 2,5 | 0,20 | 200 | 1200 | 157 | 2 |
| Точити зовнішню поверхню в розмір Ø54 (мм) | 1 | 0,5 | 0,40 | 200 | 1200 | 11,5 | 0,2 |
| Точити зовнішню поверхню в розмір Ø38 (мм) | 3 | 6 | 0,50 | 200 | 1600 | 50 | 0,3 |
| Точити чер'як в розмір за шаблонами | Режими різання та кількість проходів розраховується верстатом | | | | | | |

Розрахунок режиму різання на операцію 035 – Фрезерна з ЧПК

Аналітичним методом розрахуємо режими різання при фрезеруванні шпонкового пазу 74x10x5 мм.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – 20X2H4A з межею міцності $\sigma_b=885$ МПа, заготовки – прокат, обробка фрезою EC – B4 – 08 – 18 /26 C 08 R04 – 63. Модель верстата POSMILL 800B, вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ–Ш–125–0,05 ГОСТ 166–89.

Глибина різання дорівнює приймаємо $t = 1$ мм, $i = 5$ – проходів, тому що глибина пазу 5мм.

Подача складатиме $S = 400$ мм/мин

Знаходимо швидкість різання з каталога Iskar, для матеріалу 20X2H4A

$$V=100 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі:

$$n_{ш} = \frac{1000 V}{\pi \cdot D} ;$$

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 8} = 3980,9 \sim 4000 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо 4000 об/хв.

Режими різання для фрезерування кінцевою фрезою шпонкового пазу на конусній поверхні 1:10 розраховуємо по довіднику [15].

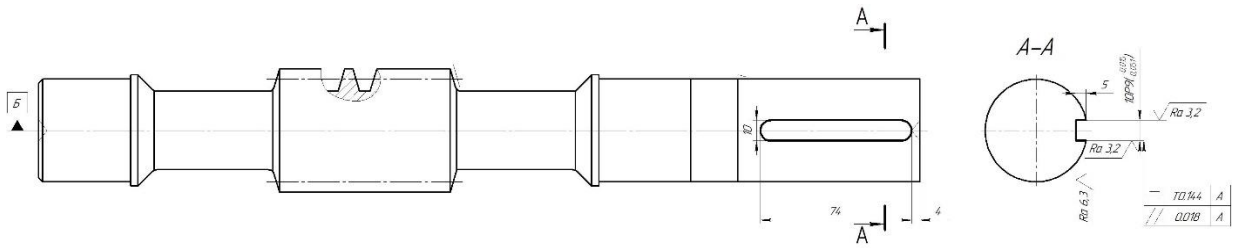


Рисунок 2.10 – Ескіз обробки поверхонь на операцію 035 Фрезерна з ЧПК

Вихідні данні для розрахунку:

- а) матеріал деталі – сталь 20Х2Н4А, твердість поверхні HRC 32
- б) інструмент – кінцева фреза. Діаметр $\varnothing 8$ мм, кількість зубців $Z=4$, матеріал – твердий сплав IC902.

в) глибина фрезерування $t=5$ мм (глибина шпонкового пазу)

Виконуємо розрахунок.

1) Розрахунок подачі [15].

Подача на 1 зуб фрези $S_z = 0,01$ мм/зуб при $D_{фр}=10$ мм і $t=5$ мм

Обертальна подача

$$S_o = S_z \cdot Z = 0,01 \cdot 5 = 0,05 \text{ мм/об.} \quad (2.1)$$

2) Швидкість різання V [15].

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.2)$$

де $V_T = 26$ м/мин при $t \leq 5$ мм і $S_z \leq 0,02$ мм/зуб

K_1 – коефіцієнт по розміру обробки. При $D_{фр} = 15$ $K_1 = 1,0$.

Тоді при $D_{фр} = 10$ $K_1 = 10 \cdot 1,0 / 15 = 0,66$

$K_2 = 0,65$ при обробці сталі 20Х2Н4А з твердістю HRC 28–32 [15].

K_3 – коефіцієнт по стійкості різання. Для кінцевої фрези з твердого сплаву, діаметром 8 мм [15] стійкість $T_m = 60$ хв. Тоді $K_3 = 1,2$ [15].

Швидкість різання:

$$V = 26 \cdot 0,66 \cdot 0,65 \cdot 1,2 = 13,38 \text{ м/хв.} \quad (2.3)$$

3) Частота обертання фрези

$$n = 1000 \cdot V / (\pi \cdot D_{\text{фр}}) \quad (2.4)$$

$$n = 1000 \cdot 13,38 / (\pi \cdot 8) = 426,05 \text{ об/хв.} \quad (2.5)$$

Так як у нас верстат з ЧПК, то можна поставити значення: $n = 500$ об/хв.
Перераховуємо швидкість різання по прийнятій частоті обертання.

$$V = \pi \cdot D \cdot n / 1000 = \pi \cdot 10 \cdot 500 / 1000 = 15,707 \text{ м/хв.} \quad (2.6)$$

4) Потужність різання [15]

$$N_{\text{різ}} = E \cdot V \cdot b_{\text{max}} \cdot Z \cdot K_1 / 1000 \quad (2.7)$$

де $E = 0,5$ при $D / t \leq 2$ ($D/t = 10/2 = 5$) і $S_z=0,01$,

$b_{\text{max}} = D_{\text{фр}} = 8$ мм,

$K_1 = 1,0$ при обробці сталі з HRC 28–32 фрезою з твердого сплаву. Тоді:

$$N_{\text{різ}} = 0,5 \cdot 12,56 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 1,0 / 1000 = 0,3 \text{ кВт} \quad (2.8)$$

5) Момент крутіння $M_{\text{кр}}$ і колова сила різання P_z

$$M_{\text{кр}} = 9550 \cdot N_{\text{різ}} / n = 9550 \cdot 0,2 / 500 = 3,82 \text{ Нм} \quad (2.9)$$

$$P_z = 2000 \cdot M_{кр} / D_{фр} = 2000 \cdot 3,82 / 8 = 955 \text{ Н} \quad (2.10)$$

Зусилля поздовжньої подачі

$$P_x = 0,6 \cdot P_z = 0,6 \cdot 955 = 573 \text{ Н} \quad (2.11)$$

Сплав фрези IC902 – сплав з твердої ультра дрібнозернистої основою з 9% вмістом кобальту і PVD покриттям TiAlN. Відрізняється високою зносостійкістю. Рекомендується для фрезерування загартованої сталі і композиційних матеріалів.

Розрахунок режиму різання на операцію «050 Токарна з ЧПК»

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 050 Токарна з ЧПК. Аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього точіння поверхні Ø50 мм, для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом.

Вихідні дані. Діаметр поверхні 50 мм. Матеріал заготовки – Сталь 45 з межею міцності $\sigma_B = 570$ МПа; матеріал ріжучої частини різця ТТ5080, ЗОР – емульсія, заготовка – прокат Ø50 мм.

Характеристики верстату зазначені в пункті 2.4.

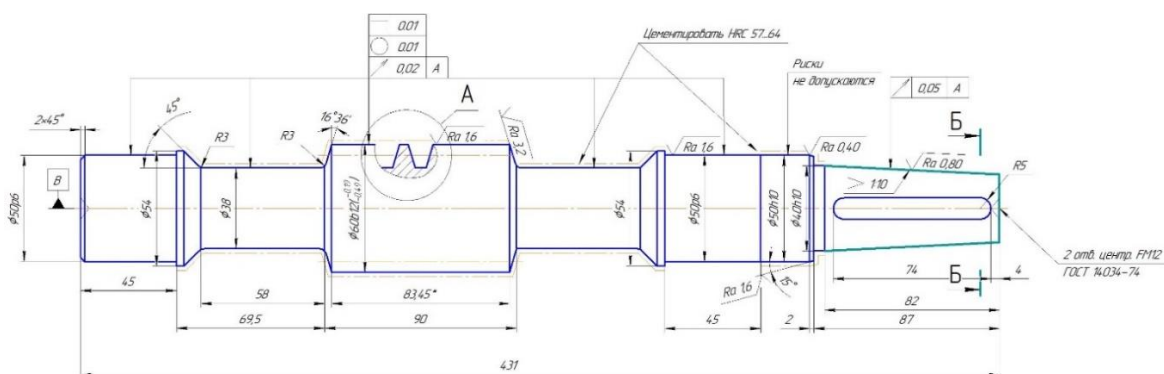


Рисунок 2.11 – Ескіз обробки поверхонь на операції 050 Токарна з ЧПК

Визначимо глибину різання:

$$t = \frac{D_3 - D_{обт}}{2}$$

де D_3 – діаметр в стані заготовки;

$D_{обт}$ – діаметр після точіння.

$$t = \frac{50 - 40}{2} = 5 \text{ (мм)}$$

Визначимо подачу $S=0,7$ мм/об

Стійкість інструменту $T = 30$ хв. Визначимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v$$

де $C_v=243$; $x=0,15$; $y=0,40$; $m=0,20$ – коефіцієнти та показники у формулі швидкості різання.

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, котрий враховує фактичні умови різання, визначається за формулою:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n$$

де K_M – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал

K_t – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал

K_n – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання

$$K_v = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 1,2$$

Враховуючи показники визначимо швидкість різання:

$$V = \frac{243}{30^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,7^{0,4}} \cdot 1,2 = 133,81 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 133,81}{3,14 \cdot 50} = 852,3 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Скорегуємо частоту обертання $n = 850$ об/хв.

Визначимо фактичну швидкість різання:

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

$$V = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 850}{1000} = 133,45 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначимо силу різання:

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

де $C_p = 300$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $n = -0,15$ – коефіцієнти та показники в формулі .

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання, розраховується за формулою:

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r$$

де $K_p = 0,95$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$K_\varphi = 0,94$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності;

$K_\gamma = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності;

$K_\lambda = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності;

$K_r = 0,9$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності.

$$K_p = 0,95 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,83$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 133,45^{-0,15} \cdot 0,83 = 4572,94 \text{ Н}$$

Визначимо потужність необхідну для обробки

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

$$N = \frac{4572,94 \cdot 133,45}{1020 \cdot 60} = 9,8 \text{ кВт}$$

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого, отже обробка на верстаті Mazak Integrex 300 буде забезпечена.

Визначимо основний час:

$$T_o = \frac{L_p + l_1^* + l_1^{**}}{s \cdot n}$$

де $l_1^* = ctg\varphi \cdot t = ctg60^\circ \cdot 3 = 2,5 = 1,45 \text{ мм}$ – величина врізання різця;

$l_1^{**} = 2 \text{ мм}$ – виліт різця.

$$T_o = \frac{82 + 1,45 + 2}{0,7 \cdot 850} = 0,15 \text{ хв}$$

Ріжучий інструмент зазначений в пункті 2.5.

2.8 Технічне нормування операцій

Операція 030 – токарна.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно–калькуляційного часу за формулою:

$$T_{\text{ш-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}},$$

де $T_{\text{п.з.}}$ – підготовчо–заключний час;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час;

$n = 29$ шт – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо–заключний час:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}},$$

де $T_{\text{пз1}} = 15$ хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{\text{пз2}} = 3$ хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{\text{пз}} = 15 + 3 = 18 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{об.}} + T_{\text{відп.}},$$

де $T_{\text{о}} = 0,59$ хв – основний (технологічний) час;

$T_{\text{д}}$ – допоміжний час;

$T_{\text{об.}}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{\text{відп.}}$ – час, на відпочинок робітника.

Визначаємо допоміжний час:

$$T_d = T_{\text{уст}} + T_3 + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим.}},$$

де $T_{\text{уст}} = 1,5$ хв – час на установку і зняття заготовки;

$T_3 = 2,8$ хв – час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{\text{уп}} = 5,3$ хв – час на управління верстатом;

$T_{\text{вим.}} = 1,5$ хв – час на вимірювання.

$$T_d = 1,5 + 2,8 + 5,3 + 1,5 = 11,1 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d$$

$$T_{\text{оп}} = 11,1 + 0,59 = 11,69 \text{ хв}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot 6\%,$$

$$T_{\text{об}} = 11,7 \cdot 0,06 = 0,7 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника:

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\%$$

$$T_{\text{від}} = 11,7 \cdot 0,04 = 0,5 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = 11,7 + 0,5 + 0,7 = 12,9 \text{ хв.}$$

Штучно–калькуляційний час дорівнює:

$$T_{шт-к} = 18/47 + 12,9 = 13,2 \text{ хв.}$$

Операція 035 – фрезерна з ЧПК.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно–калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{шт},$$

де $T_{п.з.}$ – підготовчо–заключний час;

$T_{шт}$ – штучний час;

$n = 29$ шт – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо–заключний час:

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2},$$

де $T_{пз1} = 15$ хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{пз2} = 3$ хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{пз} = 15 + 10 = 25 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{об.} + T_{відп.},$$

де $T_o = 0,05$ хв – основний (технологічний) час;

T_d – допоміжний час;

$T_{об.}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{\text{відп.}}$ – час, на відпочинок робітника.

Визначаємо допоміжний час:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{з}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим.}},$$

де $T_{\text{уст}} = 1$ хв – час на установку і зняття заготовки;

$T_{\text{з}} = 1,5$ хв – час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{\text{уп}} = 2$ хв – час на управління верстатом;

$T_{\text{вим}} = 0,5$ хв – час на вимірювання.

$$T_{\text{д}} = 1 + 1,5 + 2 + 0,5 = 5 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}}$$

$$T_{\text{оп}} = 5 + 0,05 = 5,05 \text{ хв}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot 6\%,$$

$$T_{\text{об}} = 5,05 \cdot 0,06 = 0,3 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника:

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\%,$$

$$T_{\text{від}} = 5,05 \cdot 0,04 = 0,2 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт}}=5,05+0,3+0,4=5,75 \text{ хв.}$$

Штучно–калькуляційний час дорівнює:

$$T_{\text{шт-к}}=25/47+5,75=6,3 \text{ хв.}$$

Операція 050 – токарна.

При дрібносерійному виробництві технічне нормування операції полягає у визначенні штучно–калькуляційного часу за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} + T_{\text{шт}},$$

де $T_{\text{п.з}}$ – підготовчо–заключний час;

$T_{\text{шт}}$ – штучний час;

$n = 29$ шт – кількість деталей у партії.

Визначаємо підготовчо–заключний час:

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}},$$

де $T_{\text{пз1}} = 15$ хв – час на наладку верстата і встановлення пристрою;

$T_{\text{пз2}} = 3$ хв – час на допоміжні прийоми.

$$T_{\text{пз}} = 15 + 3 = 18 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} + T_{\text{об.}} + T_{\text{відп.}},$$

де $T_o=0,59$ хв – основний (технологічний) час;

T_d – допоміжний час;

$T_{об.}$ – час обслуговування робочого місця;

$T_{відп.}$ – час, на відпочинок робітника.

Визначаємо допоміжний час:

$$T_d = T_{уст} + T_3 + T_{уп} + T_{вим.},$$

де $T_{уст}=1,5$ хв – час на установку і зняття заготовки;

$T_3=2,8$ хв – час на закріплення та відкріплення деталі;

$T_{уп}= 5,3$ хв – час на управління верстатом;

$T_{вим} = 1,5$ хв – час на вимірювання.

$$T_d=1,5+2,8+5,3+1,5=11,1 \text{ хв}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d$$

$$T_{оп}=11,1+0,59=11,69 \text{ хв}$$

Визначаємо час обслуговування робочого місця:

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 6\%,$$

$$T_{об}=11,7 \cdot 0,06=0,7 \text{ хв}$$

Визначаємо час на відпочинок робітника:

$$T_{відп.} = T_{оп} \cdot 4\%$$

$$T_{\text{від}}=11,7 \cdot 0,04=0,5 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт}}=11,7+0,5+0,7=12,9 \text{ хв.}$$

Штучно–калькуляційний час дорівнює:

$$T_{\text{шт-к}}=18/47+12,9=13,2 \text{ хв.}$$

2.9 Проектування верстатного пристрою

Згідно завдання було спроектовано пристрій для установки деталі «Черв'як» на фрезерній операції. Відповідно до вихідних даних для заданого виробництва приймається нерозбірний спеціальний пристрій з пневмоприводом. Пристрій спроектовано для обробки деталі на вертикально–фрезерному верстаті моделі POSmill 800B.

Вимоги, які повинен виконувати пристрій для верстату з ЧПК:

Забезпечення високої точності обробки заготовок. Погрішності базування й закріплення, виникаючі при установці заготовок у пристроях, повинні бути зведені до мінімуму (по можливості до нуля).

Конструкція пристрою не повинна бути найбільш податливою ланкою системи верстат – пристрій – інструмент – заготовка, щоб використовувати повну потужність верстата на чорнових операціях і забезпечити високу точність на чистових операціях.

Пристрій повинен забезпечувати повне базування заготовки, тобто позбавлення їх усіх, шести ступенів вільності. Необхідно строго певне положення елементів, що базують пристрій відносно початку координат верстата (нульової точки).

Пристрій повинен забезпечувати скорочення часу затиску – розтиску заготовок, оскільки цей час є домінуючим при зміні заготовок.

Аналіз точності розмірів, форми, розташування та шорсткості оброблених поверхонь

Точність розмірів

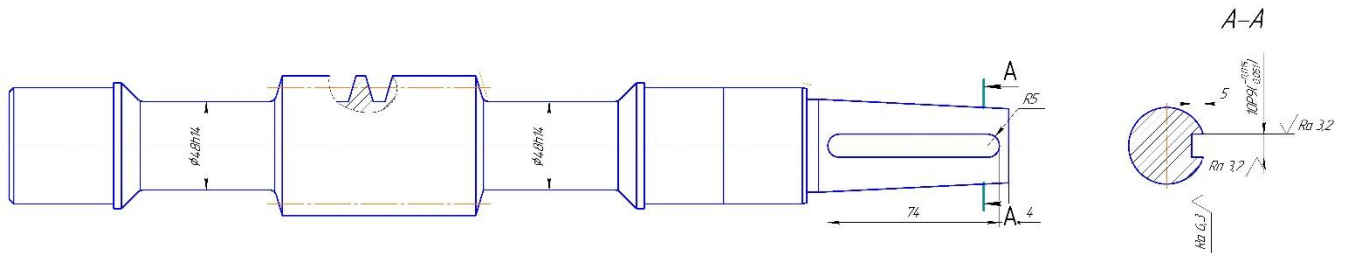


Рисунок 2.12 – Операційний ескіз деталі

На даній операції повинні формуватися два пази під шпонку: три лінійних розміри 74, 10P9, 5.

Ширина пазу 8 під шпонку повинна бути оброблена з точністю P9:

$$T_{10} = 56 \text{ (мкм)}.$$

Оскільки розміри задані вільним, то відповідно до технічних вимог на виготовлення деталі, допуск беремо за 14 квалітетом точності:

Довжини пазу 74 шпонки:

$$T_{74} = 920 \text{ (мкм)}.$$

Глибина пазу 5 під шпонку:

$$T_5 = 70 \text{ (мкм)}.$$

На кресленні рекомендується проставляння таких відхилень заданих розмірів: $74^{+0.92}$.

Точність форми

Похибка форми площинності поверхні дна пазу 74 нормується за ГОСТ 24643–81. Незазначений допуск площинності приймаємо орієнтовно в межах 60% від допуску на довжину.

$$T_{\square} = 0,6 \cdot T_5 = 0,6 \cdot 74 = 44,4 \text{ (мкм)}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\square} = 100 \text{ (мкм)}, \text{ що відповідає 14 ступеню точності.}$$

Точність розташування

Розглянемо допуск симетричності стінок пазу 10P9:

$$T_{10} = 56 \text{ (мкм)}$$

Значення в межах допуску на розмір 60%.

$$T = 0,6 \cdot T_8 = 0,6 \cdot 56 = 33,6 \text{ (мкм)}$$

Найближче стандартне значення $T=35$ мкм, що відповідає 8 ступеню точності.

Шорсткість

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення $R_a = 3,2$ (мкм).

Аналіз точності розмірів, форми, розташування та шорсткості базових поверхонь

Точність розмірів

Оскільки для обробки вала застосовуємо призми, то базовими поверхнями можуть виступати: циліндричні поверхні $\varnothing 48h14$ з обох сторін деталі.

Знаходимо допуски на вище зазначені розміри:

$$T_{\varnothing 48} = 250 \text{ (мкм)}.$$

Це означає, що діаметри базових розмірів виконані з параметрами:
 $\varnothing 48h14(-0,25)$.

Точність форми

Похибка форми циліндру $\varnothing 48h14$ характеризується відхиленням від круглості, профілю повздовжнього перетину та допуск торцевого биття. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

$$T_{\varnothing 48} = 0,3 \cdot 48 = 144 \text{ мкм}$$

Беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості.

$$T_{\varnothing 48} = 150 \text{ мкм},$$

що відповідає 8 ступеню точності.

Точність розташування

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю циліндра деталі $\varnothing 48h14$.

$$T_{\varnothing 48} = 0,6 \cdot 48 = 28.8 \text{ мкм},$$

відповідного до стандартного ряду:

$$T_{\varnothing 48} = 30 \text{ мкм},$$

що відповідає 7 ступеню точності.

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, і має такі значення для $\varnothing 48h14$ вона становить $Ra = 12.5 \text{ мкм}$.

Визначення умов, у яких буде виготовлятися та експлуатуватися проєктований пристрій

Річна програма випуску задана в 300 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійному типу виробництва. Оскільки впродовж дня виготовляють 2 деталі, то можна стверджувати, що пристрій будуть використовувати з досить малою інтенсивністю. В цілому, за період виготовлення деталі “Черв’як” пристрій повинен здійснити 400 робочих циклів.

Складання переліку реалізованих функцій

0. Попередня орієнтація заготовки;
1. Базування заготовки;
2. Закріплення заготовки;
3. Базування пристрою на верстаті;
4. Закріплення пристрою на верстаті;
5. Утворення вихідної сили для закріплення;
6. Об'єднання функціональних вузлів;
7. Обробка паза 10x5x74;
8. Створення безпечних умов праці.

Розробка та обґрунтування схеми базування заготовки у верстатному пристрої

Вибір подвійної напрямної базової поверхні

Із усього комплексу поверхонь, що утворюють заготовку, на базову поверхню може претендувати циліндрична поверхня $\varnothing 48h14$. На її користь свідчить таке:

- а) вона найбільш точно оброблена: ІТ6, $T_{\varnothing 48} = 25$ мкм;
- б) вона досить чисто оброблена: шорсткість її поверхні $Ra = 12,5$ мкм.

Крім того, застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Для виконання операції фрезерування шпонкового пазу заготівля встановлюється на дві призми, що є подвійними напрямними базами й позбавляють заготовку чотирьох ступенів рухливості (дві лінійні, дві кутові).

Вибір опорної базової поверхні

Опір деталі правим торцем до упору в пристрої є опорною базою й позбавляє заготовку одного ступеня рухливості вздовж осі деталі.

Таким чином деталь, яка обробляється позбавляється 5-ти ступенів свободи. Положення пазу, який обробляється навколо осі деталі не має значення.

Нерухомість деталі, яка обробляється забезпечується зусиллям затиску, у поздовжньому напрямку спеціальним упором у пристрої.

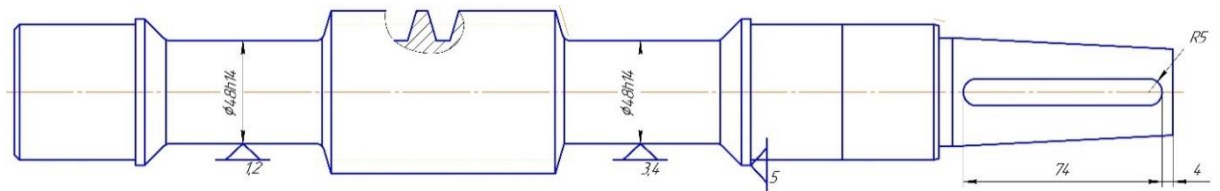


Рисунок 2.13 – Схема базування

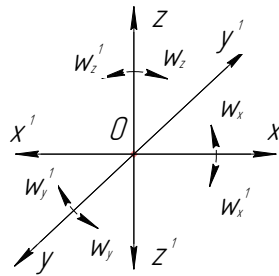


Рисунок 2.14 – Схема координатних однобічних зв'язків, що покладають на заготовку (до таблиці 2.5)

Таблиця 2.5 – Індеси та номери зв'язків

| Індекс координати | | x | x' | y | y' | z | z' | ω_x | ω'_x | ω_y | ω'_y | ω_z | ω'_z |
|-------------------|---------|---|----|---|----|---|----|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Спосіб реалізації | Реакція | – | R | R | R | – | R | – | – | R | R | R | R |

Побудова функціональної структури пристрою

З набору функцій, що наведені в пункті 5, виділимо ті, які реалізуються на протязі оперативного часу: 0,1,2,5,6,7. Функції 3,4 впливають на підготовчо–заклучний час; функції 8,10 прямого впливу на штучний час не здійснює.

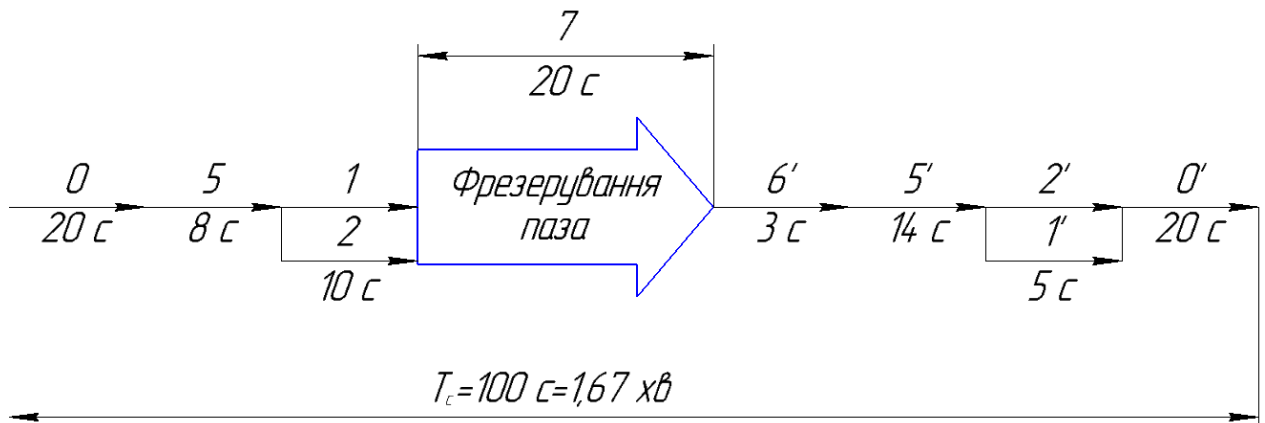


Рисунок 2.15 – Схема послідовної реалізації функцій

Функціональна структура пристрою представлена на рисунку 6.5



Рисунок 2.16 – Функціональна структура проектованого пристрою

Аналіз структурних полів збурюючих сил

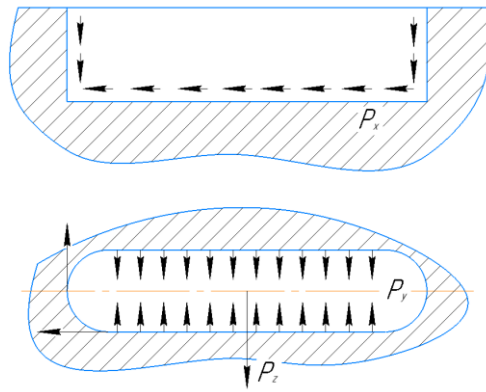


Рисунок 2.17 – Структура поля збурюючих сил

Аналіз структурних полів зрівноважувальних сил

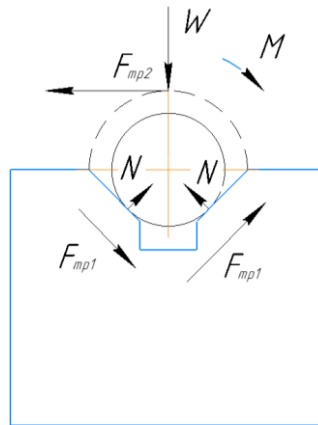


Рисунок 2.18 – Структура поля врівноважувальних сил

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будемо таблицю одnobічних зв'язків.

Таблиця 2.6 – Одnobічні зв'язки

| Індекс зв'язку | x | x' | y | y' | z | z' | ω_x | ω'_x | ω_y | ω'_y | ω_z | ω'_z |
|------------------|---|----|---|----|---|----|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Реакція | R | R | R | R | – | R | – | – | R | R | R | R |
| Сила закріплення | – | – | – | – | W | – | – | – | – | – | – | – |
| Сила тертя | – | – | – | – | – | – | F(W) | F(W) | – | – | – | – |

Розрахунок сил затиску з урахуванням сил, діючих у пристрої

При виконанні фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою на заготовку діють 2 сили: сила різання P_z і сила подачі P_x . При цьому сила P_z прикладена на діаметрі фрези, який дорівнює 10 мм, і її напрям змінюється. Розглядаємо варіант, коли сила P_z діє перпендикулярно осі обертання заготовки і може прокручувати заготовку навколо її осі обертання. Сила P_x діє паралельно осі заготовки, але заготовка спирається на упор, який утримує її в цьому напрямі. Нерухомість заготовки буде забезпечуватись силами тертя між заготовкою і базовими поверхнями призм, які повинні надаватись зусиллям затиску.

Розрахункова схема наведена на (рис. 6.6), де показані усі діючі у пристрої сили при фрезеруванні шпонкового пазу.

Вихідні дані: $P_z = 0,955$ кН – сила різання, $P_x = 0,6 \cdot P_z = 0,573$ кН – сила подачі, $L = 160$ мм – відстань між опорами важеля затиску, $l = 70$ мм – відстань від точки прикладення сили затиску до осі гайки механізму затиску, $d = 48$ мм – діаметр поверхонь заготовки у контакті з призмами, $D = 28$ мм – діаметр заготовки у точці прикладення сили затиску, $h = 5$ мм – глибина фрезерування, $f = 0,15$ – коефіцієнт тертя деталі з призмами, $f_z = 0,7$ – коефіцієнт тертя між важелем з рифленням і деталлю, K – коефіцієнт надійності затиску заготовки.

Коефіцієнт надійності затиску обчислюємо за методом, наведеним у

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

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – залежить від виду поверхні заготовки. При обробленій поверхні $K_1 = 1,0$;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від затуплення різального інструменту. При фрезеруванні кінцевою фрезою $K_2 = 1,2$.

K_3 – коефіцієнт від переривчастого різання. При не переривчастому різанні $K_3 = 1,0$.

K_4 – коефіцієнт, який залежить від постійності сили затиску. При механізованому затиску, що застосовано у нас $K_4 = 1,0$;

K_5 – залежить від зручності затиску. У нас затиск зручний $K_5 = 1,0$;

K_6 – коефіцієнт, який ураховується тільки при встановленні заготівлі на плоску поверхню. В нас заготівля встановлюється на циліндричну поверхню, тому $K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8.$$

Приймаємо 2.5

Розраховуємо силу затиску, діючу на деталь, яка обробляється P_z і силу, яку повинен надавати пневмоциліндр P_g . При цьому розглядаємо тільки можливість обертання заготовки від сили P_z .

Для розрахунку зусиль затиску записуємо вираз для визначення реакції у опорах заготовки на призмах R від сили затиску P . Їх буде дві у точках контакту заготовки з призмою. $R = P / \sqrt{2}$

Тоді зусилля затиску P :

$$P = \frac{P_z \cdot (d - h)/2}{f \cdot d/\sqrt{2} + f_z \cdot D/2} \cdot K = \frac{0,955 \cdot (48 - 5)/2}{0,15 \cdot 48/\sqrt{2} + 0,7 \cdot 28/2} \cdot 2,5 = 7,8 \text{ kH}$$

Розраховуємо силу, яку повинен надавати пневмоциліндр $P_{ц}$ для необхідної сили затиску P

$$P_{ц} = P \cdot \frac{L}{L - l} = 1,15 \cdot \frac{70}{160 - 70} = 0,9 \text{ kH}$$

У спроектованому пристрої у механізмі затиску використано пневмоциліндр.

Визначаємо діаметр пневмоциліндра при тиску $p = 0,4 \text{ МПа}$.

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{ц}}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 900}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 54,9 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр циліндра $D_{\text{ц}} = 63$ мм.

Визначаємо реальну силу, яку надає пневмоциліндр

$$P_{\text{ц}} = \frac{D_{\text{ц}}^2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot p}{4} = \frac{63^2 \cdot 3,14 \cdot 0,95 \cdot 0,4}{4} = 1183 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр штока

$$d_{\text{шт}} = (0,25 \dots 0,4)D_{\text{ц}} = (0,25 \dots 0,4)63 = 16 \dots 25 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штока $d_{\text{шт}} = 20$ мм

Розрахуємо на міцність при розтягуванні шток пристосування. Матеріал штоку – сталь 40. Для того, щоб при загрузці різь штоку не зірвалась, необхідно щоб виконувались наступні умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma]_p,$$

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot \sigma_T,$$

де $\sigma_T = 300$ МПа – границя текучості сталі 40;

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ (МПа)};$$

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi d^2},$$

де $d = 20$ мм – діаметр штока;

F – максимальна осьова сила, яка діє на розтягування штоку, Н

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 3500}{3,14 \cdot 20^2} = 11,1 \text{ МПа}$$

Умова виконується ($11,1\text{МПа} < 180\text{ МПа}$), тобто різь штока може витримувати дане зусилля.

Точнісні розрахунки пристрою

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою :

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{поз}^2}$$

де $T = 620\text{ мкм}$ – найбільший жорсткий допуск розміру, що одержують на даній операції (40 по 14 квалітету);

$K_T = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} = 0,8$ –коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_{\delta} = 0$ –похибка базування заготовки в пристрої (вимірювальна і технологічна бази співпадають);

$\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення, виникає в результаті зсуву оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили (не збігається напрям сили закріплення до допуску розміру, що вимірюється).

$\varepsilon_n = 0$ – похибка перекосу інструменту (втулки не використовуються).

ε_u – похибка, що виникає внаслідок зношування настановних елементів пристрою. Визначається за формулою:

$$\varepsilon_u = N \cdot \beta$$

де $\beta = 0,5$ – постійний коефіцієнт, що залежить від виду встановлювальних елементів і умов контакту поверхонь;

$N = 300\text{ шт}$ – кількість контактів заготовки з опорою в рік;

$$\varepsilon_u = 300 \cdot 0,5 = 150\text{ мкм}$$

$K_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки.

$\omega = 39$ мкм – середня економічна точність обробки (допуск по 8 квалітету на розмір 40).

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0$ – похибка позиціонування (заготовка не повертається).

Підставляємо значення:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &= 520 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 150^2 + (0,6 \cdot 39)^2 + 0^2} = 520 - 241 \\ &= 319 \text{ мкм}\end{aligned}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 300 \text{ мкм}$$

Опис принципу дії пристрою

Пристрій спроектовано для обробки деталі на вертикально–фрезерному верстаті моделі 6P12, але цей пристрій можна використовувати і для верстату POSmill 800B, так як він є універсальним.

Застосування даного пристрою забезпечує точну й швидку установку всіх оброблюваних деталей при закріпленні в пристрою.

Пристрій складається з наступних елементів:

– встановлювальні елементи призначені для додання заготовці строго певного положення щодо різального інструменту. У цьому випадку встановлювальними елементами будуть дві призми з кутом 90° поз. 4 і як упор для торця постійна опора поз. 5;

– затискні елементи призначені для запобігання зсуву заготовки під дією сили різання або власної ваги. Як затискний елемент приймаємо механізований пневмо–циліндр поз. 8. і важіль затиску поз. 6.

Всі елементи пристрою розміщені на його корпусі (основі), що має вид плити поз. 1. Корпус має два вушка, поз. 2, для кріплення на столі верстата.

Для швидкої й точної установки пристрою на столі верстата, на нижній частині його розміщаються дві шпонки поз.3. Принцип роботи пристрою: після установки й закріплення пристрою на столі верстата, деталь, що підлягає обробці, установлюється на дві призми й доводиться до упору в торець. Після чого затискається штоком пневмо–циліндра (поз. 8). При цьому важіль затиску 6, з лівої сторони притискає заготовку до призм

2.10 Висновок

Під час виконання роботи було проаналізовано базовий технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме:

1. У якості заготовки прийнятий прокат сортовий, оскільки вона є більш економічно вигідною, ніж заготовка з прокату.
2. За принципом концентрації об'єднані відповідні операції, які можна виконати за один установ заготовки, що дало змогу зменшити допоміжний час.
3. Розглянуто можливі схеми базування для трьох механічних операцій та прийнято найбільш доцільні.
4. Використання прогресивного обладнання та металорізальних інструментів дозволило застосувати високопродуктивні режими різання спрямовані на інтенсифікацію виробництва, що відповідно зменшило основний час на обробку заготовок.
5. Для стабілізації якості оброблення поверхонь заготовки спроектовано спеціальне верстатне пристосування з пневмоприводом для її базування та закріплення.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ

У результаті аналізу технологічного процесу обробки деталі черв'яка УНЗ 100.01.01.01 було визначено необхідність підбору раціональної конструкції різального інструменту для операцій 030 та 050 Токарна з ЧПК. Запропонований у базовому технологічному процесі різальний інструмент та визначені в базовій технологічній документації режими різання не задовольняють умові максимальної стійкості на продуктивності обробки. Визначена технологічна проблема забезпечення відносно більш високої стійкості інструменту на визначення раціональних режимів різання на токарних операціях визначила хід подальшого дослідження.

У якості наукового методу отримання інформації було визначено метод модельного експерименту, що реалізовувався у програмному продукті Start. Критеріями для визначення працездатності різних конструкцій різальних пластин було визначено: фаску зношення, ресурс інструменту та період стійкості. Варіювання режимів різання для різних конструкцій різальних пластин здійснювалось за методикою планування експерименту по методу Тагуті. Обробка результатів модельного експериментального дослідження викинулася у програмному продукті Minitab 19.

3.1 Методика планування експерименту

У якості найбільш значущих факторів що впливають на стійкість різального інструменту було визначено швидкість різання, подачу та глибину різання. Було запропоновано варіювати три вищезазначені фактори на трьох рівнях (Табл. 3.1). У результаті варіювання факторів та їх рівнів за методикою Тагуті було отримано план експерименту згідно якого в подальшому для різних конструкцій різальних пластин проводився модельний експеримент (Табл. 3.2).

Таблиця 3.1 – Матриця планування

| Фактори | Рівні факторів | | |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | X ₁ (-1) | X ₂ (0) | X ₃ (+1) |
| Швидкість різання, v (м/хв) | 120 | 160 | 200 |
| Подача, f (мм/об) | 0,12 | 0,19 | 0,26 |
| Глибина різання, t (мм) | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

На основі матриці планування була отримана таблиця кодування факторів для дослідів плану експерименту (Табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Кодування факторів та їх рівнів

| № дослідів | Швидкість різання, v (м/хв) | Подача, f (мм/об) | Глибина різання, t (мм) |
|------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | -1 | -1 | -1 |
| 2 | -1 | 0 | 0 |
| 3 | -1 | +1 | +1 |
| 4 | 0 | -1 | -1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | +1 | +1 |
| 7 | +1 | -1 | -1 |
| 8 | +1 | 0 | 0 |
| 9 | +1 | +1 | +1 |

У результаті декодування плану експерименту отриманого за методикою Тагута було визначено фактичні значення рівнів факторів для кожного з дослідів плану (Табл. 3.3)

Таблиця 3.3 – Декодування рівнів факторів для дослідів експерименту

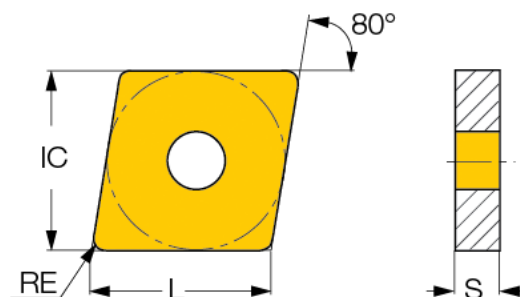
| № дослідів | Швидкість різання, v (м/хв) | Подача, f (мм/об) | Глибина різання, t (мм) |
|------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | 120 | 0,12 | 1,0 |
| 2 | 120 | 0,19 | 1,5 |
| 3 | 120 | 0,26 | 2,0 |
| 4 | 160 | 0,12 | 1,0 |
| 5 | 160 | 0,19 | 1,5 |
| 6 | 160 | 0,26 | 2,0 |
| 7 | 200 | 0,12 | 1,0 |
| 8 | 200 | 0,19 | 1,5 |
| 9 | 200 | 0,26 | 2,0 |

3.2 Геометрія різального інструменту

На основі літературного огляду та систематизації інформації про інженерну практику використання різального інструменту на підприємстві виробнику деталі черв'як УНЗ 100.01.01.01 було визначено три найбільш перспективні конструкції різальних пластин компанії TaeguTec, для яких доцільно провести модельний експеримент по визначенню раціональних режимів різання. Інформація про основні геометричні характеристики досліджуваних різальних пластин була отримана з каталогів фірми - виробника [16].

Для чорнової обробки було визначено пластину CNMG 120404 основні геометричні характеристики якої описано головним кутом в плані (ϕ°), кут при вершині (ϵ°), допоміжним кутом в плані (ϕ'°), заднім кутом (α°), та радіусом при вершині різальної пластини (r , мм) (Табл. 3.4 – Табл. 3.6)

На основі аналізу технічної документації компанії виробника пластина CNMG 120404 EM TT5080 (рис. 3.1) призначена для обробки нержавіючої та термообробленої сталі. Виробник рекомендує для нержавіючої сталі: швидкість різання від 130 до 230 м/хв, глибина різання від 0,8 до 3,5 мм, та подачу від 0,1 до 0,3 мм/об, для термообробленої: швидкість різання від 30 до 90 м/хв, глибина різання від 0,8 до 3,5 мм, та подачу від 0,1 до 0,3 мм/об.



Джерело: <https://taegutec.com.ua/uk/>

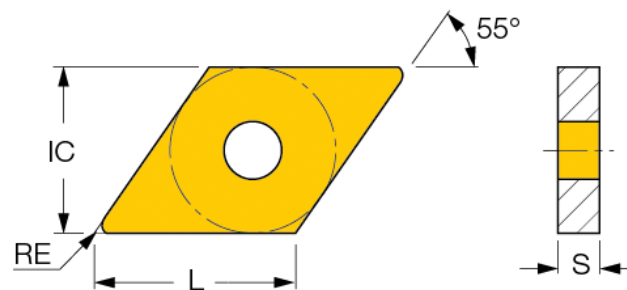
Рисунок 3.1 – Ескіз пластини CNMG

Основні геометричні параметри пластини що були використані для моделювання у програмі старт наведені у табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Геометричні параметри пластини CNMG 120404 EM TT5080

| φ° | ϵ° | φ'° | α° | r , мм |
|-----------------|------------------|------------------|----------------|----------|
| 95 | 80 | 5 | 5 | 0,4 |

Пластина DNMG 150604 EM TT5080 згідно інформації виробника (рис. 3.2) призначена для обробки нержавіючої та термообробленої сталі. Виробник рекомендує для нержавіючої сталі: швидкість різання від 130 до 230 м/хв, глибина різання від 0,8 до 3,5 мм, та подачу від 0,1 до 0,3 мм/об, для термообробленої: швидкість різання від 30 до 90 м/хв, глибина різання від 0,8 до 3,5 мм, та подачу від 0,1 до 0,3 мм/об.



Джерело: <https://taegutec.com.ua/uk/>

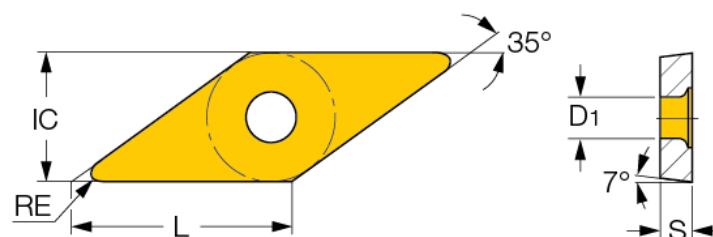
Рисунок 3.2 – Ескіз пластини DNMG [16]

Основні геометричні параметри пластини що були використані для моделювання у програмі старт наведені у табл. 3.5

Таблиця 3.5 – Геометричні параметри пластини DNMG 150604 EM TT5080

| φ° | ε° | φ'° | α° | $r, \text{ мм}$ |
|-----------------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|
| 93 | 55 | 32 | 7 | 0,4 |

Пластина VCMT 160404 PC TT5080 згідно інформації виробника (рисунок 3.3) призначена для обробки нержавіючої та термообробленої сталі. Виробник рекомендує для нержавіючої сталі: швидкість різання від 130 до 230 м/хв, глибина різання від 0,8 до 3,5 мм, та подачу від 0,1 до 0,3 мм/об, для термообробленої: швидкість різання від 30 до 90 м/хв, глибина різання від 0,8 до 3,5 мм, та подачу від 0,1 до 0,3 мм/об.



Джерело: <https://taegutec.com.ua/uk/>

Рисунок 3.3 – Ескіз пластини VCMT [16]

Основні геометричні параметри пластини що були використані для моделювання у програмі старт наведені у табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Геометричні параметри пластини VCMT 160404 PC TT5080

| φ° | ε° | φ'° | α° | $r, \text{ мм}$ |
|-----------------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|
| 93 | 35 | 52 | 7 | 0,4 |

3.3 Граничні умови модельного експерименту

Для моделювання процесу механічної обробки запропоновано було використати попередньо розроблений програмний продукт Start. Функціонал програми дозволяє за параметрами різального інструменту, зокрема його геометрії, інструментальному та оброблювальному матеріалам виконати розрахунки таких технічних характеристик процесу механічної обробки як: період стійкості, ресурс інструменту. Крім того в програмному продукті є можливість визначити фізичні характеристики процесу точіння. Такі як: температура різання, тангенціальна складова сили різання, коефіцієнт усадки стружки. Введення граничних умов модельного дослідження здійснюється через інтерфейс програми, що складається з чотирьох блоків. У верхній частині робочого поля програми містяться графі у яких безпосередньо задаються граничні умови такі як: геометрія різця; габаритні розміри заготовки, режими різання. Геометрія різця описується шістьма параметрами серед яких зокрема: головний кут в плані (φ°), кут при вершині (ϵ°), допоміжний кут в плані (φ'°), задній кут (α°), та радіус при вершині різальної пластини (r , мм). Параметри заготовки визначаються діаметром та довжиною. Режими різання: швидкістю різання, подачею та глибиною різання.

Другий блок програми містить панель для запуску емулятора що імітує рух подачі різця та обертання заготовки. У окремій секції робочого вікна програми містяться дані про результати розрахунку (рис.3.4).

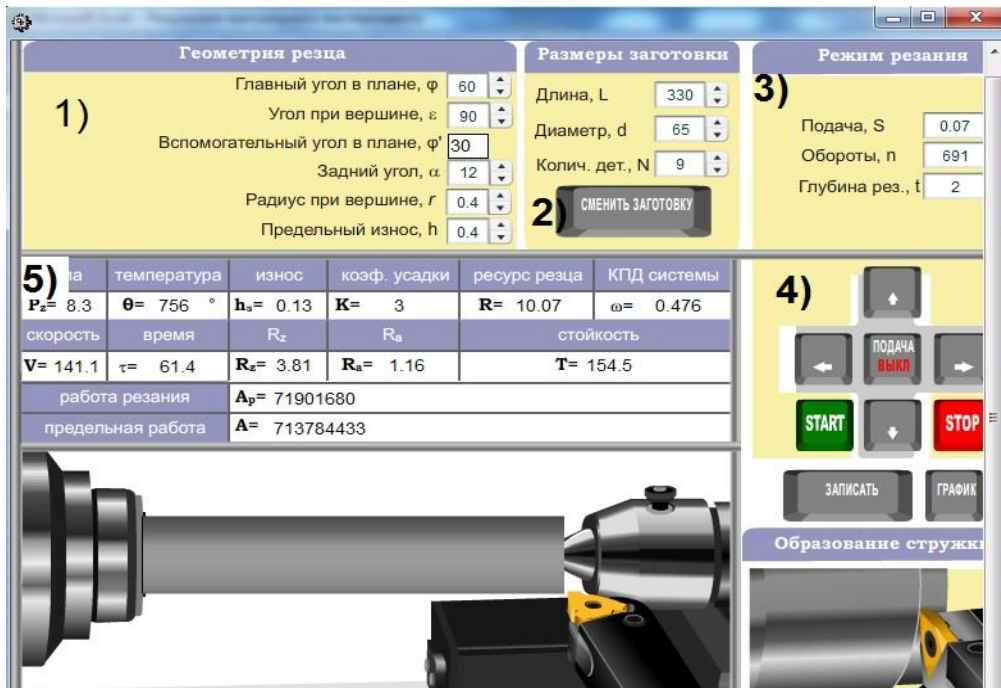


Рисунок 3.4 – Порядок введения данных для модельного эксперимента

В результате у програмі було проведено дев'ять дослідів згідно таблиці планування експерименту.

3.4 Результаты модельного дослідження по визначенню стійкості різального інструменту при різних режимах різання для пластини CNMG 120404 EM TT5080

Результати отримані від модельного експерименту були опрацьовані у програмному продукті Minitab 19. У результаті було отримано графіки залежності фаски зношення, ресурсу інструменту, періоду стійкості, та шорсткості обробленої поверхні від режимів різання для кожної конструкції різальної пластини. Порівняння вище наведених параметрів як між собою та і за конструкцією пластин дозволить визначити та в подальшому використовувати у технологічному процесі обробки деталі черв'як різальну пластину стійкість якої зможе забезпечити максимальний ресурс при точінні.

Для пластини CNMG 120404 EM TT5080 були отримані графіки залежності фаски зношення від режимів різання (рис.3.5), періоду стійкості від режимів різання (рис.3.6), та шорсткості (рис.3.7)

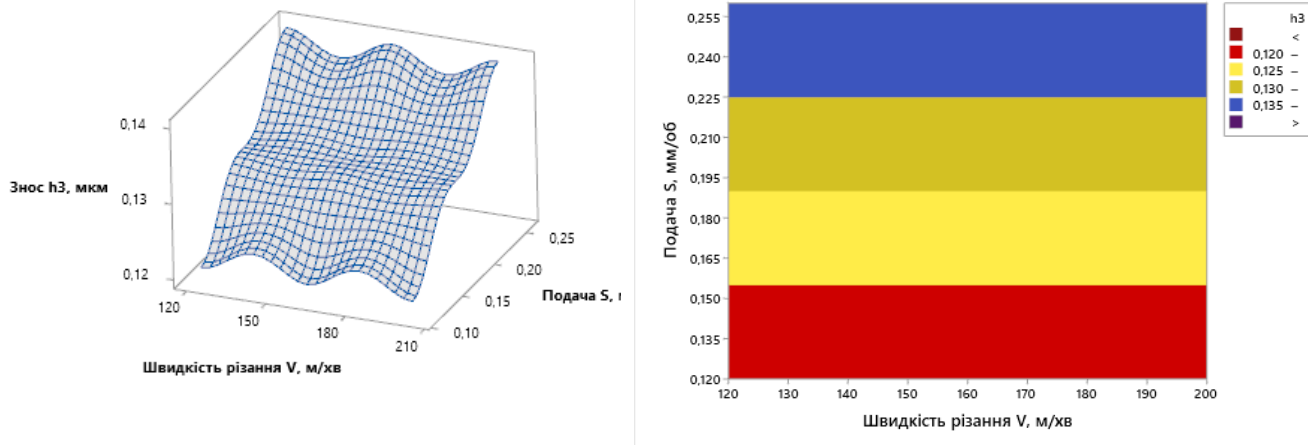


Рисунок 3.5 – Вплив режимів різання на фаску зношення пластини CNMG 120404 EM TT5080

З графіку залежності фаски зношення від режимів різання для пластини CNMG120404 EM TT5080 випливає, що швидкість різання суттєвим чином не впливає на збільшення фаски зношення по задній поверхні. Разом з тим збільшення фаски зношення спостерігається зі збільшенням подачі. Для проаналізованого діапазону швидкостей різання, подач та глибин різання, фаска зношення змінюється в залежності від режиму різання від 0,12 до 0,14 мм, не досягаючи визначеного критерію зношення у 0,4 мм.

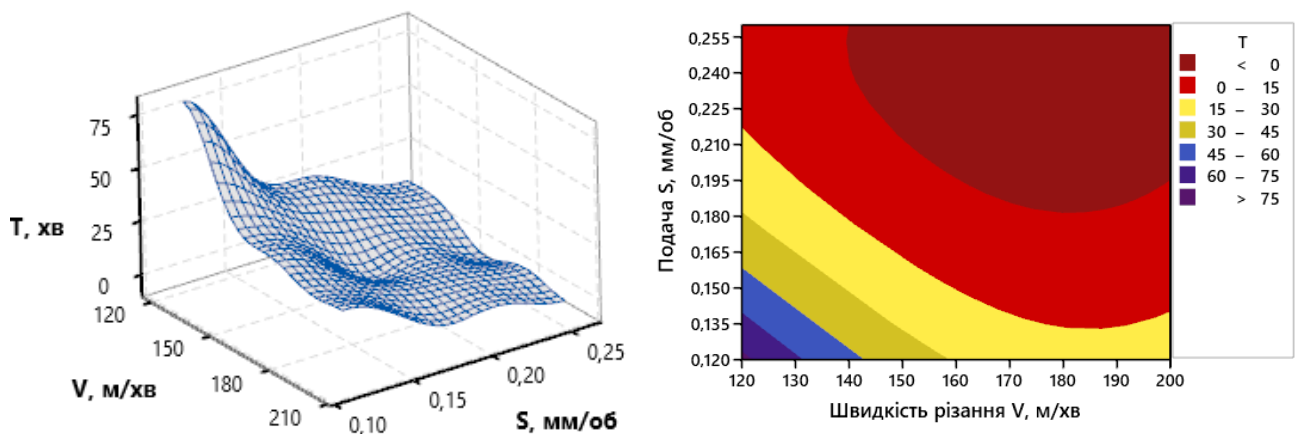


Рисунок 3.6 – Вплив режимів різання на період стійкості пластини CNMG 120404 EM TT5080

У той же час період стійкості суттєво залежить від режимів різання. У діапазоні швидкостей різання від 160 до 200 м /хв у поєднанні відносно високою подачею (0,21 – 0,25) та глибиною різання 2 мм, спостерігається миттєве катастрофічне зношення різальної пластин. Найбільший період стійкості 78 хв відповідає найменш продуктивному режиму різання $v=120$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1$ мм. Найбільш прийнятними режимами різання можна вважати режими в діапазоні від $v =120$ м/хв $s=0,19$ мм/об та $t=1,5$ мм до $v =160$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1,0$ мм, що відповідаю періоду стійкості 25 хв.

Хоча модельний експеримент проводиться для чорнових стадій обробки і параметр шорсткості не є важливим чи обмежуючим однак і він був визначений та протабульований. Отримані графіки підтвердили загально відому інформацію про домінуючий вплив подачі на шорсткість обробленої поверхні. Однак необхідно враховувати, що значення шорсткості отримані про постійному радіусі округлення вершини, що також суттєво може вплинути на цей параметр.

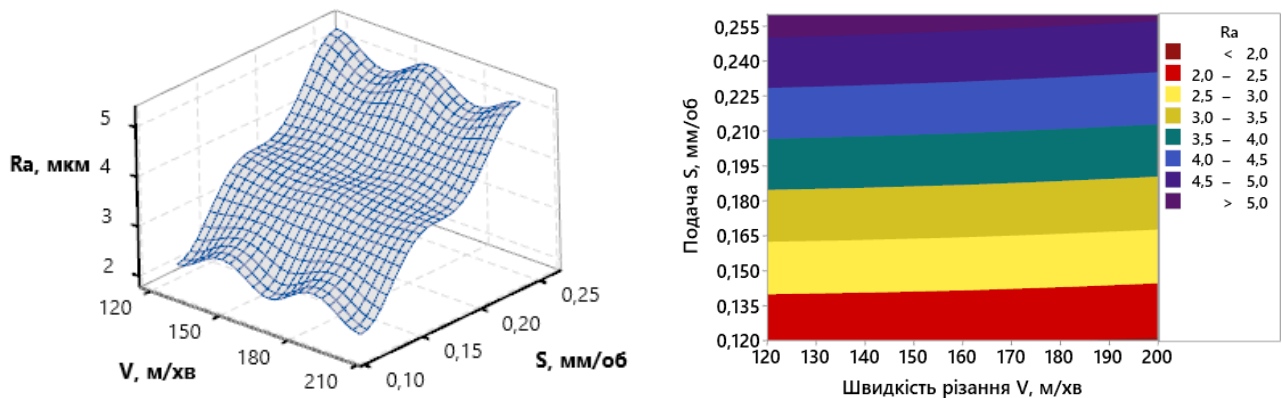


Рисунок 3.7 – Вплив режимів різання на шорсткість поверхні обробленої пластиною CNMG 120404 EM TT5080

3.5 Результати модельного дослідження по визначенню стійкості різального інструменту при різних режимах різання для пластини DNMG 150604 EM TT5080

Для пластини DNMG 150604 EM TT5080 були отримані графіки залежності фаски зношення від режимів різання (рис.3.8), періоду стійкості від режимів різання (рис.3.9), та шорсткості (рис.3.10)

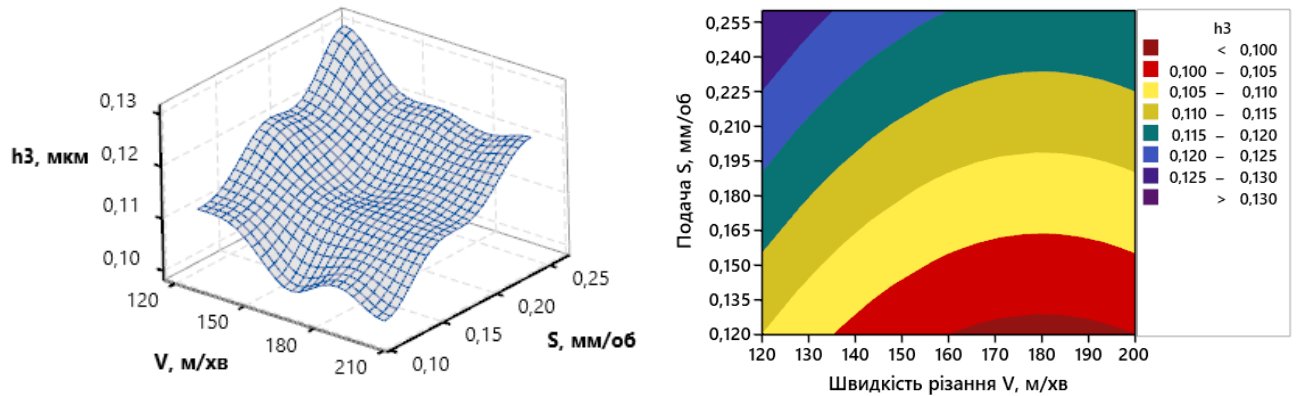


Рисунок 3.8 – Вплив режимів різання на фаску зношення пластини DNMG 150604 EM TT5080

Значення фаски зношення варіюється не в значних межах від 0,1 до 0,13 мм. Однак характер розподілу результатів вимірювання цього параметру для пластини DNMG 150604 EM TT5080 відрізняється від аналогічної залежності для пластини CNMG 120404 EM TT5080. З отриманого графіку видно дещо концентричний характер зростання параметру від осі X , що обумовлено більшим впливом швидкості різання на інтенсивність зношування ніж подачі для даної пластини. Подібна відмінність у порівнянні з пластиною CNMG 120404 EM TT5080 обумовлена зміною головного кута в плані та кута при вершині, що впливає характер силової взаємодії у зоні різання і відповідно вплине на контактні сили на задній поверхні інструмента, що і відбилося на характері зношення для даної конструкції пластини.

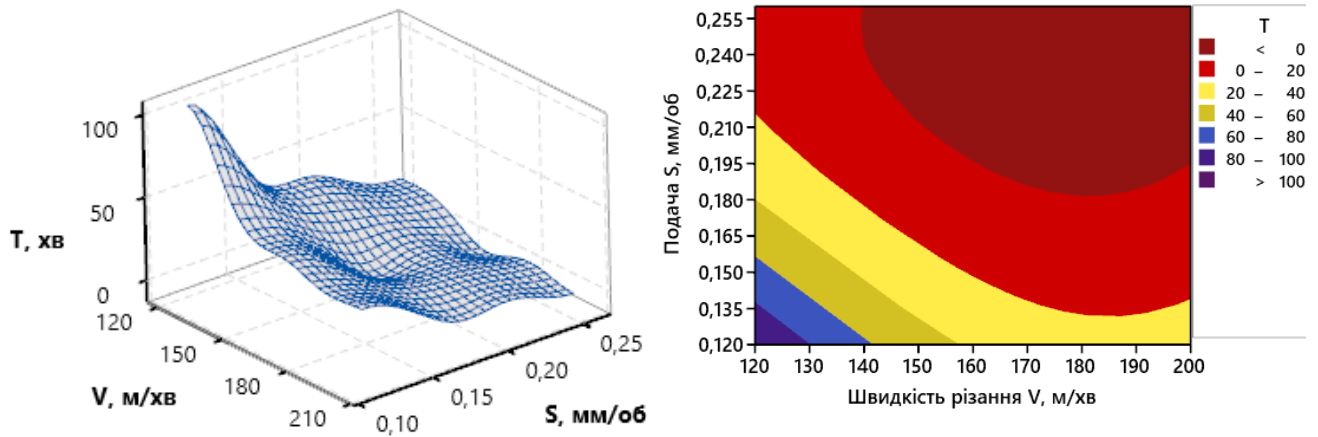


Рисунок 3.9 – Вплив режимів різання на період стійкості пластини DNMG 150604 EM TT5080

У порівнянні з результатами для пластини CNMG 120404 EM TT5080 тренди залежності періоду стійкості від режимів різання суттєво не змінилися. Зберіглася тенденція катастрофічного зношення у діапазоні швидкостей різання від 160 до 200 м /хв у поєднанні з відносно високою подачею (0,21 – 0,25) та глибиною різання 2 мм. Найбільший період стійкості зріс до 100 хв відповідає найменш продуктивному режиму різання $v=120$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1$ мм. Найбільш прийнятними режимами різання можна вважати режими в діапазоні від $v =120$ м/хв $s=0,19$ мм/об та $t=1,5$ мм до $v =160$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1,0$ мм, що відповідає стійкості інструменту від 33 до 37 хв.

Хоча основні тенденції залежності шорсткості обробки від подачі при точінні пластиною DNMG 150604 EM TT5080 не змінилися, але зміни у головного кута в плані та кута при вершині вплинули на кількісні значення шорсткості (рис.3.10).

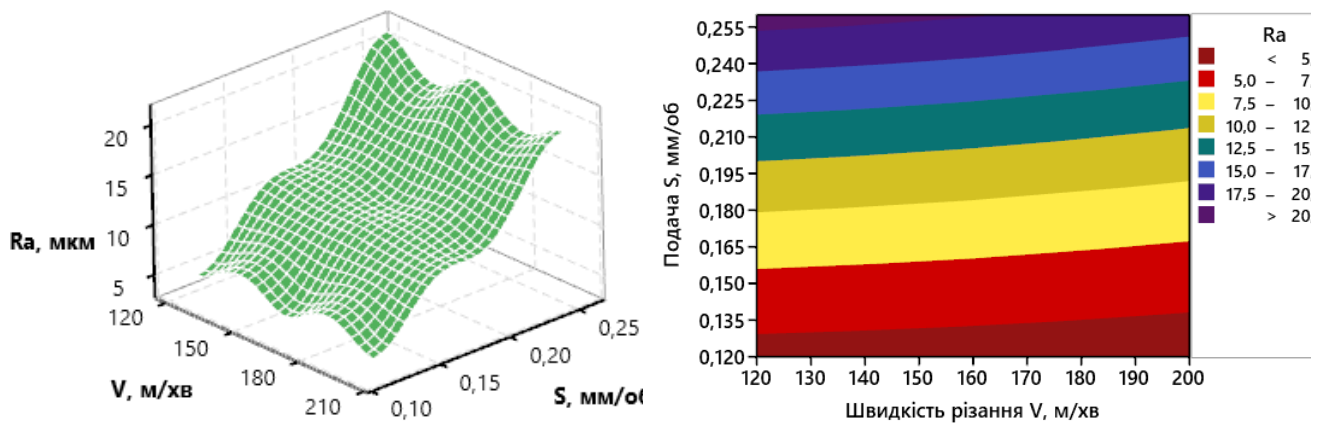


Рисунок 3.10 – Вплив режимів різання на шорсткість поверхні обробленої пластиною DNMG 150604 EM TT5080

Таким чином якщо для пластини CNMG 120404 EM TT5080 максимальне значення шорсткості сягало максимум R_a 5,0 мкм, то при обробці пластиною DNMG 150604 EM TT5080 шорсткість досягла R_a 20,0 мкм.

3.5 Результати модельного дослідження по визначенню стійкості різального інструменту при різних режимах різання для пластини VCMТ 160404 РС TT5080.

Значення фаски зношення варіюється не в значних межах від 0,07 до 0,09 мм. Однак характер розподілу результатів вимірювання цього параметру для пластини VCMТ 160404 РС TT5080 відрізняється від двох попередніх пластин. Можна спостерігати велике плато фаски зношення у центральній частині графіка, що охоплює майже весь діапазон значень режимів різання, крім двох екстремумів мінімального зношення - 0,07 мм, що відповідає $v=200$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1,0$ мм, максимальному зношенню – 0,08 мм, $v=200$ м/хв $s=0,26$ мм/об та $t=1,5$ мм. Подібна відмінність у порівнянні з пластиною CNMG 120404 EM TT5080 обумовлена зміною головного кута в плані та кута при вершині, що впливає характер силової взаємодії у зоні різання і відповідно вплине на контактні сили на задній поверхні інструмента, що і відбилося на характері зношення для даної конструкції пластини.

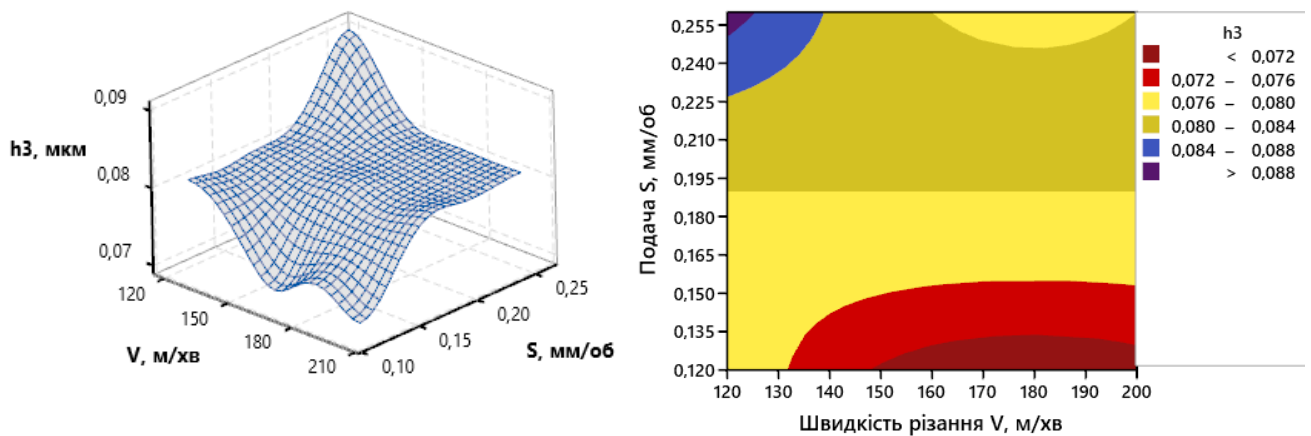


Рисунок 3.11 – Вплив режимів різання на фаску зносу поверхні обробленої пластиною VCMТ 160404 РС ТТ5080

У порівнянні з результатами попередніх дослідів для пластини VCMТ 160404 РС ТТ5080 тренди залежності періоду стійкості від режимів різання суттєво не змінилися. Зберіглася тенденція катастрофічного зношення у діапазоні швидкостей різання від 160 до 200 м /хв у поєднанні з відносно високою подачею (0,21 – 0,25 мм/об) та глибиною різання 2 мм. Найбільший період стійкості зріс до 213 хв відповідає найменш продуктивному режиму різання $v=120$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1$ мм. Найбільш прийнятними режимами різання можна вважати режими в діапазоні від $v =120$ м/хв, $s=0,19$ мм/об та $t=1,5$ мм до $v =160$ м/хв, $s=0,12$ мм/об та $t=1,0$ мм, що відповідає стійкості інструменту від 70 до 79 хв.

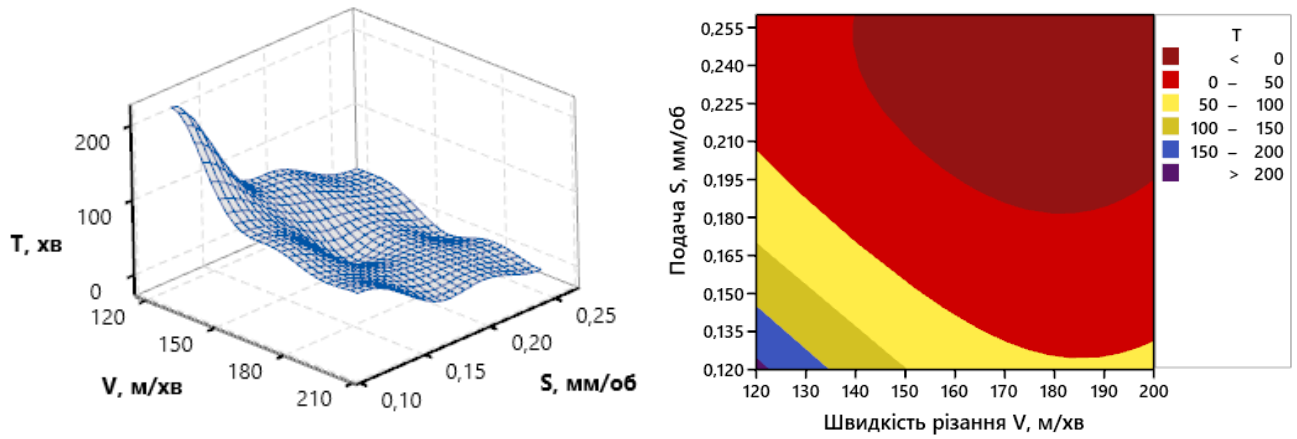


Рисунок 3.12 – Вплив режимів різання на період стійкості пластини VCMT 160404 PC TT5080

Хоча основні тенденції залежності шорсткості обробки від подачі при точінні пластиною VCMT 160404 PC TT5080 не змінилися, але зміни у головного кута в плані та кута при вершині вплинули на кількісні значення шорсткості (рис.3.13).

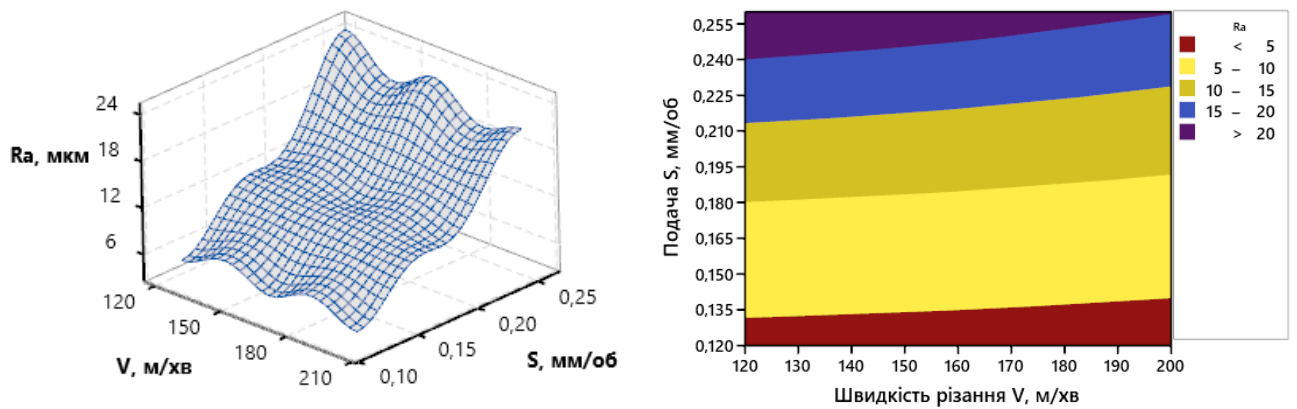


Рисунок 3.13 – Вплив режимів різання на шорсткість поверхні обробленої пластиною VCMT 160404 PC TT5080

Таким чином якщо для пластини VCMT 160404 PC TT5080 максимальне значення шорсткості сягало максимум Ra 20,0 мкм.

3.6 Висновок

1. За методикою Тагуті було отримано план модельного експерименту що складається з дев'яти дослідів. У рамках експерименту запропоновано варіювати три фактори: швидкість різання подачу та глибину різання при точінні легованої сталі пластинами трьох різних конструкцій.

2. В результаті аналізу технічної документації було визначено три конструкції пластин для чорнової обробки при точінні, а саме CNMG 120404 EM TT5080, DNMG 150604 EM TT5080, VCMТ 160404 РС TT5080.

3. Було запропоновано виконати модальний експеримент у програмі Start, що дозволило проварювати не тільки режими різання але і геометрію різального інструменту.

4. В результаті модельного експерименту по дослідженню стійкості різальної пластини CNMG 120404 EM TT5080 було виявлено, що фаска зношення при різних режимах різання варіюється в межах від 0,12 до 0,14 мм не досягаючи критерію зношення у 0,4 мм, разом з тим період стійкості інструмента сягає 78 хв, а шорсткість обробленої поверхні не перевищує Ra 5.0 мкм.

5. За результатами експерименту пластини DNMG 150604 EM TT5080 найбільший період стійкості зріс до 100 хв відповідає найменш продуктивному режиму різання $v=120$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1$ мм. Найбільш прийнятними режимами різання можна вважати режими в діапазоні від $v =120$ м/хв $s=0,19$ мм/об та $t=1,5$ мм до $v =160$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1,0$ мм, що відповідає стійкості інструменту від 33 до 37 хв, максимальна шорсткість Ra 20,0 мкм

6. У порівнянні з результатами попередніх дослідів для пластини VCMТ 160404 РС TT5080 тренди залежності періоду стійкості від режимів різання суттєво не змінилися. Найбільший період стійкості зріс до 213 хв відповідає найменш продуктивному режиму різання $v=120$ м/хв $s=0,12$ мм/об та $t=1$ мм. Найбільш прийнятними режимами різання можна вважати режими в діапазоні від $v =120$ м/хв, $s=0,19$ мм/об та $t=1,5$ мм до $v =160$ м/хв, $s=0,12$ мм/об

та $t=1,0$ мм, що відповідає стійкості інструменту від 70 до 79 хв. Максимальне значення шорсткості сягало максимум Ra 20,0 мкм.

ВИСНОВКИ

1. Виконаний аналіз службового виробу штока, який є складовою частиною виробу компресора. Проаналізовані технічні вимоги креслення штока та технологічність конструкції деталі за якісними та кількісними показниками. Виконаний аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення штока. Проаналізовані оздоблювальні операції виготовлення деталі, на яких остаточно формуються потрібні показники якості поверхонь черв'яка.

2. Визначені операції технологічного процесу обробки поверхонь черв'яка для яких вибрані і обґрунтовані раціональні схеми базування та закріплення деталі. Запропоновані сучасні моделі верстатів, верстатні пристрої, технологічне оснащення для виготовлення штока в умовах дрібносерійного виробництва. Для фрезерування пазу за умовами креслення деталі розроблений спеціальний пристрій для його швидкого і точного виготовлення. Визначені задачі для подальшого дослідження оздоблювального етапу технологічного процесу обробки виконавчих поверхонь черв'яка. Розроблена технологічна документація для обробки черв'яка (карти МК, ОК, КЕ), специфікації на складальне креслення спеціального приладу для фрезерування пазу на верстаті з ЧПУ.

3. Було проведено дослідження стійкості різального інструменту в залежності від режимів різання при токарній обробці для операцій 030 та 050 Токарна з ЧПК. За допомогою програми Start було визначено залежності стійкості, шорсткості, фаски зносу від режимів різання. Обробка результатів модельного експериментального дослідження викинулася у програмному продукті Minitab 19. Тож можемо зробити висновок, що найбільш раціонально використовувати пластину типу VCMТ 160404 РС ТТ5080, так як найбільш прийнятними режимами різання від $v = 120$ м/хв, $s = 0,19$ мм/об та $t = 1,5$ мм до $v = 160$ м/хв, $s = 0,12$ мм/об та $t = 1,0$ мм, при цьому стійкість інструменту від 70 до 79 хв, що значно більше від пластин, які були в експерименті.

4. Розроблені заходи для охорони праці (додаток Г) та безпеки робітників на ділянці, вирішення питання пожежної безпеки приміщення, розраховані умови повітряної вентиляції приміщення, виконані розрахунки звукоізоляції на робочому місці фрезерувальника, виконані розрахунки рівня шуму на робочому місці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до курсового роботи для студентів, що навчаються за освітньо–кваліфікаційним рівнем «Бакалавр» за напрямом 0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання/ Укладачі Захаркін А.У, Євтухов В.Г.,– Суми: Вид–во СумДУ 2000 23 с.
2. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения Текст/ А.Р.Горбацевич, В.А. Шкред. Изд. 4–е, перераб. и доп. – Минск: Вышэш. Школа, 1983.–256 с.
3. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учеб. Для машиностроит.вузлов Текст/А. А. Маталин. – Львов :Машиностроение, 1985.–496с..
4. Справочник технолога–машиностроителя. В 2–х т. Т. 2 /Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.. – 4–е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1986. – 496 с., ил.
5. Справочник технолога–машиностроителя. Под ред. Панова. – Москва : Машиностроение, 1980. – 527 с.
6. Общестроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно–заключительного времени для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. – Москва : Машиностроение, 1974. – 421 с.
7. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник /Под ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. – Л. : Машиностроение, 1983. – 368 с.
8. Сорочкин Б.М. и др. Средства для линейных измерений. – Львов : Машиностроение, 1978. – 264 с.
9. Городецкий, Ю.Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. – Москва : Машиностроение, 1971. – 367 с.

10. Методические указания к практическим занятиям "Анализ служебного назначения машины и детали" по курсу «Технология Машиностроения» для студентов специальности 0501 дневной и вечерней форм обучения/ Сост. О.А. Топоров. – Харьков : ХПИ, 1987. – 16 с.

11. ГОСТ 7829–70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Технические требования.

12. Характеристика типів виробництва [Електронний ресурс] // Відомості про виробництво. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/1862727/#2>.

13. Аналіз технологічної операції виготовлення деталі [Електронний ресурс] // Конструктивні особливості деталі "болт шатунний", умови її експлуатації. Визначення типу виробництва, такту випуску та партії запуску. Способи отримання заготовки. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635a3ad68a4c53a89421216d36_0.html

14. Закон України про охорону праці [Електронний ресурс] // Верховна рада. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.

15. Режимы резания металлов. Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.

16. Токарный инструмент [Електронний ресурс] // Taegutec. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://taegutec.com.ua/katalog/instrument-2017/>.

17. Юдин, Е.Я. Охрана в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев и др.; Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова – 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983, 432.

18. Гладка, Л.А. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах для студентів спеціальностей 7.090202 та 7.090203 денної та заочної форм навчання/ Суми: Вид-во СумДУ, 2003. – 23с.

19. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги.

20. ДСТУ 2867–94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.

21. ДСТУ 12.2.061:2009 Система стандартів безпеки праці. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам

22. ГОСТ 12.2.062. Оборудование производственное. Ограждения защитные.

23. ГОСТ 12.2.029. Система стандартів безпеки праці. Приспособления станочные. Требования безопасности.

24. ГОСТ 12.4.011. Система стандартів безпеки праці. Средства защиты работающих.

25. ГОСТ 12.3.002–75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

26. ГОСТ 12.1.044–77. Система стандартів безпеки праці. пожаровзрывоопасность веществ и материалов.

27. ГОСТ 12.1.005–88 Загальні санітарно–гігієнічні вимоги до повітря робочої зони

28. ДБН В.2.5–28–2006. Природне і штучне освітлення.

29. ГОСТ 12.0.003–74 Опасные и вредные производственные факторы.

Классификация

30. ДСТУ ISO 6309:2007 Знаки безпеки. Форма та колір

31. ДБН В.2.5–56:2010. Системи протипожежного захисту

32. ДБН В.2.5–67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування

33. ДСН 3.3.6.037–99 Санитарные нормы производственного шума, ультразвук и инфразвук