

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

«магістр»

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(код та назва)

освітньо-професійної

програми

«Технології машинобудування»

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему:

Удосконалення технологічного процесу виготовлення напівмуфти

ТКА-Ц-16/140 шляхом автоматизації вибору різального

інструменту та режимів різання на механічних операціях

Здобувача (ки) групи

ТМ.м-31

(шифр групи)

Малимоненка Давида Глібовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Давид МАЛИМОНЕНКО

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

ст. викладач, канд. техн. наук, ст. викладач

Віталій КОЛЕСНИК

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер

ст. викладач, канд. техн. наук, ст. викладач

Віталій КОЛЕСНИК

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	Технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра	Технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітній ступінь	магістр (назва)
Спеціальність	131 «Прикладна механіка» (шифр і назва)
Освітня програма	«Технології машинобудування» (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технологій
машинобудування, верстатів та
інструментів

Віталій ІВАНОВ

«___» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Малимоненко Давид Глібович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)	Удосконалення технологічного процесу виготовлення напівмуфти ТКА-Ц-16/140 шляхом автоматизації вибору різального інструменту та режимів різання на механічних операціях
Керівник проекту	Колесник Віталій Олександрович, ст. викладач, канд. техн. наук, ст. викладач (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «12» листопада 2024 року № 1176-VI

2. Строк подання студентом роботи (проекту) «10» грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи (проекту)

3.1 Робоче креслення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 2000 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140».

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

4.1 Аналіз службового призначення деталі Напівмуфта ТКА-Ц-16/140 та базової технології її оброблення

4.2 Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі Напівмуфта

4.3 Виконати підбір актуального обладнання на операції механічної обробки та автоматизований підбір ріжучого інструменту та режимів різання для обраних операцій

4.4 Провести віртуальний експеримент спрямований на дослідження оптимальних режимів при заданій шорсткості поверхні деталі

4.5 Експериментально дослідити вплив режимів різання на шорсткість, стійкість різального інструменту, температуру різання, силу різання та час оброблення для токарної обробки

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення вихідної заготовки

5.2 Креслення оновленого маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою (складальне)

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140»

7. Консультанти розділів роботи (проєкту)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.10.2024	Виконано
2	Виконати аналіз службового призначення деталі гільза та технології її оброблення	02.11.2024	Виконано
3	Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі гільза	15.11.2024	Виконано
4	Формулювання загальних висновків	02.12.2024	Виконано
5	Підготовка доповіді	04.12.2024	Виконано
6	Підготовка презентації	05.12.2024	Виконано
7	Оформлення роботи	06.12.2024	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Давид МАЛИМОНЕНКО

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Віталій КОЛЕСНИК

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з 200 сторінок, зокрема 29 рисунків, 43 таблиць, бібліографії з 20 джерел на трьох сторінках, 13 додатків на 35 сторінках.

Актуальність теми. Деталь «Напівмуфта» є частиною агрегата електро-насосного НШБ-160-32 відповідає за передачу обертового моменту з електродвигуна на вал насосу, завдяки чому насос здійснює свою передбачену роботу. Якщо напівмуфта буде неякісною, це може призвести до неточної роботи, вібрацій або знизити показник довговічності виробу. Тому, щоб запобігти цьому – завдання інженерів покращувати технологію виробництва деталей з оглядом на сучасні здобутки науки та техніки. Розроблення більш ефективних технологічних процесів є амбітним об’ємним завданням, вирішення якого потребує здійснення наукових досліджень на основі методики планування експерименту, пошуку автоматизованих рішень з вибору різального інструменту та призначення режимів різання. В поточній роботі пропонується реалізувати покращення технологічного процесу механічної обробки деталі із впровадженням більш продуктивного різального інструменту, оптимізації режимів обробки відповідно до найбільшої ефективності обробки, що є актуальним інженерно технічним завданням.

Мета роботи. Підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140» шляхом впровадження його раціональних структури та параметрів режимів різання.

Методи дослідження. При розробленні дипломного проекту задіяні основні положення технології машинобудування, виконано автоматизований пошук різальних пластин та різців у середовищі програми Sandvik Tool Guide. Планування експериментального дослідження було виконано за методикою повнофакторного експерименту. Було проведено віртуальний експеримент у середовищі програми емулятора процесу точіння «Start». Обробка отриманих результатів була виконана на основі дисперсійного аналізу у програмному середовищі «Minitab».

Практичне значення результатів полягає у тому, що дані отримані у Sandvik Tool Guide є максимально наближені до підприємств, бо ця компанія

займається виробництвом ріжучого інструменту. Враховуючи багаторічний досвід впровадження ріжучих інструментів та власного каталогу програма запропонувала оптимальні інструменти та режими до них. Ми побачили з віртуального експерименту, що обрані режими різання забезпечують хорошу якість оброблення поверхні та стійкість інструменту. Тому дані режимів різання отримані завдяки цьому методу можна застосовувати у металообробці на відповідних виробництвах.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, НАСОС, НАПІВМУФТА, ВЕРСТАТ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, ТОЧІННЯ, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, РІЗЕЦЬ, ШОРСТКІСТЬ, ТЕМПЕРАТУРА РІЗАННЯ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 200 pages, including 29 figures, 43 tables, a bibliography of 20 sources on three pages, and 13 appendices on 10 pages.

Topic relevance. The “Half-coupling” part is part of the NSHB-160-32 electric pump unit responsible for transmitting torque from the electric motor to the pump shaft, thanks to which the pump performs its intended work. If the half-coupling is of poor quality, this can lead to inaccurate operation, vibrations or reduce the durability of the product. Therefore, to prevent this, the task of engineers is to improve the technology of manufacturing parts with a view to modern achievements of science and technology. The development of more efficient technological processes is an ambitious, voluminous task, the solution of which requires scientific research based on the methodology of experimental planning, the search for automated solutions for the selection of a cutting tool and the assignment of cutting modes. The current work proposes to implement an improvement in the technological process of machining a part with the introduction of a more productive cutting tool, optimization of processing modes in accordance with the greatest processing efficiency, which is a relevant engineering and technical task.

The goal of the work: is to increasing the efficiency of the manufacturing process of the "Semi-coupling TKA-C-16/140" part by implementing advanced operations, up-to-date machines, cutting tools, and fixtures.

Research methods. The development of the diploma project involved the basic principles of mechanical engineering technology, an automated search for cutting inserts and cutters was performed in the Sandvik Tool Guide program environment. The planning of the experimental study was carried out using the full-factorial experiment method. A virtual experiment was conducted in the environment of the turning process emulator program "Start". The results obtained were processed based on variance analysis in the "Minitab" software environment.

The practical significance of the results lies in the fact that the data obtained in Sandvik Tool Guide are as close as possible to enterprises, because this company is

engaged in the production of cutting tools. Taking into account many years of experience in the implementation of cutting tools and its own catalog, the program suggested optimal tools and modes for them. We saw from the virtual experiment that the selected cutting modes provide good surface treatment quality and tool stability. Therefore, the cutting mode data obtained thanks to this method can be used in metalworking at relevant production facilities.

TECHNOLOGICAL PROCESS, PUMP, HALF-COUPLING, MACHINE, CUTTING MODE, TURNING, CONTROL PROGRAM, CUTTING TOOL, TOOL, ROUGHNESS, CUTTING TEMPERATURE, FIIXTURE.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ Існуючого технологічного процесу виготовлення деталі	13
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис їх конструктивних особливостей та умов експлуатації	13
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення	16
1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва.....	19
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	27
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу	32
1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	37
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	39
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального	39
2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	40
2.3 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання	46
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки ...	51
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	57
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	65
2.7 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій.....	97
2.8 Висновки	125
3 ДОСЛІДЖЕННЯ СПРЯМОВАНЕ НА УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	126
3.1 Методологія дослідження та планування експерименту	126
3.2 Експериментальне дослідження	132
3.3 Обґрунтування вибору різального інструменту та режимів на основі результатів експерименту.....	137
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	139

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	141
ДОДАТОК А.....	144
ДОДАТОК Б.....	145
ДОДАТОК В.....	146
ДОДАТОК Г.....	147
ДОДАТОК Ґ.....	148
ДОДАТОК Д.....	149
ДОДАТОК Е.....	150
ДОДАТОК Є.....	151
ДОДАТОК Ж.....	152
ДОДАТОК З.....	153
ДОДАТОК И.....	154
ДОДАТОК І.....	156
ДОДАТОК Й.....	157

ВСТУП

Машинобудування, що постачає сучасну техніку всім галузям всенародного господарства, формує технічний прогрес країни і робить основний вплив на формування матеріальної бази суспільства. У зв'язку з цим його еволюції завжди надавалося і надається первинне значення.

Технологія машинобудування – це наука про виготовлення машин необхідної якості у встановленому виробничою програмою кількості і в задані терміни при найменших витратах живої і матеріалізованої праці, тобто при найменшій собівартості.

Головне в моїй роботі – підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140» шляхом впровадження його раціональних структури та параметрів. Об'єкт дослідження – деталь «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140», технологічний процес виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140». Предмет дослідження – структура та параметри технологічного процесу виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140».

Деталь «Напівмуфта» доволі відповідальна в електро-насосному агрегаті НШБ-160-32, бо забезпечує передачу обертового моменту з електродвигуна на вал насоса, завдяки чому насос здійснює свою передбачену роботу. Якщо напівмуфта буде неякісною, це може призвести до неточної роботи або знизити показник довговічності ввиробу.

Нині підвищується розробка питання впливу технології на фізико-хімічний стан металу, поверхневого шару оброблюваних заготовок, його дислокаційну будову, розміри кристалічних блоків і на експлуатаційні властивості і надійність деталей машин. Підтримується розробка проблеми технологічної спадковості і зміцнюючої технології. Розвиваються методи оптимізації технологічних процесів по точності, що досягається, продуктивності і економічності виготовлення при забезпеченні високих експлуатаційних якостей і надійності роботи машини.

Проектуються системи автоматизованого керування ходом технологічного процесу з його оптимізацією по всіх головних параметрах виготовлення і

потрібними експлуатаційними якостями. Розгортається діяльність із створення гнучких автоматизованих виробничих систем на базі використання ЕОМ, автоматизації міжопераційного транспорту, контролю і робототехніки.

Продовжується модернізація технологічних процесів виготовлення деталей машин і збирання (насамперед в напрямках формування маловідходних технології, чистової обробки і автоматизації складальних робіт). Розширення розвитку технології машинобудування на даному етапі повинен «здійснювати перехід до поширеного вживання високоефективних систем машин і технологічних процесів, що задовольняють комплексну механізацію і автоматизацію виробництва, технічне переналагоджування його основних галузей».

Надзвичайно великий зв'язок технології машинобудування з такими дисциплінами, як теорія різання, металорізальні верстати, інструменти, допуски, технічні виміри, матеріалознавство і термічна обробка.

Об'єкт дослідження: деталь «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140», технологічний процес виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140».

Предмет дослідження: структура технологічного процесу та параметри режимів різання виготовлення деталі «Напівмуфта ТКА-Ц-16/140».

Для досягнення поставленої мети в роботі були встановлені та вирішені наступні завдання:

- виконати аналіз типового технологічного процесу виготовлення деталі Напівмуфти, визначити недоліки існуючого технологічного процесу;
- розробити більш ефективний технологічний процес виготовлення деталі;
- здійснити вибір сучасного металообробного обладнання на операції механічної обробки, написання керуючої програми для верстатів ЧПК, автоматизований підбір ріжучого інструменту та режими різання для обраних операцій;

- дослідити вплив режимів різання на шорсткість обробленої поверхні, температури різання, віртуального експерименту у середовищі програми емулятора процесу точіння Start та аналізу його результатів;
- спроектувати верстатний пристрій для свердлильної операції;

Особистий внесок магістранта: магістрантом було виявлено недоліки існуючого технологічного процесу виготовлення Напівмуфти ТКА-Ц-16/140. Запропоновані нововведення, що включають в себе удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі. Виконано автоматизований підбір різального інструменту та режимів різання. Досліджено вплив режимів швидкості та подачі на фізичні та техніко-економічні показники процесу різання. Сформульовано рекомендації щодо підвищення продуктивності технологічного процесу.

Публікації: допомога у плануванні та оформленні статті

Колесник В. О., Божко А. В., Нешта А. О., Малимоненко Д. Г. Дослідження впливу режимів різання на температурне розширення свердла та точність отворів свердлінні пакетів "вуглепластик / титановий сплав" // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". 2022. № 73. С. 177-189. DOI: 10.36910/775.24153966.2022.73.26

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

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

Загальні відомості про виріб – наступні. Агрегати електронасосні (насоси) шламові НШБ 160, НШБ 250 призначені для перекачування гідросумішей з дрібною твердою фракцією щільністю до 2000 кг/см³. Максимальна твердість зважених часток не більше 3 по шкалі Мооса. Розмір окремих зважених часток не більше 20 мм.

Температура перекачуємої гідросуміші дорівнює 4 – 50 °С.

Насоси і агрегати можуть бути встановлені у вибухонебезпечній зоні класу I ДНАОП 0.00-1.32.

Вид кліматичного виконання:

– для поставки в макрокліматичні райони з помірним кліматом – У2 по ДСТУ EN 60529:2018 [1];

– для поставки в макрокліматичні райони з сухим і вологим тропічним кліматом Т1 по ДСТУ EN 60529:2018 [1].

Приклад запису при замовленні відцентрованого насоса шламового з торцевим ущільненням:

«НШБ 250-35,5 Т У2 ТУ У 29.1-30175077-004:2009»,

де Н – насос;

Ш – шламовий, Б – буровий;

250 – подача, м³/год; 35,5 – напір, м;

Т – торцеве ущільнення валу;

У2 – вид кліматичного виконання.

Опис і робота насоса. Насос НШБ-160-32 зображено на рисунку 1.1.

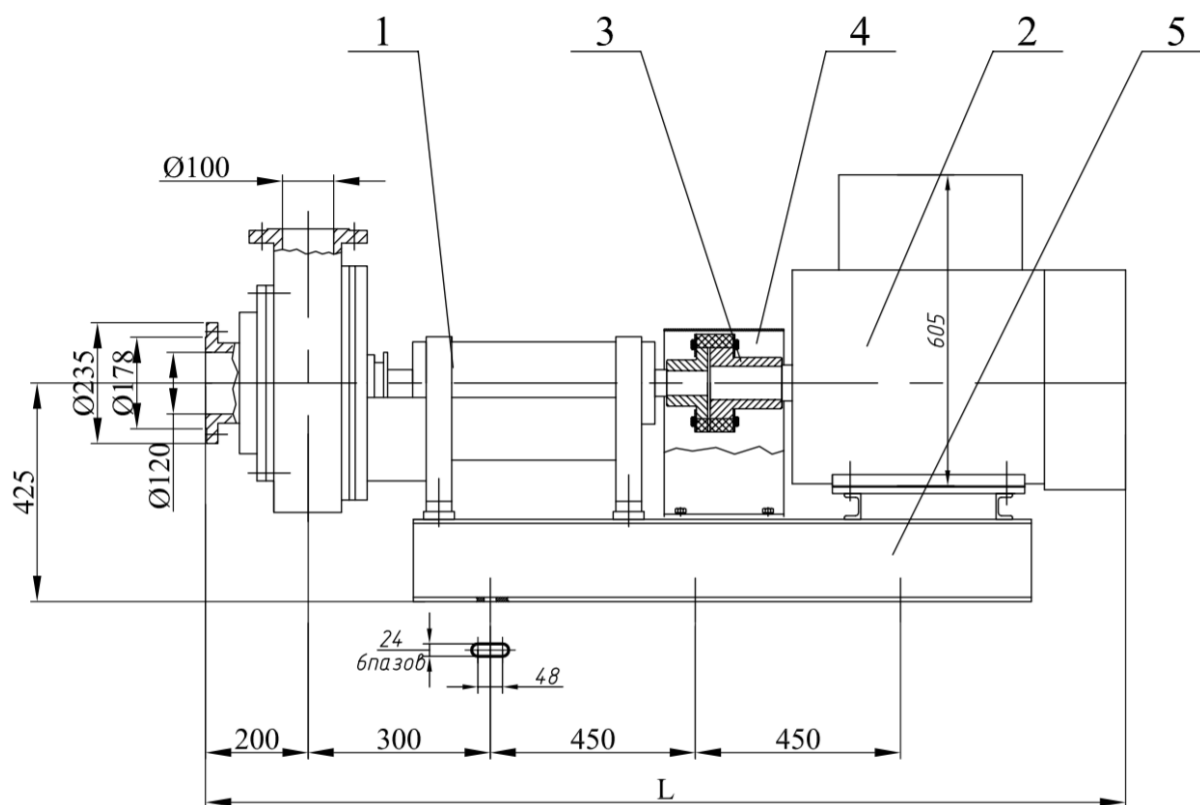


Рисунок 1.1 – Агрегат електронасосний відцентровий
шламовий НШБ-160-32

Агрегат на основі насоса НШБ 160-32, НШБ 160-32МТ і НШБ 250 – 35,5 складається з насоса 1, електродвигуна 2, сполучної муфти 3, кожуха 4, рами 5.

Насос НШБ 160-32 відцентрований, горизонтальний, консольного типу, одноступінчастий, з горизонтальним підведенням і верхнім вертикальним відводом.

Вал насосу встановлений в корпусі на підшипниках кочення: передні підшипники роликові, сприймають тільки радіальне навантаження, задні радіально-упорні, сприймають радіальне і знакоперемінне за напрямком осьове навантаження, що виникає при різних режимах роботи насоса. Мастило підшипників – рідке. Підшипники і масляна ванна захищені, від попадання в них пилу, гумовими манжетами.

Ущільненням вала насоса служить торцеве ущільнення і набивання, яке встановлюють при зносі торцевого ущільнення. По мірі зносу набивання його підтискають за допомогою натискної втулки. Ущільнення всмоктувальної сторони – торцеве. Робоче колесо накручено на різьбленні на вал (права різьба). Робоче колесо закритого типу.

Вказівки з установки та експлуатації насоса НШБ 160-32МТ, НШБ 250-35,5 Т (з поверхневим ущільненням).

Забороняється експлуатація насосу без попередньої заливки або з закованим всмоктувальним патрубком, оскільки це призведе до виходу з ладу торцевого ущільнення в результаті призведе до виходу з ладу торцевого ущільнення в результаті перегріву деталей самого насосу.

У разі зупинки агрегату на тривалий час (коли може відбутися засихання розчину всередині насоса) – насос необхідно запустити на воді для промивання внутрішньої порожнини. Встановлення сальникової набивки робити в разі виходу з ладу торцевого ущільнення. Перед пуском насосу перевірити вільне обертання вала за напівмуфтою. Пуск насоса при закритій засуві на всмоктувальній або без заповнення робочої зони рідиною – не допускається.

Пуск здійснюється при повністю відкритій засувці на всмоктую чому трубопроводі і неповністю закритій засувці на нагнітальному трубопроводі. Це запобігає перевантаженню електродвигуна. Регулюванням засувки на нагнітальному трубопроводі можна отримати необхідну подачу насоса. Забороняється регулювати продуктивність насоса засувкою на всмоктую чому трубопроводі, так як при цьому відбувається кавітація, що викликає вібрацію і передчасний вихід з ладу насоса.

При зупинці агрегату необхідно поступово закрити засувку на нагнітальному трубопроводі, а потім вимкнути електродвигун. Після установки видалити з насоса перекачувань гідросуміш, вивернувши нижню пробку корпусу і промивши внутрішню порожнину насоса водою.

У процесі роботи температура корпусу підшипника не повинна перевищувати 70°C. Мاستило підшипників масло ИЗОА ДСТУ ISO 6743-1:2004 [2]. Масло заливається через верхній отвір в корпусі підшипників до контрольного отвору. Надмірне заповнення корпусу маслом, а також його забруднення призводить до нагрівання мастила понад допустиму норму. Мاستило додається по мірі необхідності, але не рідше одного разу на тиждень. Повну заміну масла робити через 300 годин роботи насосу в кількості 1,5 кг.

Опис деталі. За конструкції, втулки діляться на гладкі, з буртиком, з фланцем, розрізні і т.і. Головна вимога до подібних деталей полягає в концентричності зовнішніх та внутрішніх поверхонь і перпендикулярності торців до вісі центрального отвору. Досягнення концентричності може бути забезпечено різними способами механічної обробки заготовки, а це в свою чергу позначається на виборі чорнових баз механічної обробки та на розподіл припусків при проектуванні заготовки.

1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Вихідними даними для розробки технології виробництва деталі «Напівмуфта» є:

- креслення деталі (додаток А);
- програма випуску 2000 штук на рік.

Матеріал деталі сталь 35 має середню твердість і в'язкість, густина сталі – $\rho = 7,82 \text{ г / см}^3$, детальні характеристики наведені в таблиці 4.1.

Деталь має відношення $L / D = 140 / 130 = 1,077$ та масу в 5,84 кг. Простановка розмірів виконана вірно відповідно до ДСТУ, що забезпечує легке читання креслення, вільне виконання та контроль розмірів в процесі механічної обробки. Точність розмірів в переважній кількості вказана, для невказаних – точність

зазначена в технічних вимогах. Шорсткість вказана для більшості поверхонь, для незазначених – вказана у полі невказаної шорсткості.

До деталі напівмуфта конструктором передбачені наступні технічні вимоги:

- *Розміри для довідок. Довідкові розміри не підлягають виконанню за даним кресленням. Вони вказуються для більшої зручності користування кресленням і при виготовленні деталі не контролюються. Наприклад, розмір пазу 13,3* забезпечується геометрією фрези типу ластівчин хвіст.

- H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$. Розміри, на яких граничні відхилення не вказані, виконати по 14 квалітету.

- Точність обробки – це відповідність оброблених поверхонь вимогам креслення. Аналізуючи ці вимоги, можна побачити, що обмежені вони чотирма чинниками:

- 1) дотримання розмірної точності;
- 2) дотримання вимог шорсткості поверхонь;
- 3) дотримання допусків форми та взаємного розташування поверхонь;
- 4) дотримання необхідної твердості поверхонь.

- Зсув пазів під ремені не більше 0,1 мм.

- Свердління під отвори М6 допускається виконувати наскрізно.

Дотримання розмірної точності:

Необхідну точність оброблюваних поверхонь забезпечуємо достатньою кількістю стадій обробки. Всі поверхні деталі можна класифікувати на 3 категорії:

- Точні: 8 отв. М6-7Н (забезпечується за рахунок точності мітчика),
- Середні: 10JS9 (забезпечується за рахунок точності протяжки),
- Грубі: $\varnothing 48h16$, $\varnothing 90d11$, $\varnothing 75$ та інші (відповідно до зазначених операцій).

Аналізуючи вимоги щодо шорсткості заданих поверхонь можна зробити висновок про їх відповідність заданої точності [3]. В цілому вимоги шорсткості

досягаються завдяки геометрії ріжучої частини інструменту (r – радіус при вершині, φ_1 – допоміжний кут в плані), а також S – подачі та t – глибини різання. Найбільший вплив на шорсткість надає подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної шорсткості поверхні.

Дотримання допусків форми та взаємного розташування.

Забезпечення необхідних допусків форми та взаємного розташування поверхонь досягається на операціях кінцевої обробки з дотриманням принципів постійності та сумісності баз.

Дотримання твердості поверхонь.

Що до твердості поверхонь деталі конструктором певних вимог не зазначено. Матеріал з якого виготовлена деталь – Сталь 35, твердість якої 215 НВ.

Позиційний допуск $\varnothing 0,5$ осі шести отворів М6-7Н відносно бази А та Б (дивитись рисунок 4.2), забезпечується за рахунок закріплення деталі в спеціальному пристрої. В даному випадку деталь буде закріплена за поверхню $\varnothing 38H9$ на циліндричній оправці зі шпонкою, отже даний допуск буде витриманий.

Допуски радіального та торцевого биття 0,2 та 0,3 мм (дивитись рисунок 4.2), забезпечується за рахунок обробки поверхонь з одного установу та принципу сумісності баз.

Деталь «Напівмуфта» входить до складу електронасосу шламового НШБ 250.

Поверхні деталі призначені:

- внутрішній діаметр $\varnothing 38H9$ призначений для базування на поверхні вала;
- шпонковий паз 10JS9 призначений для установки шпонки;
- 8 отворів М6-7Н призначені для установки в них гвинтів;
- 6 пазів призначені для щеплення з напівмуфтою нижнього валу ротора.

Інші поверхні є вільними, в процесі роботи не контактують з іншими деталями.

1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$ (формула 1.1), який встановлює відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних протягом місяця до кількості робочих місць. Розрахунок виконується відповідно до методики, наведеної в [4, 5].

$$K_{з.о} = \frac{\Sigma_0}{\Sigma_P}, \quad (1.1)$$

де Σ_0 – сумарне число різноманітних операцій;

Σ_P – число робітників виконуючих ці операції.

Визначення штучно-калькуляційного $T_{ш-к}$ для всіх операцій виконується на основі даних з базового технологічного процесу. Отримані дані заносимо до таблиці 1.1. Розрахункову кількість верстатів по операціям знаходимо за формулою 1.2:

$$m_p = \frac{N_{річ} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср}}, \quad (1.2)$$

де $N_{річ}$ – річна програма випуску деталей, 2000 шт;

$F_d = 4029$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання [4];

$\eta_{з.н.ср} = 0,75 \dots 0,8 = 0,8$ – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання [4].

Мінімальна кількість деталей в партії розраховується за формулою:

$$n_{\text{д}}^{\text{min}} = \frac{T_{\text{пз}}^{\text{пп}}}{T_{\text{шт}}^{\text{пп}} \cdot \alpha}, \quad (1.3)$$

$$n_{\text{д}}^{\text{min}} = \frac{23,2}{6,48 \cdot 0,05} = 71,61 \text{ шт.}$$

де $T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час.

Приймаємо $n_{\text{д}} = 100$ шт.

Норма штучно калькуляційного часу на операції визначається за формулою:

$$T_{\text{ш-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{д}}}, \quad (1.4)$$

$$T_{\text{ш-к} 010} = 2,6 + \frac{26}{100} = 2,86 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{ш-к} 020} = 3,4 + \frac{28,5}{100} = 3,69 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{ш-к} 030} = 3,4 + \frac{25}{100} = 3,65 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{ш-к} 035} = 3,7 + \frac{27}{100} = 3,97 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{ш-к} 050} = 6,48 + \frac{23,2}{100} = 6,71 \text{ хв.}$$

Результати обчислень по всіх операціях зведені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1– Визначення типу виробництва розрахунок норм часу

№ операції	Найменування операції	$T_{шт,}$ хв.	$T_{пз,}$ хв.	$n_{д,}$ шт.	$T_{ш-к,}$ хв.	$m_p,$ шт.	$P,$ шт.	$\eta_{з.ф}$	O
010	Токарно-гвинторізна	2,6	26	100	2,86	0,0296	1	0,0296	27
020	Токарна з ЧПК	3,4	28,5	100	3,69	0,0382	1	0,0382	21
030	Горизонтально-протяжна	3,4	25	100	3,65	0,0377	1	0,0377	21
035	Фрезерна ЧПК з	3,7	27	100	3,97	0,0411	1	0,0411	19
050	Фрезерна ЧПК з	6,48	23,2	100	6,71	0,0694	1	0,0694	12
Разом	–	19,58	129,7	–	20,87	–	5	–	100

За формулою 1.2 виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання:

$$m_{p\ 010} = \frac{2000 \cdot 2,86}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,0296 \text{ шт.},$$

$$m_{p\ 020} = \frac{2000 \cdot 3,69}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,0382 \text{ шт.},$$

$$m_{p\ 030} = \frac{2000 \cdot 3,65}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,0377 \text{ шт.},$$

$$m_{p\ 035} = \frac{2000 \cdot 3,97}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,0411 \text{ шт.},$$

$$m_{p\ 050} = \frac{2000 \cdot 6,71}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,0694 \text{ шт.}$$

Число робочих місць P знаходимо шляхом округлення до ближнього цілого числа отриманого значення m_p : $P = 1$. Результати розрахунків для всіх інших механічних операцій приведені в таблиці 1.1. Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця знаходиться за формулою 1.5:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}, \quad (1.5)$$

$$\eta_{з.ф\ 010} = \frac{0,0296}{1} = 0,0296,$$

$$\eta_{з.ф\ 020} = \frac{0,0382}{1} = 0,0382,$$

$$\eta_{з.ф\ 030} = \frac{0,0377}{1} = 0,0377,$$

$$\eta_{з.ф\ 035} = \frac{0,0411}{1} = 0,0411,$$

$$\eta_{з.ф\ 050} = \frac{0,0694}{1} = 0,0694,$$

Результати розрахунків для інших механічних операцій представимо в таблиці 1.1.

Кількість операцій виконуваних на робочому місці:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср}}{\eta_{з.ф}}, \quad (1.6)$$

$$O_{010} = \frac{0,8}{0,0296} = 27,027 \approx 27,$$

$$O_{020} = \frac{0,8}{0,0382} = 20,942 \approx 21,$$

$$O_{030} = \frac{0,8}{0,0377} = 21,220 \approx 21,$$

$$O_{035} = \frac{0,8}{0,0411} = 19,465 \approx 19,$$

$$O_{050} = \frac{0,8}{0,0694} = 11,527 \approx 12,$$

Результати розрахунків для інших операцій заносимо до таблиці 1.1. Знаходимо Σ_P , Σ_O , $\Sigma_{Tш-к}$, результати розрахунків заносимо до таблиці 1.1. Коефіцієнт закріплення операцій знаходимо по формулі:

$$K_{з.о} = \frac{100}{5} = 20.$$

Розраховане значення коефіцієнта ($10 > K_{з.о} > 20$) відповідає середньо серійному типу виробництва [4].

Визначення форми організації виробництва. Добовий випуск деталей:

$$N_{\text{доб.}} = \frac{N}{C}, \quad (1.7)$$

де $C = 254$ дня – кількість робочих днів у році [4]

$$N_{\text{доб.}} = \frac{2000}{254} = 7,874 \approx 8 \text{ шт / день.}$$

Добовий фонд часу роботи обладнання:

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{254}, \quad (1.8)$$

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot 4029}{254} = 951,732 \approx 952 \text{ хв.}$$

Середня трудомісткість механічних операцій:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n}, \quad (1.9)$$

де n – число механічних операцій, $n = 4$;

$$T_{\text{ср}} = \frac{20,87}{4} = 5,218 \text{ хв.}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{F_{\text{доб}}}{T_{\text{ср}}} \cdot 0,6, \quad (1.10)$$

$$Q_{\text{доб}} = \frac{951,732}{5,218} \cdot 0,6 = 109,436 \approx 109, \text{ шт.}$$

При порівнянні $N_{\text{доб}} = 8 < Q_{\text{доб}} = 109$ бачимо, що добовий випуск деталей на багато менше добової потужності потокової лінії при її завантаженні на 60%, тобто використання одно номенклатурної потокової лінії нераціонально, тому приймаємо групову форму організації праці.

Групове виробництво – це форма організації виробничих процесів, що дозволяє забезпечувати пропорційність, безперервність, прямоточність і

ритмічність одиничного, дрібно- і середньосерійного виробництва за рахунок застосування методів і засобів, властивих великосерійному і масовому виробництву.

Тип виробництва і відповідна йому форма організації робіт визначають характер технологічного процесу і його структуру. Виходячи з річної програми випуску $N = 2000$ шт. і маси деталі – 5,84 кг визначається тип виробництва, в якому виготовляється деталь – середньо серійний тип виробництва.

Середньосерійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються, періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску і є основним типом сучасного машинобудівного виробництва. Підприємствами цього типу випускається в даний час 75-80% всієї продукції машинобудування в Україні. За технологічними та виробничими характеристиками середньо серійне виробництво займає проміжне між одиничним і масовим виробництвом.

У середньосерійному типі виробництва використовуються універсальні і спеціалізовані, частково спеціальні верстати, які розташовуються в послідовності технологічного процесу для однієї або декількох деталей, що потребують однакового порядку обробки, в тій же послідовності утворюється і рух деталей.

Виробництво йде партіями, причому деталі кожної партії можуть дещо відрізнятися одна від одної розмірами або конструкцією, допускають обробку на одному і тому ж обладнанні. Виробничий процес ведеться таким чином, що після виконання обробки заготовок на одній операції виробляється обробка цієї ж партії на наступній операції.

При середньосерійному типі виробництва широко використовується верстати з числовим програмним управлінням, обробні центри, а так само знаходять застосування гнучкі автоматичні системи верстатів з ЧПК. Переналадження верстатів, пристроїв та інструментів, а також перебудова виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньою технологічною підготовкою.

Середня кваліфікація робітників при середньо серійному типі виробництва вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах і налагоджують їх, також є робітники-оператори невисокої кваліфікації, що працюють на налаштованих верстатах.

Технологічна документація та технічне нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичного нормування найпростіших заготовок.

Розраховуємо кількість деталей в партії

$$N_{\text{парт.р}} = N_{\text{доб}} \cdot a = 8 \cdot 12 = 96 \text{ шт.}$$

де $a = 12$ днів – періодичність запуску деталей в виготовлення. Корегуємо розмір партії за рахунок визначення числа змін на обробку всієї партії:

$$C = \frac{T_{\text{ср}} \cdot N_{\text{парт.р}}}{F_{\text{з.м}} \cdot \eta_{\text{з.н}}} = \frac{5,218 \cdot 96}{476 \cdot 0,75} = 1,403$$

де $F_{\text{з.м}} = F_{\text{доб}} / v = 952 / 2 = 476$ хв – змінний фонд часу роботи обладнання;

$v = 2$ зміни – кількість змін, за добу;

$\eta_{\text{з.н}} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання. Число змін C округлюємо до найближчого цілого значення $C_{\text{пр}} = 1$. Тоді число деталей в партії:

$$N_{\text{парт}} = \frac{F_{\text{з.м}} \cdot C_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{з.н}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{476 \cdot 1 \cdot 0,75}{5,218} = 68,417 \approx 68 \text{ шт.}$$

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Якісна оцінка технологічності конструкції:

Матеріал деталі – конструкційна сталь 35 ДСТУ 7809 весь обсяг властивостей вказаний у таблицях 1.2 – 1.4.

Замінник – сталі 40, 45, 45Г.

Призначення – вісі, колінчаті вали, вали-шестерні, шпонки, шестерні, деталі турбін.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 35 по ДСТУ 7809 у відсотках [6]

Хімічний елемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
Вміст в %	0,32 – 0,4	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	≤ 0,3	≤ 0,035	≤ 0,03	≤ 0,25	≤ 0,3	≤ 0,08

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 35 після нормалізування (М1) за стандартом ДСТУ 7809 [6]

Характеристики	Значення
Межа плинності (σ_T), МПа	315
Тимчасовий опір розриванню (σ_B), МПа	530
Відносне подовження (δ), %	20
Відносне звуження (ψ), %	45
Твердість, НВ	~ 207
Ударна в'язкість (КСУ), Дж/см ²	69

Таблиця 1.4 – Технологічні властивості сталі 35 [6]

Ознака	Значення
Температура критичних точок, °С	Критична точка перетворення перліт в аустеніт – $A_{c1} = 730$, кінцева точка розчинення фериту в аустеніті та кінцева точка розчинення вторинного цементиту в аустеніті – $A_{c3}(A_{cm}) = 810$, початкова точка виділення фериту з аустеніту та початкова точка виділення вторинного цементиту з аустеніту – $A_{r3}(A_{rcm}) = 796$, критична точка перетворення аустеніту в перліт – $A_{r1} = 680$, точка початку мартенситного перетворення – $M_n = 360$ Щоб відрізнити критичну точку при нагріванні від критичної точки при охолодженні, поруч з буквою А ставлять букву с – в першому випадку, r – у другому.
Температура кування	Початку 1280 °С, кінця 750 °С. Заготовки перерізом до 800 мм охолоджуються на повітрі.
Зварюваність	Обмежено зварювана. Способи зварювання: РДС, АДС під флюсом і газовим захистом, ЕШС. Рекомендується підігрів до 100 – 120 °С і подальша термообробка. КТС без обмежень.
Оброблюваність різанням	У гарячекатаному стані при НВ 144-156 і $\sigma_B = 510$ МПа, робота удару (КУ) = 25 Дж.
Схильність до відпускної здібності	Не схильна
Флокеночутливість	Не чутлива

Деталь має відношення $L / D = 140 / 130 = 1,077 \geq 1$, що не забезпечує достатню жорсткість при закріпленні та обробку без спеціальних пристосувань. Базування та закріплення деталі не представляє собою складності так, як зовнішня

поверхня цілком придатна для цього. Заготовку можна закріпити у трикулачковому самоцентруючому патроні.

Нетехнологічними конструктивними елементами даної деталі є 2 отвори М6-7Н на циліндричній поверхні $\varnothing 75$ (таблиця 1.5). Кількісна оцінка технологічності конструкції визначається нижче. Ескіз деталі зображено на рисунку 1.2.

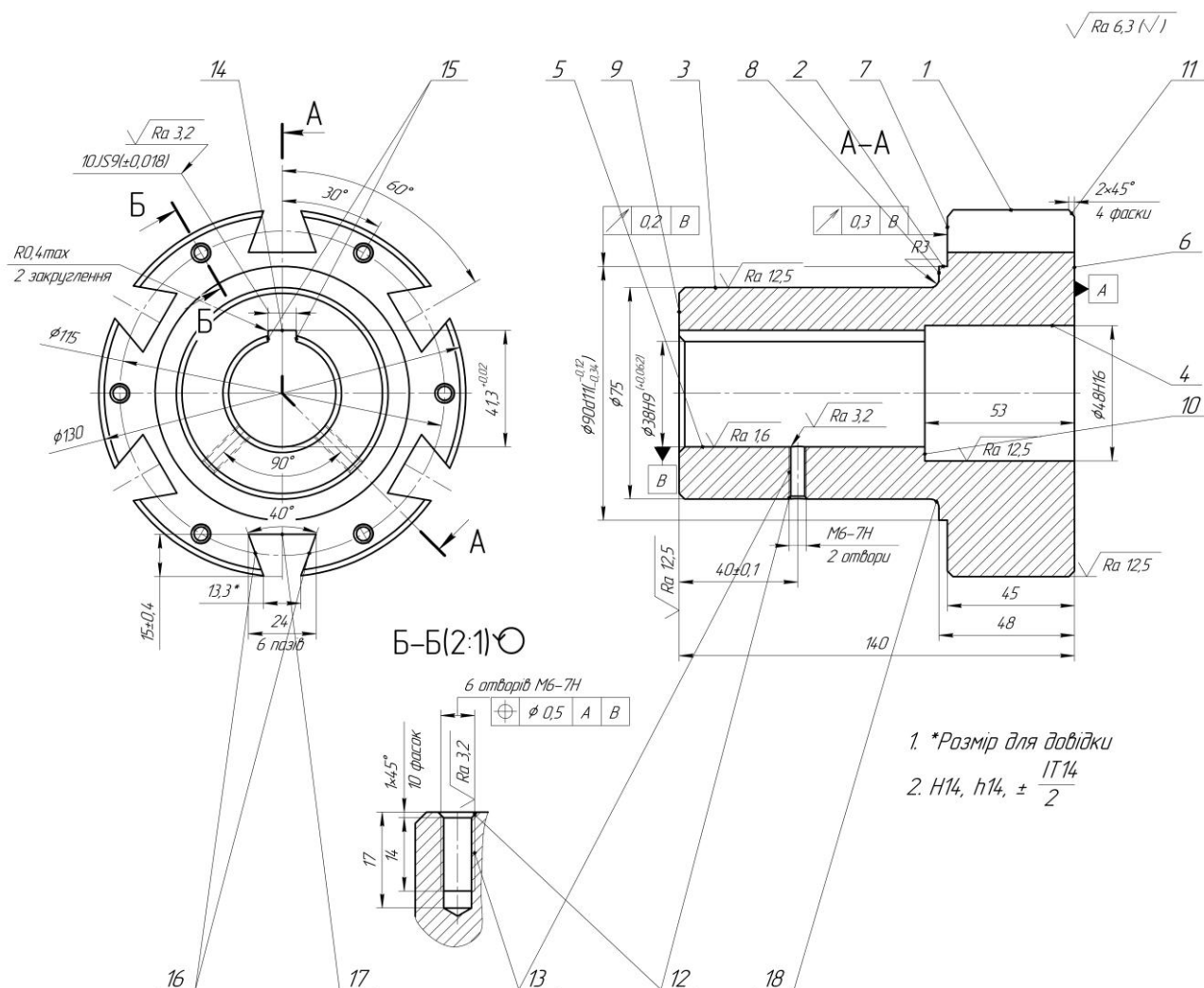


Рисунок 1.2 – Поверхні деталі

Таблиця 1.5 – Характеристика поверхні деталі

Номер поверхні	Кількість поверхонь	Параметри шорсткості, Ra, мкм	Квалітет точності
Зовнішні:			
1	1	12,5	14
2	1	6,3	11
3	1	12,5	14
Внутрішні:			
4	1	12,5	16
5	1	3,2	9
Лінійні:			
6	1	6,3	14
7	1	6,3	14
8	1	6,3	14
9	1	6,3	14
10	1	6,3	14
Інші:			
11	8	6,3	14
12	4	6,3	14
13	8	3,2	7
14	1	3,2	9
15	2	3,2	9
16	2	6,3	15
17	1	6,3	14
18	1	6,3	14
Всього	37	215	443

Коефіцієнт точності визначаємо за формулою:

$$K_T = \frac{1}{A_{cp}} < 0,32, \quad (1.11)$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності за даними таблиці 1.5;

$$A_{cp} = \frac{n_1 \cdot Ra_1 + n_2 \cdot Ra_2 + \dots + n_i \cdot Ra_i}{\sum_{n_1}^i Ra_i} = \frac{443}{37} = 11,973 \text{ мкм}, \quad (1.12)$$

$$K_T = \frac{1}{A_{cp}} = \frac{1}{11,973} = 0,083 < 0,32.$$

Так як коефіцієнт відповідає нормі, то по даному критерію деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою 1.13:

$$K_{ш} = 1 - \left(\frac{1}{B_{cp}} \right) > 0,8, \quad (1.13)$$

де B_{cp} – середній показник шорсткості;

$$B_{cp} = \frac{(n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 14n_{14})}{\sum_{14}^1 n_1} = \frac{215}{37} = 5,811, \quad (1.14)$$

$$K_{ш} = 1 - \left(\frac{1}{B_{cp}} \right) = 1 - \frac{1}{5,811} = 0,828 > 0,8.$$

Так як коефіцієнт відповідає нормі то по даному критерію деталь вважається технологічною.

Аналіз деталі на технологічність. Показники технологічності діляться на якісні та кількісні.

До якісних показників відносять наступні фактори:

- матеріал деталі;
- базування та закріплення;
- простановка розмірів;
- допуски розмірів та розташування;
- взаємозамінність;
- технологічні конструктивні елементи.

До кількісних показників технологічності відносяться:

- коефіцієнт використання заготовки та матеріалу;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості;
- собівартість;
- коефіцієнт уніфікації.

Технологічною вважається та конструкція, обробка якої можлива з максимальною продуктивністю праці та мінімальною собівартістю.

З аналізу можна зробити висновок, що деталь є технологічною, хоча деякі поверхні не є такими, але їх можна обробити за допомогою спеціального пристосування та ріжучого інструменту.

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу

Проведемо аналіз базового технологічного процесу, що використовувався для виробництва деталі Напівмуфта на підприємстві. Технологічний процес виготовлення деталі та обладнання операції наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Базовий технологічний процес

№ операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготівельна	Ватаг 530
010	Контроль ВТК	Стіл ВТК
015	Токарно - гвинторізна	16К20
020	Слюсарна	Верстак слюсарний
025	Вертикально - фрезерна	6Р12
030	Слюсарна	Верстак слюсарний
035	Контроль ВТК	Стіл ВТК
040	Вертикально - свердлильна	2А554
045	Довбальна	7А420
050	Контроль ВТК	Стіл ВТК

005 Заготівельна

Відрізати заготовку з прокату $\varnothing 140$ в розмірі $L = 150$ мм.

Обладнання: верстат Ватаг 530.

010 Контроль ВТК

Перевірити відповідність розмірів заготовки.

Обладнання: штангенциркуль ШЦ-Ш-300-0,05-1 ГОСТ 166-89.

015 Токарно-гвинторізна

Встановити, перевірити, биття з точністю до 0,1 мм, закріпити. З перестановкою точити згідно ескізу (рисунок 1.3).

Обладнання: верстат 16К20, патрон 7103-0005 ГОСТ 3890-82, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0,05-2 ГОСТ 166-89, різець Т5К10.

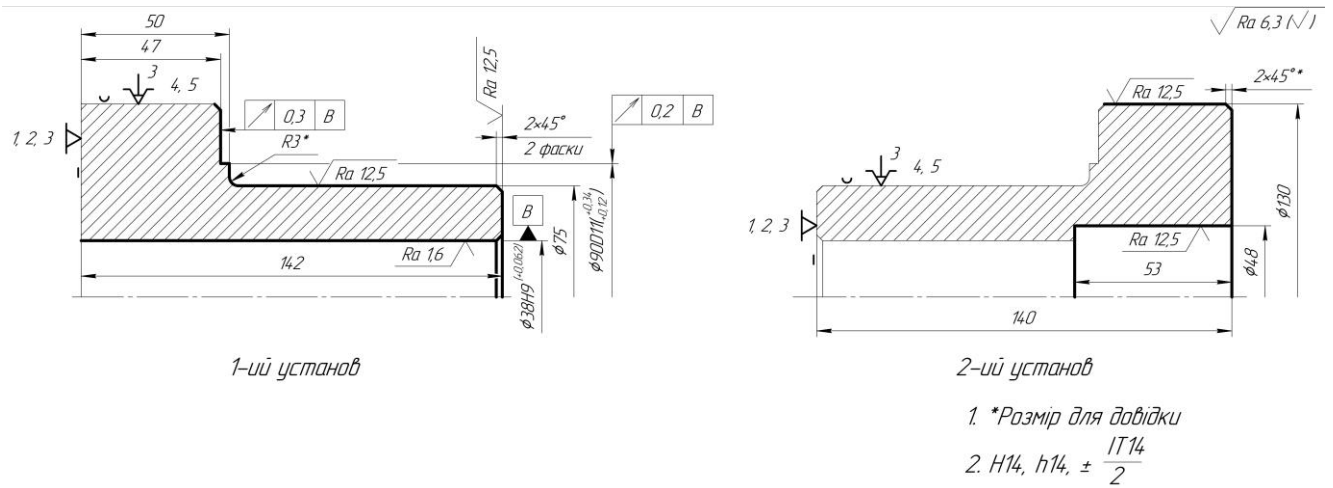


Рисунок 1.3 – Операційний ескіз

020 Слюсарна

Зачистити щербини після механічної обробки. Гострі краї притупити.

Обладнання: верстак слюсарний.

025 Вертикально-фрезерна

Фрезерувати 6 пазів згідно ескізу (рисунок 1.4).

Обладнання: верстат БР12, фреза типу ластівчин хвіст.

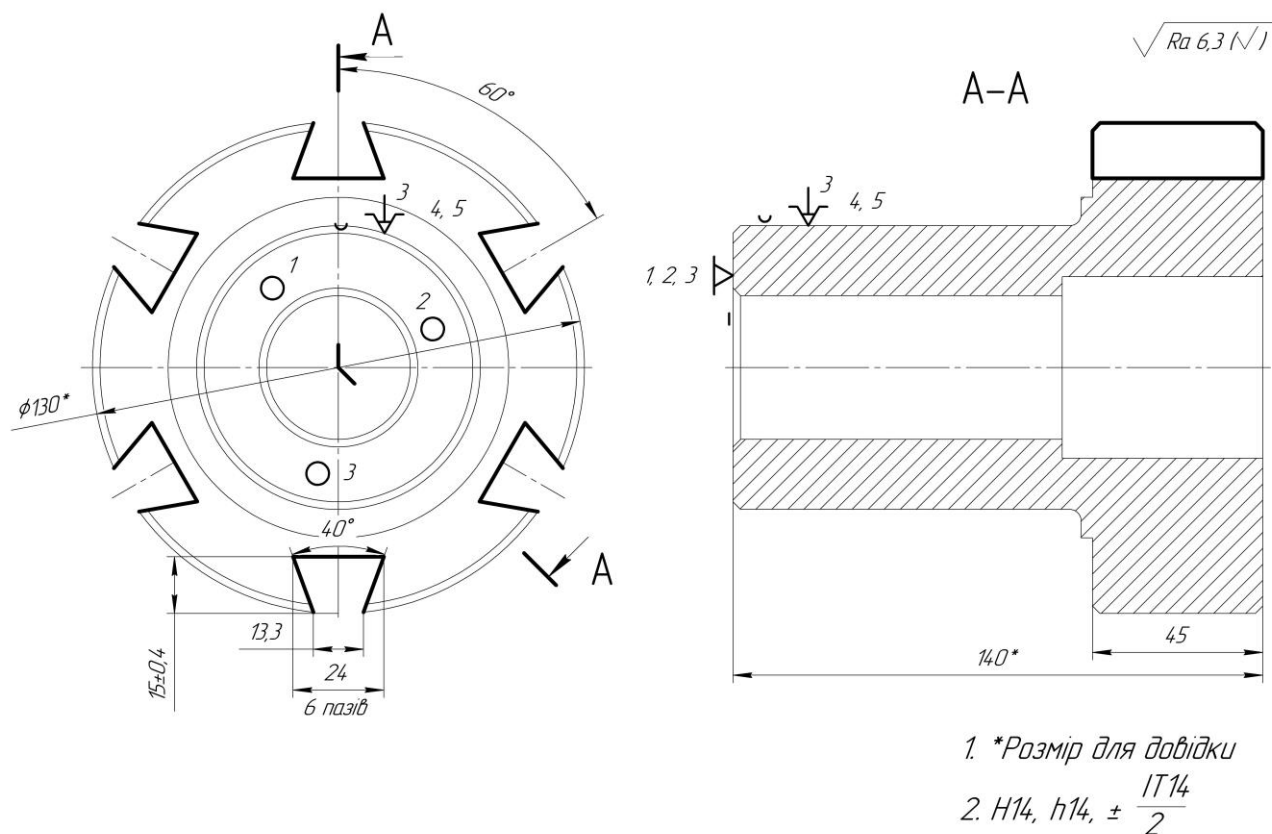


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз

030 Слюсарна

Зачистити щербини після механічної обробки. Гострі краї притупити.

Обладнання: верстак слюсарний.

035 Контроль ВТК

Перевірити відповідність розмірів пазів.

Обладнання: стіл ВТК, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, кутомір типу 1-5 ГОСТ 5378-88.

040 Вертикально – свердлильна

Розмітити, свердлувати та нарізати різьбу 8 отв. М6-7Н на глибину $L = 14$ мм згідно ескізу (рисунок 1.5).

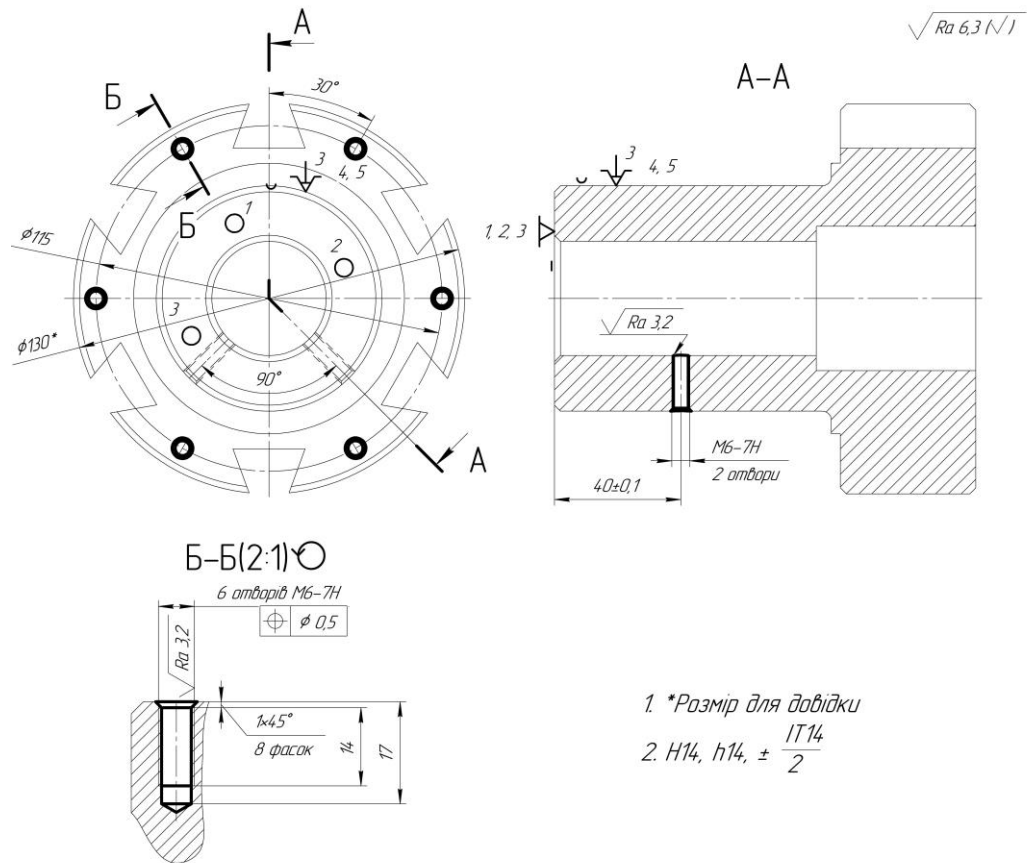


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

045 Довбальна

Довбати паз згідно ескізу (рисунок 1.6). Обладнання: верстат 7А420.

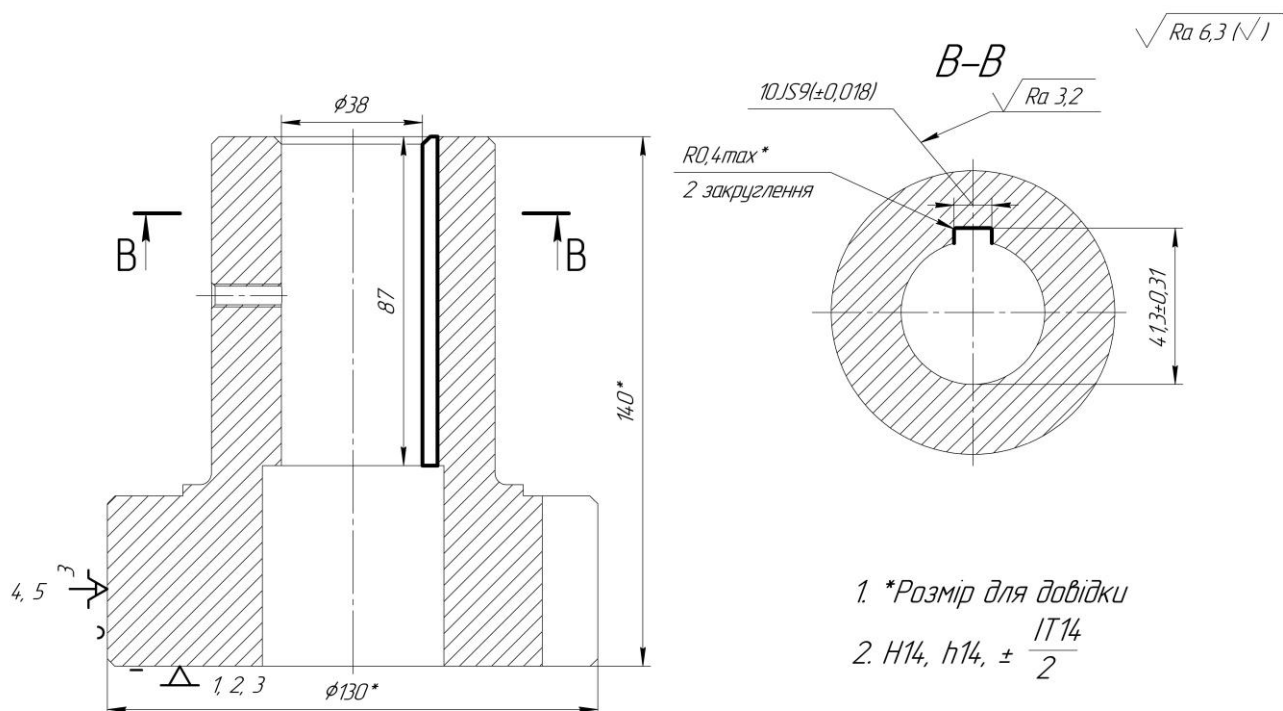


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

050 Контроль ВТК

Перевірити деталь на відповідність розмірам креслення та технічним вимогам.

1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

В ході виконання дипломного проекту потрібно виконати наступні завдання:

- визначитись із заготовкою та методом її отримання, що буде відповідати типу виробництва та буде максимально економічно доцільним;
- удосконалити технологічний процес виготовлення деталі гільза, визначити доцільний варіант реалізації технологічного процесу;

- визначити моделі сучасного металорізального обладнання для заміни застарілого обладнання базового технологічного процесу;
- розробити керуючі програми для верстатів ЧПК на операції 020 і 050.
- реалізувати автоматизований вибір продуктивного різального інструменту для обробки поверхонь обертання на токарних операціях у середовищі програмного продукту Sandvik Tool Guide;
- розрахувати норми часу для механічних операцій;
- виконати проектування верстатного пристрою для обраної операції.
- виконати планування експериментального дослідження за методикою повнофакторного експерименту;
- провести віртуальний експеримент по дослідженню впливу режимів різання для різального інструменту обраного шляхом автоматизованого вибору, на шорсткість обробленої поверхні, температура різання, стійкість інструменту, час оброблення.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Базовий технологічний процес складається з десяти операцій, застосовуються інструменти з напаяними пластинами, верстати без системи ЧПК із технологічного оснащення лише на операції 025 використовується УДГ 160.

Пропонований технологічний процес містить одинадцять операцій, завдяки збільшенню контролю ВТК – отримуємо менший рівень дефектності (таблиця 2.1). При додаванні однієї токарної операції застосували принцип диференціації механічних операцій. Це дало змогу підвищити точність обробки і якість поверхні, разом з тим зменшили вібрації, навантаження на різець та їхнє зношення і амортизацію самого верстату. Також дотримується принцип поетапності, що передбачає послідовне виконання спочатку чорнових, а потім чистових операцій. Використовуються комбіновані ріжучі інструменти та інструменти зі змінними ріжучими пластинами. Верстати у запропонованому технологічному процесі – новітні з системою ЧПК HAAS, типу FANUC, для операції 050 планується проектування верстатного пристрою – пневмокамеру.

Таблиця 2.1 – Пропонований технологічний процес оброблення деталі Напівмуфта

№ операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготівельна	ГКМ
010	Токарно - гвинторізна	16P25
015	Контроль ВТК	Стіл ВТК
020	Токарна з ЧПК	HAAS TL1
025	Контроль ВТК	Стіл ВТК
030	Горизонталь-но - протяжна	7Б55
035	Фрезерна з ЧПК	HAAS Mini Mill
040	Слюсарна	Верстак слюсарний
045	Контроль ВТК	Стіл ВТК
050	Фрезерна з ЧПК	HAAS Mini Mill
055	Контроль ВТК	Стіл ВТК

2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми готової деталі. У базовому варіанті технологічного процесу з круглого прокату діаметром \varnothing 140 мм різалась заготовка довжиною 150 мм.

Подальший розрахунок виконується за методикою [2, 4].

Коефіцієнт використання заготовки базового варіанту:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3}, \quad (2.1)$$

де m_d – маса готової деталі;

m_3 – маса заготовки;

$$K_3 = \frac{5,84}{18,071} = 0,232.$$

У зв'язку зі зміною типу виробництва на середньосерійний, у якості метода одержання заготовки пропоную взяти штамповку. При механічній обробці заготовки менша кількість металу йде в стружку, менше часу буде витрачено на її обробку.

Вартість основних матеріалів визначаємо виходячи з вартості заготовки за вирахування сум реалізованих відходів за формулою:

$$M = B_3 - B_v \text{ грн}, \quad (2.2)$$

$$M = 359 - 22,75 = 336,3 \text{ грн},$$

де B_3 – вартість заготовки;

B_v – вартість відходів які реалізуються.

Вартість заготовки обчислюється за формулою 2.3:

$$B_3 = m_3 \cdot C_3 \cdot K_{ТЗ} \text{ грн}, \quad (2.3)$$

де $K_{ТЗ}$ – коефіцієнт який враховує транспортно – заготівельні витрати (за даними базового підприємства $K_{ТЗ} = 1,04$).

$$V_3 = 8,76 \cdot 39,41 \cdot 1,04 = 359,041 \text{ грн.}$$

Вартість відходів обчислюється за формулою 2.4:

$$V_B = m_B \cdot C_B \text{ грн,} \quad (2.4)$$

$$V_B = 2,92 * 7,79 = 22,75 \text{ грн,}$$

Маса відходів обчислюється за формулою:

$$m_B = m_3 - m_d \text{ кг,} \quad (2.5)$$

$$m_B = 8,76 - 5,84 = 2,92 \text{ кг.}$$

Користуючись стандартом ДСТУ EN 10250-1:2008 [7] визначаємо:

- Клас точності: T4.
- Група сталі: M1.
- Ступінь складності: C2.

Визначаємо розрахункову масу поковки:

$$M_{\Pi} = M_d \cdot K_p, \quad (2.6)$$

де M_d – маса готової деталі, $M_d = 5,84$ кг;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, $K_p = 1,5$;

$$M_{\Pi} = 5,84 \cdot 1,5 = 8,76 \text{ кг.}$$

Знаходимо масу описуючої фігури:

$$M_{\phi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \rho, \quad (2.7)$$

де d – діаметр, $d = 130$ мм;

L – довжина, $L = 140$ мм;

ρ – густина сталі, $\rho = 7,82$ г / см³.

$$M_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 13^2}{4} \cdot 14 \cdot 7,82 = 14531,531 \text{ г.} = 14,531 \text{ кг.}$$

Відношення $M_{\Pi} / M_{\phi} = 8,76 / 14,531 = 0,603$, тому ступінь складності – С2.

– Конфігурація поверхні рознімання штампу – плоска: по поздовжній осі деталі (рисунок 2.1) і по площині найбільшого діаметра фланця (так як штампування заготовки проводиться на ГKM – горизонтально кувальній машині).

– Вихідний індекс – 11.

– Припуски на механічну обробку:

1,4 – діаметр 130 мм і чистота поверхні 12,5;

1,3 – діаметр 75 мм і чистота поверхні 12,5;

1,5 – діаметр 38 мм і чистота поверхні 1,6;

1,3 – довжина 48 мм і чистота поверхні 12,5;

1,4 – довжина 140 мм і чистота поверхні 12,5.

Зміщення по поверхні рознімання штампа – 0,3 мм. Зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності – 0,5 мм.

– Розмір поковки (таблиця 2.2):

Діаметр $130 + (1,4 + 0,5) \cdot 2 = 133,8$ мм;

Діаметр $75 + (1,3 + 0,5) \cdot 2 = 78,6$ мм;

Діаметр $38 - (1,5 + 0,5) \cdot 2 = 34$ мм;

Довжина $48 + (1,3 + 0,3) \cdot 2 = 51,2$ мм;

Довжина $140 + (1,4 + 0,3) \cdot 2 = 143,4$ мм.

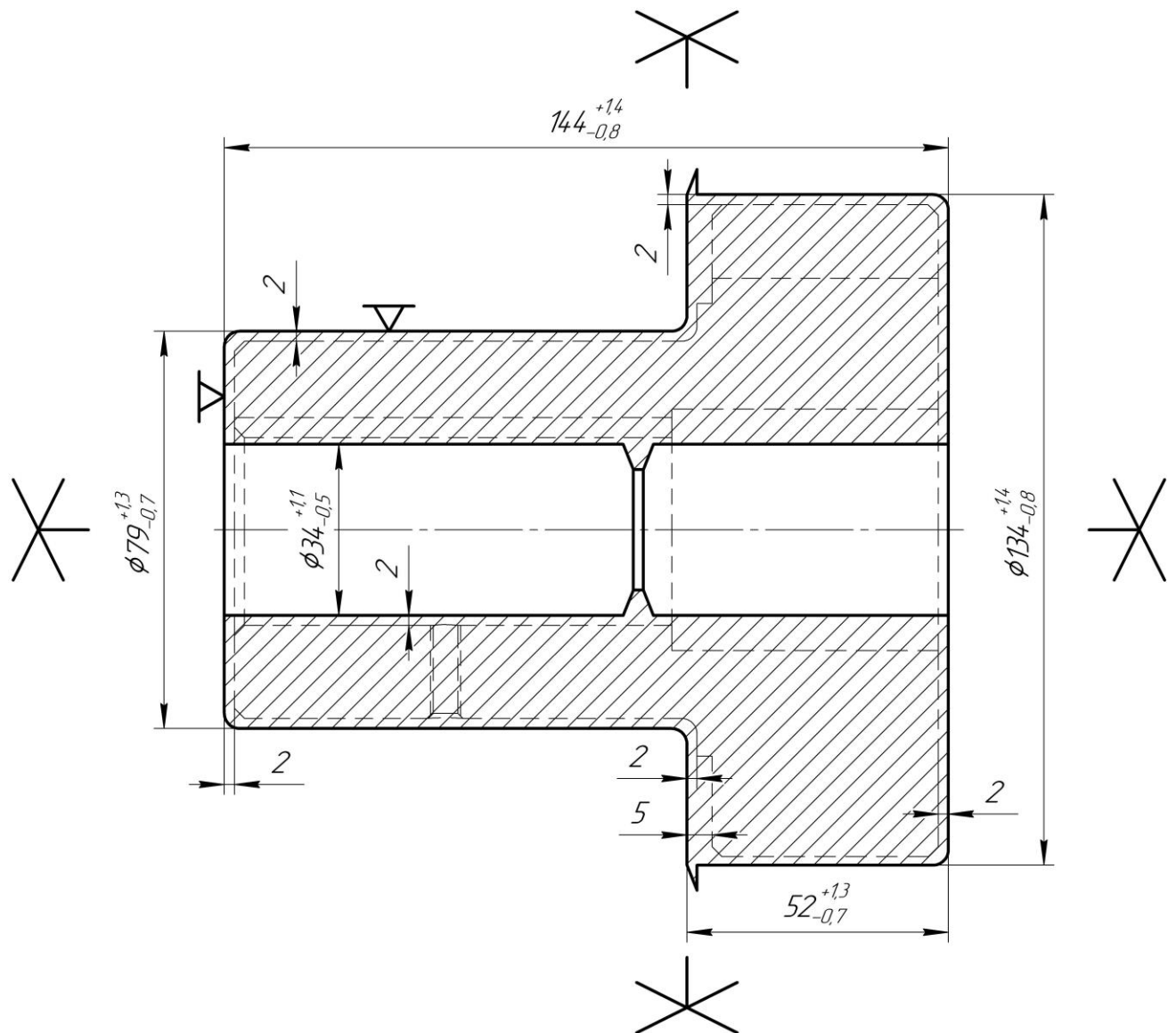
Таблиця 2.2 – Допустимі відхилення розмірів

Діаметр $134_{-0,8}^{+1,4}$	Діаметр $79_{-0,7}^{+1,3}$	Діаметр $34_{-0,5}^{+1,1}$
Довжина $52_{-0,7}^{+1,3}$	Довжина $144_{-0,8}^{+1,4}$	

Остаточні розрахунки поковки заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок розмірів заготовки

Розмір деталі	Чистота поверхні	Основний допуск	Додатковий допуск	Загальний допуск	Розрахунковий розмір заготовки	Прийнятий розмір заготовки	Фактичний припуск
d 130	12,5	1,4	0,5	1,9	d 133,8	d 134	2,0
d 75	12,5	1,3	0,5	1,8	d 78,6	d 79	2,0
D 38	1,6	1,5	0,5	2,0	D 34	D 34	2,0
L ₁ 48	1,4	1,3	0,3	1,6	L ₁ 51,2	L ₁ 52	2,0
L ₀ 140	1,4	1,4	0,3	1,7	L ₀ 143,4	L ₀ 144	2,0



- 1 Заготовка – поковка штампуванням на ГKM.
- 2 Припуски і допуски – згідно з ДСТУ EN 10250-1:2008: клас точності T4, група сталі M1, ступінь складності C2, вихідний індекс 11.
- 3 Незазначені радіуси заокруглень – R 3 ... 5 мм.
- 4 Штамповочні ухили – 7°.
- 5 Допустиме зміщення по площині роз'єму штамп – 0,2 мм.

Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки, штампованої на ГKM (додаток Б)

2.3 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитись в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки. Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки [8].

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для внутрішньої поверхні тіла обертання $\varnothing 38\text{H9}$.

Призначаємо маршрут обробки поверхні і результати заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрут оброблення поверхні

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності, що досягається IT	Параметри шорсткості Ra, мкм
1. Заготівельна стадія	IT15($\pm 0,5$)	25
2. Розточування чорнове	H11($0^{+0,16}$)	6,3
3. Розточування н/ч	H10($0^{+0,1}$)	3,2
4. Розточування чистове	H7($0^{+0,025}$)	1,6

Вибираємо елементи припусків по переходах.

Обирається висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару T:

- для заготовок штамповок Rz = 320 мкм і T = 350 мкм;

- на операції розточування чорнове $Rz = 50$ мкм і $T = 350$ мкм;
- на операції розточування чистове $Rz = 25$ мкм і $T = 25$ мкм.

Розраховуємо просторове відхилення форми для заготовки поковка штампована $p_{\text{заг}}$:

$$p_{\text{заг}} = \sqrt{p_{\text{см}}^2 + p_{\text{екс}}^2}, \quad (2.8)$$

де $p_{\text{см}}$ – допустима похибка зсуву фігур, $p_{\text{см}} = 1,2$ мм;

$p_{\text{екс}}$ – ексцентричність отвору, $p_{\text{екс}} = 1,5$ мм.

$$p_{\text{заг}} = \sqrt{1,2^2 + 1,5^2} = \sqrt{1,44 + 2,25} = 1,92 \text{ мм} = 1920 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо просторові відхилення по стадіям, для цього по таблиці довідника знаходимо коефіцієнт уточнення K_y (для кожного переходу значення K_y буде різним), а отримані значення підставимо у формулу [9]:

$$p_i = p_{\text{заг}} * K_y, \quad (2.9)$$

Знаходимо за формулою 2.9:

$$p_{\text{чорн.}} = p_{\text{заг.}} * K_{y \text{ чорн.}} = 1920 * 0,06 = 115 \text{ мкм,}$$

$$p_{\text{чист.}} = p_{\text{заг.}} * K_{y \text{ чист.}} = 1920 * 0,05 = 96 \text{ мкм.}$$

Вибираємо похибку установки $\sum y$.

Для заготовки $\sum y$ відсутня. Похибка установки на операції розточування чорнове $\sum y = 140$ мкм, на операцію розточування чистове $\sum y = 120$ мкм. Отримані значення заносимо в таблицю 2.5.

Розраховуємо мінімальні припуски:

$$2Z_{min} = 2 \left(Rz_{(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{p_{(i-1)}^2 + \sum_i^2 y} \right), \quad (2.10)$$

$$2Z_{min \text{ чорн.}} = 2 \left(20 + 20 + \sqrt{0,4^2 + 80^2} \right) = 240 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{min \text{ н/ч}} = 2 \left(15 + 15 + \sqrt{0,4^2 + 60^2} \right) = 180 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{min \text{ чист.}} = 2 \left(10 + 10 + \sqrt{0,4^2 + 40^2} \right) = 40 \text{ мкм.}$$

Будуємо схему розташування припусків та допусків на заданий розмір і розраховуємо між операційні припуски і проміжні розміри.

Розрахунок припусків та граничних відхилень. Чистове розточування:

$$D_{max \text{ чист}} = D_{ном \text{ чист}} + ES_{\text{чист}}, \quad (2.11)$$

$$D_{max \text{ чист}} = 38 + 0,062 = 38,062 \text{ мм,}$$

$$D_{min \text{ чист}} = D_{ном \text{ чист}} + EI_{\text{чист}}, \quad (2.12)$$

$$D_{min \text{ чист}} = 38 - 0 = 38 \text{ мм,}$$

$$2Z_{ном \text{ чист}} = ES_{\text{н/ч}} + 2Z_{min \text{ чист}}, \quad (2.13)$$

$$2Z_{ном \text{ чист}} = 0,16 + 0,04 = 0,2 \text{ мм,}$$

$$2Z_{max\text{ чист}} = 2Z_{nom\text{ чист}} + ES_{\text{чист}}, \quad (2.14)$$

$$2Z_{max\text{ чист}} = 0,2 + 0,062 = 0,262 \text{ мм.}$$

Напівчистове розточування:

$$D_{max\text{ н/ч}} = D_{nom\text{ чист}} - 2Z_{min\text{ чист}}, \quad (2.15)$$

$$D_{max\text{ н/ч}} = 38 - 0,4 = 37,96 \text{ мм,}$$

$$D_{min\text{ н/ч}} = D_{nom\text{ чист}} = D_{max\text{ н/ч}} - ES_{\text{н/ч}}, \quad (2.16)$$

$$D_{min\text{ н/ч}} = 37,96 - 0,16 = 37,80 \text{ мм,}$$

$$2Z_{nom\text{ н/ч}} = 2Z_{min\text{ н/ч}} + ES_{\text{чорн}}, \quad (2.17)$$

$$2Z_{nom\text{ н/ч}} = 0,18 + 0,25 = 0,43 \text{ мм,}$$

$$2Z_{max\text{ н/ч}} = 2Z_{nom\text{ н/ч}} + ES_{\text{чорн}}, \quad (2.18)$$

$$2Z_{max\text{ н/ч}} = 0,43 + 0,16 = 0,59 \text{ мм.}$$

Чорнове розточування:

$$D_{max\text{ чорн}} = D_{nom\text{ н/ч}} - 2Z_{min\text{ н/ч}}, \quad (2.19)$$

$$D_{max\text{ чорн}} = 37,8 - 0,18 = 37,62 \text{ мм,}$$

$$D_{min \text{ чорн}} = D_{nom \text{ чорн}} = D_{max \text{ чорн}} - ES_{H/ч}, \quad (2.20)$$

$$D_{min \text{ чорн}} = 37,62 - 0,25 = 37,37 \text{ мм},$$

$$2Z_{nom \text{ чорн}} = 2Z_{min \text{ чорн}} + ES_{заг}, \quad (2.21)$$

$$2Z_{nom \text{ чорн}} = 0,24 + 1,8 = 2,04 \text{ мм},$$

$$2Z_{max \text{ чорн}} = 2Z_{nom \text{ чорн}} + ES_{заг} + ES_{чорн}, \quad (2.22)$$

$$2Z_{max \text{ чорн}} = 2,04 + 1 + 0,25 = 3,49 \text{ мм}.$$

Розмір заготовки:

$$D_{max \text{ заг}} = D_{nom \text{ чорн}} - 2Z_{min \text{ чорн}}, \quad (2.23)$$

$$D_{max \text{ заг}} = 37,62 - 0,24 = 37,18 \text{ мм},$$

$$D_{nom \text{ заг}} = D_{max \text{ заг}} - ES_{заг}, \quad (2.24)$$

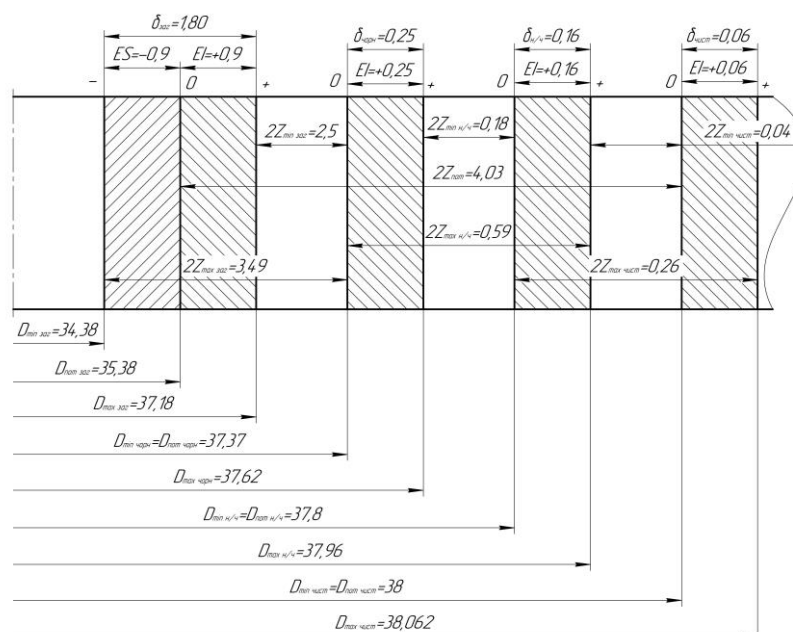
$$D_{nom \text{ заг}} = 37,18 - 1,8 = 35,38 \text{ мм},$$

$$D_{min \text{ заг}} = D_{nom \text{ заг}} - EI_{заг}, \quad (2.25)$$

$$D_{min \text{ заг}} = 35,38 - 1 = 34,38 \text{ мм}.$$

Таблиця 2.5 – Початкові та розрахункові дані на заданий розмір

Технічні операції і переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунок припусків, мкм			Розрахунок розмірів, мкм		
	Rz_{i-1}	T_{i-1}	p_{i-1}	Σ_i	$2Z_{\min}$	$2Z_{\text{ном}}$	$2Z_{\max}$	D_{\min}	$D_{\text{ном}}$	D_{\max}
Заготовка	-	-	-	-	-	-	-	34,38	35,38	37,18
Розточування чорнове	320	350	192	140	0,24	2,04	3,49	37,37		37,62
Розточування н/ч	50	50	115	120	0,18	0,43	0,59	37,8		37,96
Розточування чистове	25	25	96	-	0,04	0,2	0,262	38		38,062

Рисунок 2.2 – Схема розміщення припусків на обробку розміру $\varnothing 38H9$

2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Для вибору базових поверхонь – аналізуємо всі наявні поверхні-претенденти. Заготовка має такі розвинуті та прості за формою поверхні, як: плоский торець

діаметром 130 мм, плоский торець діаметром 75 мм, зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130$ та довжиною 45 мм, зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 75$ довжиною 92 мм, внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 48$ довжиною 53 мм, внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 38$ довжиною 87 мм та шпонковий паз шириною 10 мм та довжиною 87 мм.

Аналіз схеми базування заготовки на операції 020 – токарна з ЧПК.

На даній операції на першому установі обробляються поверхні 3, 4, 5, 6, схеми базування вказані на рисунках 2.3 та 2.4.

В якості першого варіанту розглянемо базування заготовки за діаметром 130 мм та торцем 46 мм. В такому випадку виникають дві бази: установлювальна база і подвійно-опорна база.

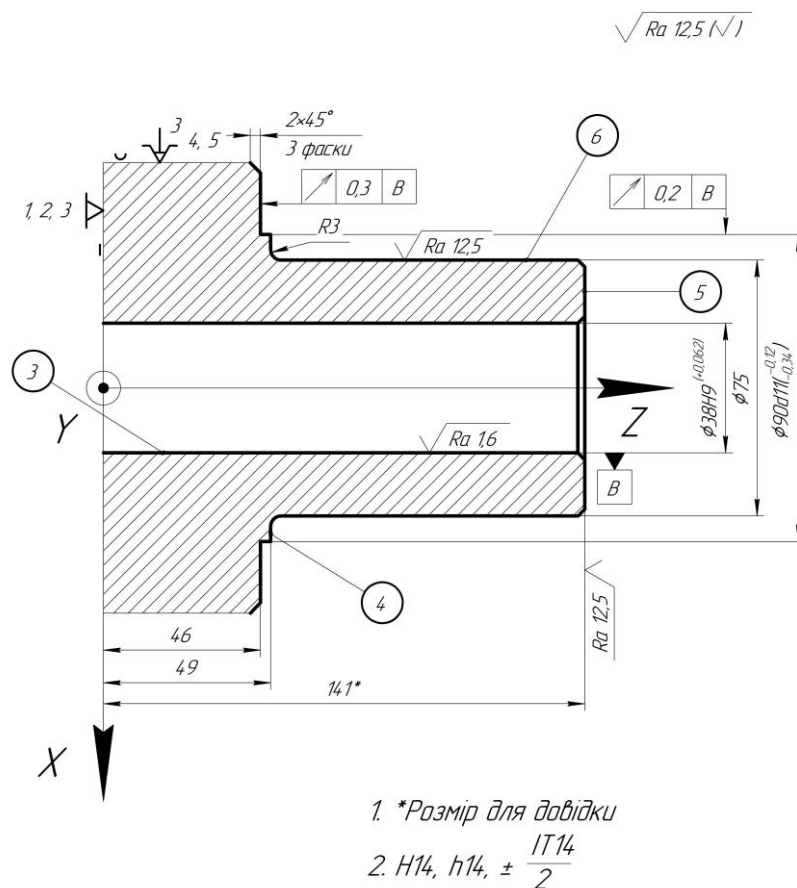


Рисунок 2.3 – Схема базування на операції 020 варіант 1

Таблиця 2.6 – Матриця зв'язків операції 020 варіант 1

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування бази
1, 2, 3	III, IV, V	Установлювальна база
4, 5	I, II	Подвійно-опорна база

Таблиця 2.7 – Матриця відповідностей операції 020 варіант 1

	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	0	1	Установлювальна база
a	1	1	0	
L	1	1	0	Подвійно-опорна база
a	0	0	0	

Розглянемо другий спосіб базування по внутрішньому діаметру 38 мм та лівому торцю. Даний спосіб можливо реалізувати із застосуванням оправки з перехідною посадкою. Схема базування зображена на рисунку 2.4.

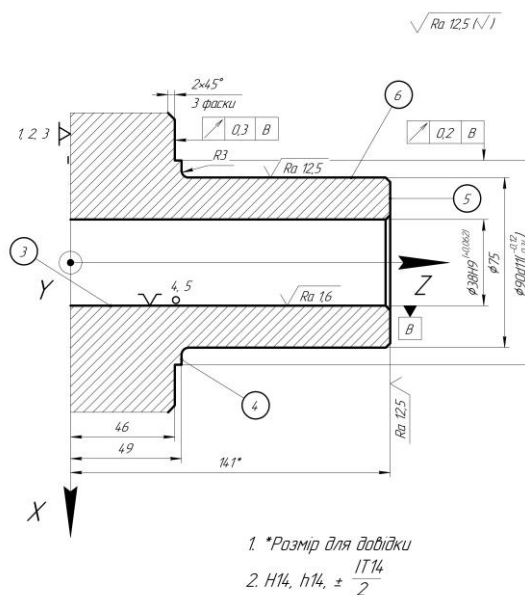


Рисунок 2.4 – Схема базування на операції 020 варіант 2

Під час базування заготовки в даному випадку виникають такі ж бази як і в попередньому способі базування [10]. Аналогічно матриці відповідності та зв'язків залишаються незмінними, як в попередньому випадку. Похибка базування складатиме величину допуску одного із розмірів, який був отриманий на попередній операції, це розмір $46h14$. Але даний спосіб використовувати не зовсім вірно, тому що поверхня 3 буде підлягати подальшій обробці, тобто вона остаточно не оброблена. Як відомо, базування із застосуванням оправок використовується по остаточно оброблених поверхнях, тому виходячи із двох випадків віддаємо перевагу способу базування за першою схемою. Зважаючи на вище зазначене з двох схем обираємо перший варіант, рисунок 6.6.

Беручи до уваги, що другий установ аналогічний, то приймаємо таку саму схему базування для другого установу.

Аналіз схеми базування заготовки на операції 050 – фрезерна з ЧПК.

Як уже було сказано спочатку, усі перелічені поверхні є досить розвинутими та простими за формою. Тож усі вони так чи інакше придатні для виконання ролі технологічних баз. Тим не менше, найбільш придатною для установчої бази слід вважати саме плоский торець заготовки діаметром 130 мм, бо він має більшу від усіх площу, отже заготовка буде займати стійке положення під час установки. На роль подвійної опорної бази краще взяти внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 38$ довжиною 92 мм, бо вона має більшу довжину, ніж аналогічна поверхня $\varnothing 48$, та більш високу точність. Але головним є те, що використання цієї поверхні, як технологічної бази дозволить дотриматися принципів суміщення (конструкторської та технологічної баз) та постійності баз, що буде сприяти стабілізації та навіть підвищенню точності оброблення інших поверхонь заготовки. Як опорну базу найкраще взяти одну з бокових поверхонь шпонкового пазу, що дозволить попередити обертання заготовки навколо центральної осі (осі Z).

З урахуванням сказаного пропоную схему базування заготовки, наведену на рисунку 2.5.

При цьому передбачається, що заготовка при свердлінні отворів на свердлильній операції буде встановлена на жорсткій циліндричній оправці з шпонкою по центральному отвору, вертикально, з упором в торець $\varnothing 130$. До моменту реалізації операції уступ заготовки $\varnothing 130$ оброблений з шорсткістю $Ra = 6,3$ мкм. При базуванні заготовки по торцю реалізується установча технологічна база, що позбавляє заготовку 3-ох ступенів волі, зокрема поступального руху вздовж центральної осі деталі – Z, а також обертових рухів навколо осей X, Y. До моменту реалізації операції центральний отвір заготовки оброблено в розмір $\varnothing 38H9$ з шорсткістю 1,6 мкм за критерієм Ra. При базуванні заготовки по центральному отвору реалізується подвійна опорна база, що позбавляє заготовку 2-ух ступенів волі: поступальних переміщень вздовж осей X і Y. Для запобігання повороту заготовки навколо центральної вісі Z використовуємо упор у вигляді шпонки. При цьому на гранях шпонкового пазу в центральному отворі буде реалізована опорна база, що позбавить заготовку останньої, 6-ої ступені волі, див. таблицю 2.8 та 2.9. Таким чином, при встановленні заготовка буде позбавлена всіх 6-ти ступенів волі, реалізується повний комплект баз, що є позитивним фактором з точки зору забезпечення точності операційних розмірів.

Таблиця 2.8 – Матриця відповідностей

	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	0	1	Установлювальна база
a	1	1	0	
L	1	1	0	Подвійно опорна база
a	0	0	0	
L	0	0	0	Опорна база
a	0	0	1	

місце похибка базування $E_{617} = T_{45} = 0,25$ мм, див. рисунок 1, а допуск на розмір $T_{17} = 0,215 + 0,215 = 0,43$ мм. Таким чином виконується умова:

$$E_{617} < T_{17}, \quad (2.26)$$

що є прийнятним.

Під час базування заготовки по центральному отвору на жорсткій оправці має місце похибка базування заготовки, величину якої можна розрахувати за формулою 2.27:

$$E_6 = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta, \quad (2.27)$$

де δ_1 – допуск на діаметр отвору $H9 = 0,062$ мм;

δ_2 – допуск на діаметр пальця $h8 = 0,039$ мм;

Δ – мінімальний зазор = 0 мм.

В результаті маємо:

$$E_6 = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta = 0,062 + 0,039 + 0 = 0,101 \text{ мм.}$$

Таким чином похибка базування $E_6 = 0,101$ мм не перевищує позиційний допуск, регламентований кресленням деталі, що є прийнятним.

2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Для операції 010 обираємо верстат 16P25, через його застосування саме у середньосерійному виробництві для невеликих деталей та відносно низьку ціну порівняно з верстатами з ЧПК. Верстат 16P25П замінює модель 16K25. За всіма якісними показниками (продуктивності, точності, довговічності, надійності, зручності обслуговування, безпеки роботи тощо) перевершує верстат моделі

1K625. Жорстка коробчата форми станина з гартованими шліфованими напрямними встановлена на монолітному підставі. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика верстату 16P25

Найменування параметра	Величина
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм: над станиною над супортом	500 290
Найбільша довжина заготовки, мм	750, 1000, 1400, 2000
Найбільша вага встановленої заготовки в центрах, в патроні, кг	650...1800, 300
Діаметр отвору в шпинделі, мм	52
Внутрішній конус в шпинделі задньої бабки по ISO 296:1991 (Морзе)	5
Діапазон частот обертання шпинделя в обох напрямках, об/хв. (22 ступені)	19...2000
Діапазон поздовжніх подач, мм/об поздовжніх поперечних	0,05-2,8 0,025-1,4
Прискорене переміщення супорта, мм/хв. поздовжнє поперечне	2000 1500
Найбільше переміщення санчат супорта, мм поперечне поздовжнє	300 645, 935, 1335, 1935
Потужність електропривода головного приводу, кВт	11
Маса, кг	3095
Габаритні розміри, мм	2795×1240×1500
Висота центрів над плоскими направляючими станини, мм.	250

Основні переваги верстатів з ЧПК для операції 020.

Вживання верстатів з ЧПК замість універсального устаткування має істотні особливості і створює певні переваги, зокрема наступні: скорочення темпів

підготовки виробництва на 50 – 75%; скорочення загальної тривалості циклу виготовлення продукції на 50 – 60%; економія засобів на проектування і виготовлення технологічного оснащення на 30 – 85%; підвищення продуктивності праці за рахунок скорочення допоміжного і основного часу обробки на верстаті.

На токарній операції з ЧПК використовується пристрій числового програмного керування – Haas типу Fanuc (таблиця 2.11)[11]. Система візуального програмування Haas – це запатентована система діалогового програмування, з кольоровим графічним інтерфейсом, який інформує користувача про легко зрозумілі покрокові шаблони для швидкого створення G-коду для простих операцій фрезерного верстата:

- діалогове програмування;
- відмінно підходить для простих операцій програмування;
- не потребує програмування в G-кодї чи знання програмного забезпечення САМ;
- виводить програмування в G-кодї, які можна легко редагувати, копіювати чи комбїнувати для створення цілої програми обробки деталі.

Система візуального програмування обробки деталей Haas дозволяє легко програмувати в ходї роботи, без необхідності знати G-коди. Просто дотримуйтесь зображеним на екрані інструкціям, вводьте необхідні значення і блок управління згенерує всі G-коди.

Система візуального програмування (VPS) для токарних верстатів дозволяє легко складати програми в процесі управління обробкою з використанням геометричних параметрів і характеристик вашої деталі.

Характеристика системи управління: зручна для користувача, розширений програмний редактор, безщітчні сервоприводи змінного струму, робоча подача до 30,5 м/хв., виконує до 1000 блоків в секунду, сумісність з G-кодом стандарту ISO, введення зміщення інструменту натисканням однієї кнопки, 200 нульових точок інструменту, 105 робочих координат, контроль навантаження на інструмент, контроль зносу інструменту, гвинтова інтерполяція, редагування в фоновому

режимі, багато віконний режим перегляду програми, калькулятор кутів, калькулятор для розрахунку дуг і дотичних, калькулятор швидкостей і подач, пуск / зупинка / затримка / продовження, RS-232 / канал зв'язку DNC / USB / опціональний порт Ethernet, перезапуск програми з будь-якого кадру, програмування в дюймах або в метричній системі, сторінка повідомлень, більше 20 мов, понад 200 визначених користувачем налаштувань, самодіагностика, аварійні сигнали з повним описом, програмоване дзеркальне відображення, удосконалене фрезерування кишень, свердління сітки отворів, пробний прогін з графічним представленням, 5 резервних M-функцій, управління точністю контурної обробки, гравіювання тексту.

Таблиця 2.11 – Характеристика системи ЧПК Haas – типу Fanuc [11]

Найменування параметра	Величина
Швидкість виконання програми	стандартно 1000 блоків в секунду
Управління осями (фрезер.)	3 лінійні осі, 4-а і 5-а осі додатково
Інтерполяція (фрезер.)	G01, G02, G03, гвинтова
Управління осями (токар.)	2 лінійні осі, осі C і X, задня бабка додатково
Інтерполяція (токар.)	G01, G02, G03, гвинтова, перетворення декартових координат в полярні
Мін. вхідний приріст	0,001 мм
Мін. вихідна дискретність	0,00018 мм
Корекція швидкого переміщення	5%, 25%, 50%, 100%
Корекція швидкості подачі	від 0 до 999% з приростом 1%
Роздільна здатність маховичка	0,001 / 0,01 / 0,1 / 1,0 мм на одну поділку шкали
Значення подачі з маховичка	1,0 / 10/100/1000 мм / хв
Повернення в нульову точку	одна клавіша (G28)

Продовження таблиці 2.11

Найменування параметра	Величина
Команда швидкості	S = від 1 до макс. швидкості обертання шпинделя
Ручна корекція	від 0 до 999% з приростом 1%
Корекція довжини (фрезер.)	200 установок, геометрія і знос
Корекція діаметра / радіуса (фрезер.)	200 установок, геометрія і знос
Корекція довжини (токар.)	50 установок, геометрія і знос
Корекція діаметра / радіуса (токар.)	50 установок, геометрія і знос
Вимірювання довжини	автоматичний запис довжини
Контроль зносу	200 установок з аварійними сигналами
Сумісність	G-код стандарту ISO
Позиціонування	абсолютна (G90), відносна (G91)
Фіксовані цикли	22 функції стандартно
Фрезерування круглої кишені	G12, G13
Свердління болтового отвору	G70, G71, G72
Вдосконалене фрезерування кишень	G150
Дюйми / Метрична система	перемикається
Робочі координати	105 установок
Установка нульової точки деталі	автоматичний запис
Вивід M-кодів	5 резервних t
2D компенсація діаметру фрези	G40, G41, G42
2D компенсація довжини фрези	G43, G44, G49
3D + компенсація діаметру фрези	G141
Компенсація головки інструменту (токар.)	G40, G41, G42
Порти	RS-232, USB, додатковий порт Ethernet 100Base-T
Пам'ять	1 МБ; опціонально до 750 МБ

Після перелічених переваг стає очевидний вибір верстату з ЧПК HAAS TL1 (таблиця 2.12) замість 16K20 в заводському технологічному процесі.

Таблиця 2.12 – Технічна характеристика верстату HAAS TL1 [12]

Найменування параметра	Величина
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною, мм	508
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом, мм	279
Максимальний діаметр обробки, мм	406
Максимальна довжина різання, мм	762
Хід осі X, мм	203
Хід осі Y, мм	762
Швидке переміщення по осі X, м/хв	11,4
Швидке переміщення по осі Y, м/хв	11,4
Максимальна потужність, кВт	7,5
Максимальна швидкість обертання шпинделю, об/хв	1800
Найменування параметра	Величина
Діаметр отвору шпинделю, мм	58
Габаритні розміри, мм	2260×1690× ×2110
Маса, кг	2223
Патрон (опціонально), мм	203
Напруга змінного струму на вході (однофазний та трифазний), V	220

Для операції 030 краще обрати горизонтально-протяжний верстат 7Б55.

Призначений для обробки методом протягування попередньо оброблених або чорнових наскрізних отворів різної геометричної форми та розмірів деталей із чорних та кольорових металів та сплавів. За допомогою спеціальних пристроїв можна обробляти зовнішні поверхні. Протяжний верстат 7Б55 (таблиця 2.13) відрізняється великою продуктивністю, високою точністю обробки. Простота переналагодження верстата і його дешевизна дозволяє застосовувати його в дрібносерійному та одиничному виробництві.

Таблиця 2.13 – Технічна характеристика верстату 7Б55

Найменування параметру	Величина
Клас точності верстату	Н
Максимальна тягова сила, кН	100
Максимальна довжина робочого ходу салазок, мм	1250
Відстань від станини до осі отвору під планшайбу в опорній плиті, мм	250
Максимальний зовнішній діаметр оброблюваної деталі, мм	600
Розміри робочої поверхні передньої опорної плити верстату, мм	450×450
Діаметр отвору під планшайбу в опорній плиті, мм	160
Діаметр отвору в планшайбі, мм	125
Діаметр планшайби, мм	280
Швидкість робочого ходу, м/хв	1,5...11,5
Швидкість зворотного ходу, м/хв	20...25
Регулювання швидкості робочого руху	безступінчаста
Підведення і відведення протяжки, м/хв	15
Електродвигун приводу головного руху, кВт	18,5
Габарити верстату (довжина, ширина, висота), мм	6300×2090×1910
Маса верстату, кг	5200

Аналіз вибору верстату для операцій 035, 050

В запропонованому технологічному процесі на розглянутій операції заготовка обробляється з використанням вертикально-фрезерного верстату з ЧПУ – HAAS Mini Mill. Основні характеристики вертикально-фрезерного верстату HAAS Mini Mill приведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Технічна характеристика верстату HAAS Mini Mill [13]

Найменування параметра	Величина
Хід осі X, мм	406
Хід осі Y, мм	305
Хід осі Z, мм	254
Максимальна відстань від переднього торця шпинделя до столу, мм	356
Мінімальна відстань від переднього торця шпинделя до столу, мм	102
Максимальна потужність шпинделя, кВт	5,6
Максимальна швидкість обертання шпинделю, об/хв	6000
Довжина столу, мм	914
Робоча довжина столу, мм	730
Ширина столу, мм	305
Ширина T-подібних пазів, мм	16
Відстань від центру T-подібних пазів, мм	110
Кількість стандартних T-подібних пазів, шт	3
Максимальна вага на столі, кг	227
Подача на максимальну глибину різання, м/хв	12,7
Прискорене переміщення по осі X, Y, Z м/хв	15,2
Максимальне осьове зусилля по осі (X, Y, Z), Н	8896
Тип магазину інструментів	Карусельний
Ємність магазину інструментів, шт.	10
Максимальний діаметр інструменту, мм	89
Максимальна вага інструменту, кг	5,4
Час зміни інструменту, с	4,2
Об'єм MOP, л	151

Продовження таблиці 2.14

Найменування параметра	Величина
Необхідна кількість стисненого повітря, л/хв; Бар	113; 6,9
Мінімальний тиск повітря, Бар	5,5
Габарити верстату, мм	2290×1630×2540
Маса верстату, кг	1815

Верстат вертикально-фрезерний з ЧПУ HAAS Mini Mill, надкомпактний верстат оснащений шпинделем 6000 об/хв [13] з конусом ISO 40, прискореним переміщенням 15,2 м/хв і автоматичним пристроєм зміни інструменту на 10 гнізд. Фрезерний верстат серії Mini Mill забезпечує таке ж надійне виготовлення невеликих деталей – він ідеальний для виконання операцій різання і чистової обробки алюмінію, а також забезпечує низькошвидкісний обертовий момент для обробки сталі. На цьому верстаті діапазон частот обертання шпинделю дозволяє вести обробку як швидкоріжучими фрезами, так і твердосплавними. Ціна не зовсім висока, тому що верстат має малі габарити, що цілком забезпечує вимоги до деталі.

2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Вибір верстатного пристрою для операції 010: патрон самоцентруючий трикулачковий [14]. Тому що це оптимальний вибір верстатного пристрою для верстату 16P25.

Для операції 020: трикулачковий самоцентруючий патрон $\varnothing 203$ мм A2-5 [15]. Цей ручний трикулачковий спіральний патрон 203 мм відрізняється твердими верхніми реверсивними кулачками, кріпленням A2-5 і наскрізним отвором 58 мм. Він забезпечує можливість затиску як за зовнішній діаметр, так і за внутрішній діаметр, і має максимальну швидкість 3500 об/хв. Патрон, що самоцентрується зі стандартним для індустрії шпунтовим з'єднанням.

Шпиндельний перехідник та патрон входять у комплект. Цей пристрій опціонально підходить до верстату та забезпечує належну роботу. Загалом патрон здатен точно базувати та закріплювати заготовки.

Операція 030: перехідник для шпонкових патронів 7Б56.020.401.00, патрон робочий 050.У2443.002.00.02, патрон ІВП-94.01.0.00 – входять у комплект верстату та забезпечують його працездатність. Тому є найкращим забезпеченням оброблення заготовок.

Для операції 035 обираємо поворотний стіл – НТР210 рисунок 2.6. Для встановлення середніх та великих деталей або кріплень рішенням є серія НРТ з поворотними Т-подібними пазами. Ці зносостійкі, надміцні столи можна встановити вертикально або горизонтально для додаткової багатосторонності використання. Патрони та кріплення можна легко прикрутити до столу, використовуючи шість Т-подібних пазів (таблиця 2.15) та великі наскрізні отвори для подачі дроту відповідно до особливих вимог до встановлення кріплень. Який забезпечить обробку важко оброблюваних отворів та точне розташування пазів відносно їх куту розміщення [16].

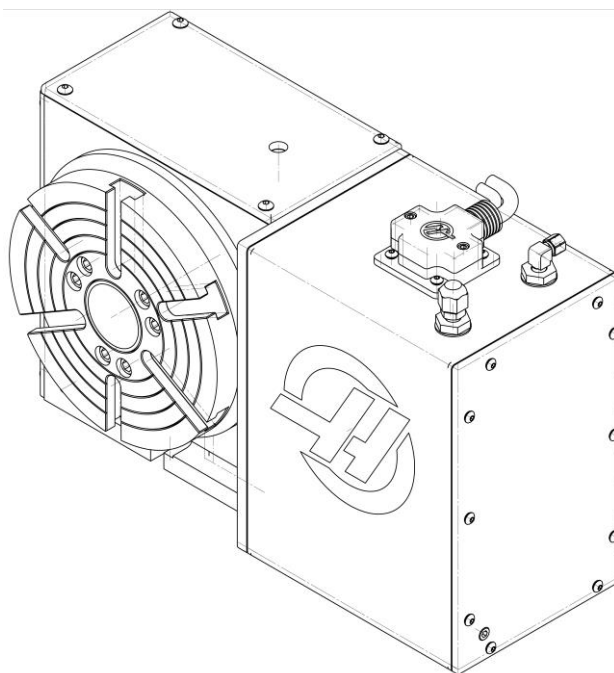


Рисунок 2.6 – Ізометрія столу поворотного НТР210 [16]

Таблиця 2.15 – Характеристики поворотного столу HTR210 [16]

Найменування параметру	Величина
Діаметр платформи, мм	210
Максимальна вага на планшайбі з опорою, кг	74,8
без опори, кг	37,4
Кількість стандартних Т-подібних пазів	6 × 60°
Максимальна швидкість, ° / с	100
Максимальний крутний момент, Нм	285
Максимальне биття, мм	0,013
Висота центрів, мм	152,40
Люфт, arcsecond	30
Крутний момент при гальмуванні при 100 psi/6,9 bar, Нм	271
Передатне число	90:1
Точність (±), arcsecond	± 15
Відтворюваність, arcsecond	10
Роздільна здатність, °	0,001
Діаметр черв'ячного колеса, мм	160
Максимальне обертання / крок (з поворотним регулятором), °	999,999
Вимоги з електроживлення	115 VAC ± 10% · · 15 A
Робоча температура (максимальна температура навколишнього повітря), °C	38
Максимальний тиск повітря, bar	10,3
Експортна тара, см	69 × 54 × 54
Маса, кг	93

Кутова секунда (arcsecond) – одиниця вимірювання плоских та двогранних кутів, рівна $1 / 3600$ градуса або $1 / 60$ мінути; позначається знаком " (подвійний вертикальний штрих).

Вибір верстатного пристрою для операції 050.

При обробці в умовах базового технологічного процесу заготовка встановлюється на столі та закріплюється за допомогою гвинтових затискачів. При цьому робочий повинен мати 4-ий розряд. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить знизити розряд оператора на даній операції до третього, зменшить трудомісткість обробки, зменшить час, що витрачається на базування та закріплення заготовки, підвищить стабільність з точки зору забезпечення розмірної точності. У зв'язку з цим орієнтовно приймаємо систему нерозбірних спеціальних пристосувань.

При свердлінні отворів виникає тангенціальна складова сили різання P_z , точка прикладання якої розташована на торці $\varnothing 130$ (див. рисунок 5.3). Діючи в площині торцевої поверхні тангенціальна складова сили різання P_z створює обертовий момент $M_{кр}$, який повертає заготовку навколо її центральної осі (навколо пальця). Для того, щоб урівноважити момент $M_{кр}$ до заготовки в осьовому напрямку з гори прикладена сила P_z (див. рисунок 2.7). Сила закріплення P_z , направлена нормально до верхнього торця заготовки та створює розподілену по нижньому торцю силу тертя $F_{тр}$. Указана сила тертя $F_{тр}$ створює момент тертя $M_{тр}$, що врівноважує момент $M_{кр}$.

Таким чином, для забезпечення рівноваги (нерухомості) заготовки повинна виконуватися умова:

$$M_{тр} \geq M_{кр}, \quad (2.28)$$

або

$$M_{\text{тр}} = K_{\text{зап}} * M_{\text{кр}}, \quad (2.29)$$

де $M_{\text{тр}}$ – момент тертя, створений силами закріплення;
 $M_{\text{кр}}$ – обертовий момент, створений силами різання;
 $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу, що враховує фактичні умови закріплення заготовки.

$$M_{\text{тр}} = 3,3 \cdot 25,776 = 85,06 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент тертя, створений силою закріплення P_z можна розрахувати за формулою 2.30:

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot r, \quad (2.30)$$

де r – радіус, на якому прикладена сила закріплення P_z . Згідно з рисунком 2.7, беремо $r = 44,5$ мм.

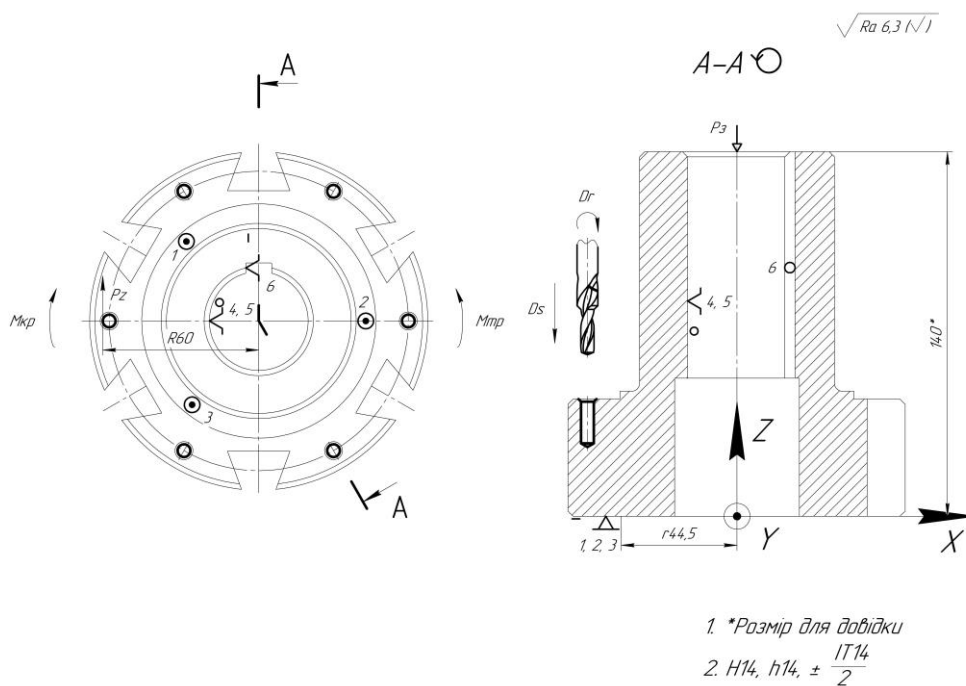


Рисунок 2.7 – Схема дії обурюючих та врівноважуючих сил

Виражаємо з цієї формули $F_{\text{тр}}$:

$$F_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}}}{r}, \quad (2.31)$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{85,06}{0,0445} = 1911,46 \text{ Н.}$$

Силу тертя розраховуємо за формулою:

$$F_{\text{тр}} = P_z * f, \quad (2.32)$$

де $f = 0,25$ – коефіцієнт тертя.

Обертний момент $M_{\text{кр}}$, створений силами різання можна розрахувати за формулою:

$$M_{\text{кр}} = P_z * R, \quad (2.33)$$

де R – радіус, на якому прикладена тангенціальна складова сили різання P_z .

Згідно рисунку 1.15, беремо $R = 60$ мм.

Для цього шукаємо момент різання M_p :

$$M_p = 10 * C_M * D_q * S_y * K_p, \quad (2.34)$$

де $K_p = 0,6$.

$$M_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 52 \cdot 0,140,8 \cdot 0,6 = 1,074 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

З формули:

$$M_p = P_z \cdot r_{CB}, \quad (2.35)$$

виражаємо P_z :

$$P_z = \frac{M_p}{r_{CB}}, \quad (2.36)$$

$$P_z = \frac{1,074}{0,0025} = 429,6 \text{ Н},$$

$$M_{кр} = 429,6 \cdot 0,06 = 25,776 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу $K_{зап}$ розраховуємо за формулою:

$$K_{зап} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.37)$$

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

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при затупленні інструменту;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує зміну припуску на обробку;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує уривчасті умови різання;

$K_4 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує рід приводу (за умови використання механізованого приводу у вигляді пневмокамери односторонньої дії);

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує зручність в обслуговуванні приводу (за умови використання механізованого приводу);

$K_6 = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує наявність моментів, які прагнуть повернути заготовку на плоских опорах.

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,3.$$

Так, силу закріплення заготовки можна розрахувати за формулою:

$$P_3 = \frac{F_{\text{тр}}}{f}. \quad (2.38)$$

В результаті попередніх розрахунків встановлено, що значення тангенціальної складової сили різання в процесі свердління отворів не перебільшує 429,6 Н. Тоді сили закріплення заготовки з урахуванням прийнятих умов складає:

$$P_3 = \frac{K_{\text{зап}} \cdot M_{\text{кр}}}{f \cdot (r_1 + r_2)} = \frac{3,3 \cdot 25,8}{0,25 \cdot 0,07275} = 4681,237 \text{ Н.}$$

Вибір механізованого приводу закріплення заготовки та розрахунок його параметрів

В якості механізованого приводу закріплення заготовки пропонується використовувати пневмоциліндр односторонньої дії. При цьому тяглове робоче зусилля на штоці приводу, яке визначає силу закріплення заготовки, буде забезпечуватися завдяки подачці стисненого повітря в штокову порожнину циліндру. Повернення поршня зі штоком приводу в початкове положення буде забезпечуватися за рахунок зворотної пружини.

Діаметр пневмоциліндру односторонньої дії при подачі стисненого повітря в штокову порожнину можна рахувати за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{(Q+Q_1) \cdot 16}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{шт}^2}, \quad (2.39)$$

де Q – сила на штоці пневмоциліндру. Беремо $Q = P_z = 4681$ Н;

Q_1 – сила, що розвивається зворотною пружиною. Беремо $Q_1 = 200$ Н;

p – тиск повітря в пневмосистемі. Беремо $p = 0,4$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії приводу. Беремо $\eta = 0,9$;

d – діаметр штоку пневмоциліндру. Беремо з конструктивних міркувань $d = 20$ мм.

Тоді отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{(4681+200) \cdot 16}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,9} + 20^2} = 155,022 \text{ мм.}$$

Розрахункове значення діаметру циліндру округлюємо в більшу сторону до найближчого стандартного значення $D_{факт.} = 160$ мм.

Фактичне значення сили на штоці пневмоциліндру і відповідно фактичне значення сили закріплення заготовки розраховуємо по формулі:

$$P_{з \text{ факт.}} = \frac{\pi \cdot ((1,7 \cdot D_{факт.})^2 - d_{шт}^2) \cdot p \cdot \eta}{16} = \frac{\pi \cdot ((1,7 \cdot 160)^2 - 20^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9}{16} = 5201,346 \text{ Н.} \quad (2.40)$$

Розрахунок точності пристрою

Виконаємо розрахунок точності пристосування з точки зору можливості забезпечення паралельності поверхні оправки. Позиційний допуск отвору задано 500 мкм. Приймаємо його значення у розмірі допуску розмір $T = 0,5$ мм. Основним параметром, що визначає положення осі заготівлі, встановленої на оправці щодо поверхні столу, є відхилення від паралельності осі оправки щодо основи корпусу

пристосування. Його допустиму величину розрахуємо як точність пристосування за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_B^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_i^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2} \quad (2.41)$$

де $T_{\phi_{\varnothing 6}} = 0,5$ мм – допуск, який визначає точність позиції оброблюваних отворів в радіальному напрямку;

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

$K_{T1} = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_{\delta \varnothing 17} = 0,101$ мм – похибка базування;

$\varepsilon_{3 \varnothing 130} = 0,05$ мм – похибка закріплення;

$\varepsilon_B = 0,015$ мкм – похибка установки пристрою на верстаті;

$\varepsilon_{\text{п}} = 0$ мм – похибка перекосу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

$\varepsilon_i = 0,01$ мм – похибка зношування;

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

$\omega = 0,03$ мм – значення допуску позиціювання для 7 квалітету середньої економічної точності нарізання різі для розміру 8 мм;

$\varepsilon_{\text{поз}} = 0,01$ мм – похибка позиціювання.

Тоді розрахункове значення похибки пристрою буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{пр}} &= 0,5 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0,101)^2 + 0,05^2 + 0,015^2 + 0^2 + 0,01^2 + (0,6 \cdot 0,03)^2 + 0,01^2} = \\ &= 0,376 \text{ мм.} \end{aligned}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності 0,3 мм

Опис пристрою і принцип дії пристрою

Спроекований пристрій для операції 050 складається з литого, коробчастої форми корпусу 2, на верхній площині якого за допомогою двох гвинтів 21 закріплена оправка циліндрична 8, яка базується в корпусі 2 по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 40$ з посадкою з зазором H7/g6. Установча зовнішньо циліндрична поверхня оправки 8 виконана в розмір $\varnothing 38$ h8, що при установці на неї заготовки дозволяє забезпечити посадку з зазором H9/h8. На зовнішній циліндричній поверхні оправки 8, вертикально кріпиться шпонка спеціальна 13 двома гвинтами 17, по якій базується заготовка. У верхній частині оправки 8 запресована направляюча 5 $\varnothing 28$ з натягом H7/m6. У центральній частині корпусу 2 розташований пневмоциліндр односторонньої дії, який складається з кришки 3, яка кріпиться за допомогою пари гвинтів 20, пружини 11, нижнього диску 7, мембрани 4, верхнього диску 1, прокладки 10 та штоку 15 діаметром 20 мм з посадкою з зазором H9/d9. Шток 15 ущільнюється ущільнювальним кільцем 12, що притискається натискною шайбою 6, парою гвинтів 18. Зверху заготовку притискає прихват 9, на якого тисне шток 15 через гайки 16 та шайби 23 і 24. У нижній частині корпусу 2 двома гвинтами 19 закріплені дві шпонки спеціальні 14, за якими пристрій базується в Т-образних пазах столу вертикально-фрезерного з ЧПК верстату. Для транспортування пристрою і установки його на столі верстату вздовж осьової лінії корпусу 2 у верхній його площині закріплено два рим-болти 22.

Пристрій працює таким чином. Оброблювана заготовка встановлюється на оправку циліндричну 8, так щоб шпонковий паз заготовки співпав з шпонкою спеціальною 13, яка не дає заготовці провертатись навколо центральної осі. Потім зверху ставиться прихват 9 швидкознімний і за допомогою крана управління (на кресленні кран управління не наведений) до верхньої порожнини пневмокамери подається стиснене повітря, в результаті чого шток 15 пневмокамери переміщується вниз, що переміщує гайки 16 та шайби 23 і 24 вниз, здійснюючи закріплення заготовки.

Розкріплення заготовки проводиться в зворотній послідовності. Після припинення подачі повітря до верхньої порожнини пневмокамери, зворотня пружина 11 віджимає шток 15 вгору, звільнюючи прихват 9 від зусилля закріплення. Відбувається розкріплення заготовки. Далі знімаємо прихват 9 та заготовку з оправки 8.

Експлуатація пристрою:

- встановити і закріпити пристосування на верстаті з урахуванням нульової точки верстата;
- підготувати базові поверхні до установки заготовки та після обробки;
- на шток пристосування встановити швидкознімну шайбу, після обробки деталі зняти її;
- в процесі експлуатації пристосування виконувати пункти технічних вимог;
- пристрій зберігати на дерев'яній підставі. Дія атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо.

Вибір металорізального інструменту та короткий опис запропонованого технологічного процесу.

005 Заготівельна

Для отримання заготовки «Напівмуфта» запропонований метод отримання заготовки – поковка на ГKM. Детальніше цей метод описаний у пункті 2.2.

010 Токарна – гвинторізна

Виконати чорнову обробку заготовки згідно ескізу (рисунок 2.8).

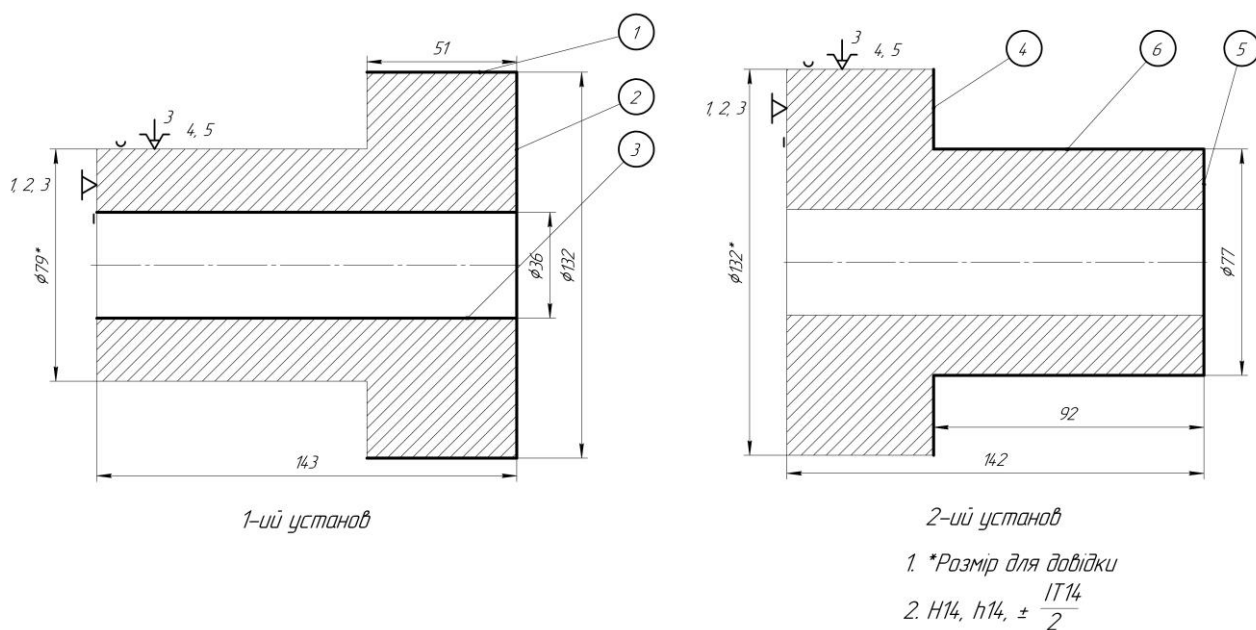


Рисунок 2.8 – Операційний ескіз операції 010

Таблиця 2.16 – Глибини різання на 010 операції

Характеристика	Значення					
	1	2	3	4	5	6
№ поверхні	1	2	3	4	5	6
Глибина різання на чорновій стадії, мм	1	1	1	1	1	1

Таблиця 2.17 – Аналіз вихідних даних креслення

Назва деталі	Матеріал заготовки ISO класифікація	Аналог матеріалу заготовки марка згідно ДСТУ (ГОСТ)	Твердість матеріалу заготовки
Напівмуфта	1.0501, 1.1181, 1.1183, C35, C35E, C35R	Сталь 35	~ 200 HB

Заносимо дані для оброблення в таблицю 2.18.

Таблиця 2.18 – Маршрут обробки поверхні деталі згідно операційного ескізу

Порядковий номер поверхні (переходу) згідно операційного ескізу	Початковий розмір (діаметр) обробки, мм	Розмір (діаметр) поверхні після механічної обробки, мм	Довжина обробки, мм	Шорсткість обробки
1 діаметральний	134	132 h14	52	Ra 12,5
2 лінійний	144	143 h14	50	Ra 12,5
3 діаметральний	34	36 H14	143	Ra 12,5
4 лінійний	51	50 h14	28	Ra 12,5
5 лінійний	143	142 h14	22	Ra 12,5
6 діаметральний	79	77 h14	92	Ra 12,5

Визначення типу оброблюваної поверхні.

Таблиця 2.19 – Класифікація обробленої поверхні

	Симетрична деталь (тіло обертання)					
	Cylindrical surface (Циліндрична)		Facing of tube (Торець)		Internal cylindrical surface in symmetrical rotating component	
Номер поверхні	1	6	2	4	5	3

Наступні дані для розрахунку: workpiece surface condition code (стан поверхні заготовки) – чорнова операція, тому обираємо «Товста шкірка»; cutting condition code (умови різання) – «Безперервне різання»; stability of fixturing (надійність закріплення) – «Гарна надійність».

З списку токарних верстатів програми «ToolGuide» обираємо найбільш тотожний до нашого: потужність шпинделя головного руху – 37 кВт, максимальна частота обертання шпинделя – 2000 об/хв.

Табулювання геометричних параметрів різальної пластини

Куруючись результатами віртуального розрахунку геометричних параметрів державки різця та різальної пластини визначимо наступні геометричні параметри різального клину: головний кут в плані (φ°), кут при вершині (ε°), допоміжний кут в плані (φ'°), задній кут (α°), радіус при вершині (r , мм), та запишемо їх у таблицю 2.20, для кожної з різальних пластин визначених для кожної стадії механічної обробки згідно маршрутного технологічного процесу.

Таблиця 2.20 – Геометричні параметри змінних непереточуваних пластин (чорнова обробка)

Маркування пластини	Головний кут в плані (φ°)	Кут при вершині (ε°)	Допоміжний кут в плані (φ'°)	Задній кут (α°)	Радіус при вершині (r , мм)
CNMG 19 06 08-PR 4335	95	80	5	0	0,794
TCMT 16 T3 08-PR 4335	91	60	29	7	0,794

Ріжучий інструмент:

PI №1 – E25T-STFCR 16-R для 1, 2, 4, 5, 6 правий упорний різець для чорнової обробки зовнішніх поверхонь [17].

PI №2 – DCLNR 2525M 19 для 3 розточний різець для чорнової обробки внутрішніх поверхонь.

015 Контроль ВТК

Контролювати отримані поверхні на операції 010.

020 Токарна з ЧПК

Точити деталь витримуючи розміри згідно креслення (рисунок 2.9).

Таблиця 2.21 – Глибини різання на 020 операції

Номер поверхні	1	2	3	4	5	6	7
Чорнова	1	1	0,8	1	1	1	1 × 5
Н / Ч	-	-	0,2	-	-	-	-

Ріжучий інструмент: PI №1 – PSLNR2020-M12 4, 5, 6 правий упорний прохідний різець для напівчистої обробки, матеріал ріжучої частини – Т5К10.

PI №2 – S22M-STFPR11 3, 7 розточний різець для напівчистої обробки внутрішніх поверхонь, матеріал ріжучої частини – Т5К10.

PI №3 – S22M-STFPR11 3 розточний різець для чистої обробки внутрішніх поверхонь, матеріал ріжучої частини – Т15К6.

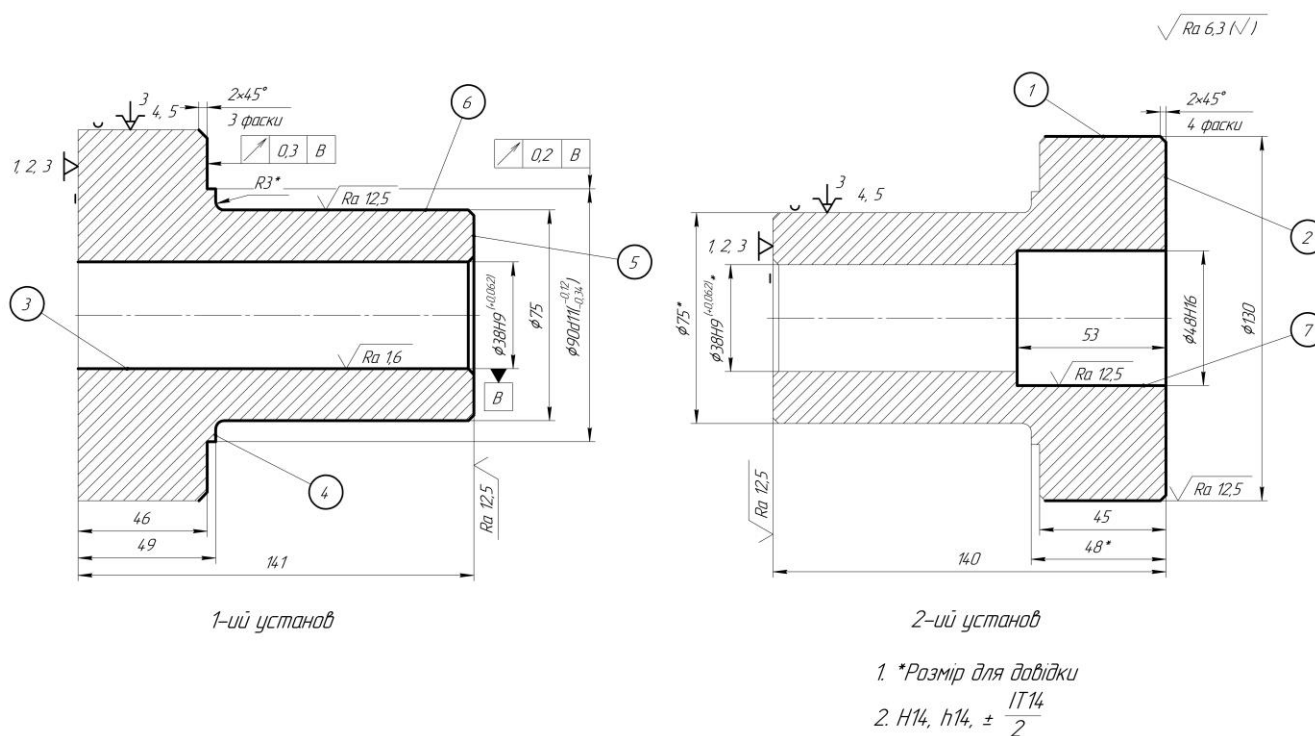


Рисунок 2.9 – Операційний ескіз операції 020

Розроблена керуюча програма для першого установа даної операції. Код програми можна подивитись у додатках.

Кожна керуюча програма (КП) починається словом «початок програми» (символ %), після якого ставиться ім'я програми і символ «кінець кадру». Ім'я програми не повинно перевищувати 90 символів. Далі йдуть кадри зі своїми номерами. Програма закінчується словом M2 (кінець програми) або M30 (кінець інформації), після якого ставиться рядок з символом «%».

СЧПК забезпечує:

- введення КП;
- автоматичну обробку деталі по КП;
- ручне керування верстату з пульта пристрою.

КП – це сукупність команд які виконують в певному порядку і визначають послідовність обробки. Кожна команда складається з одного або декілька слів. Слово складається з буквені адреси (G, F, X, Z, P, M, S, T), математичного знаку «-» або «+», значення буквені адреси, додаткових символів.

Допоміжні функції:

- M0 – програмована зупинка;
- M1 – зупинка з підтвердженням;
- M2 – кінець КП;
- M3 – обертання шпинделя за годинниковою стрілкою;
- M4 – обертання шпинделя проти годинникової стрілки;
- M5 – зупинка шпинделя;
- M6 – зміна інструменту;

- M8 – вимкнення охолодження (MOP);
- M9 – вимкнення охолодження (MOP);
- M30 – кінець інформації;
- M41, M42, M43 – діапазони частот обертання шпинделя;
- M99 – кінець програми;
- N1 – N32 – номери кадрів програми;
- M3 – обертання шпинделя за годинниковою стрілкою;
- S200 – частота обертання шпинделя за годинниковою стрілкою;
- T1 – номер ріжучого інструменту;
- G0 – прискорене переміщення ріжучого інструменту (PI);
- G1 – переміщення PI на робочій подач;
- F0,2 – подача PI 0,2 мм/об;
- X85 – координата точки (по осі X) в яку повинен прийти PI з початкової точки (в діаметральному вираженні);
- Z0 – координата точки (по осі Z) в яку повинен прийти PI з початкової точки.

Якщо координати X і Z вказані в одному кадрі – це означає, що різець переміщується з початкової точки по двох координатах X і Z (по діагоналі).

Опишемо задану траєкторію PI токарної з ЧПК операції 020:

На даній операції (рисунок 2.10) проводиться обробка деталі на двох установках. Для обробки деталі на даній операції використовується три ріжучі інструменти.

Опис траєкторії руху РІ № 1:

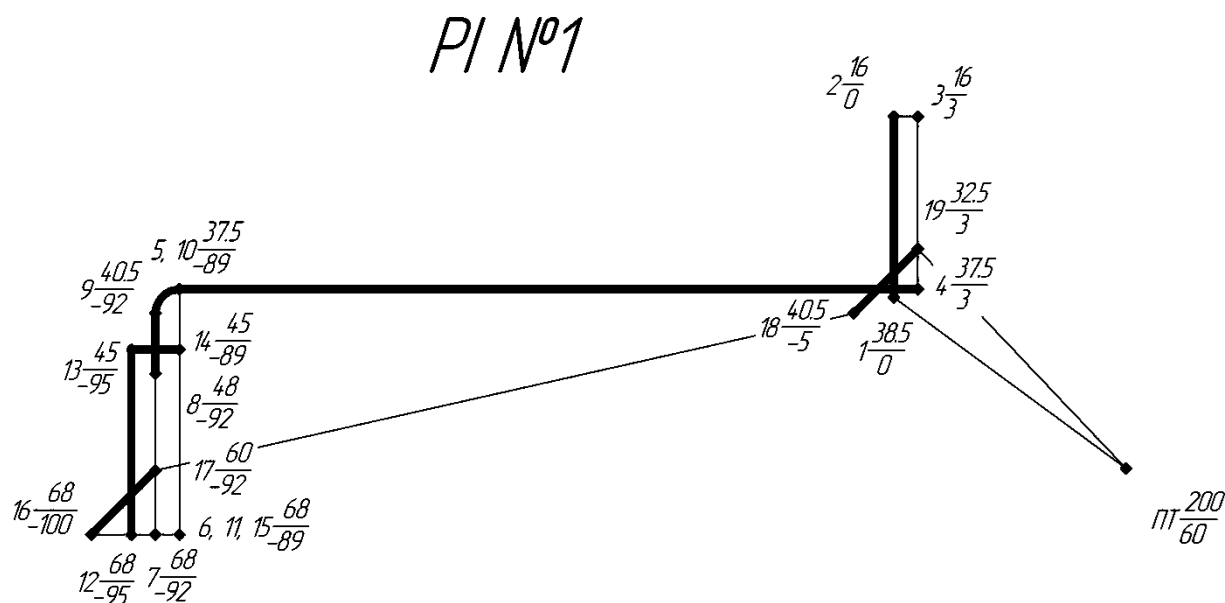


Рисунок 2.10 – Траєкторія руху РІ № 1 на операції 020 токарної з ЧПК

Нуль координат знаходиться на торці оброблюваної деталі. Початкову точку обираємо так, щоб при зміні РІ різець, що має найбільшу довжину і закріплений в різцетримачі, не зачепив оброблювану деталь, в одному випадку ПТ(0) має координати (200/60).

Ділянка 0-1 відображає прискорений рух різця до деталі (відстань вибрана так, щоб різець на прискореному підході не вривався в деталь). Прискорений підхід до оброблюваної поверхні – це підхід РІ на прискореній подачі, в даному випадку $S = 11,4$ м/хв.

1 – 2 РІ рухається на робочій подачі (РІ виходить на координату Z);

- 2 – 3 PІ на прискореній подачі відходить від деталі;
- 3 – 4 PІ на прискореній подачі підходить до деталі;
- 4 – 5 PІ на робочій подачі точить зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 75$;
- 5 – 6 PІ на прискореній подачі відходить від деталі;
- 6 – 7 PІ на прискореній подачі рухається по осі Z;
- 7 – 8 PІ на прискореній подачі підходить до деталі;
- 8 – 9 PІ на робочій подачі точить торець 1 4,5;
- 9 – 10 PІ на робочій подачі точить галтель R3;
- 10 – 11 PІ на прискореній подачі відходить від деталі;
- 11 – 12 PІ на прискореній подачі підходить до деталі;
- 12 – 13 PІ на робочій подачі точить торець 1 18;
- 13 – 14 PІ на робочій подачі точить зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 90$;
- 14 – 15 PІ на прискореній подачі відходить від деталі;
- 15 – 16 PІ на прискореній подачі підходить до деталі;
- 16 – 17 PІ на робочій подачі точить фаску $2 \times 45^\circ$;
- 17 – 18 PІ на прискореній подачі рухається вздовж деталі;
- 18 – 19 PІ на робочій подачі точить фаску $2 \times 45^\circ$;
- 19 – 0 PІ на прискореній подачі повертається у вихідну точку.

Опис траєкторії руху РІ № 2, 3 (рисунок 2.11):

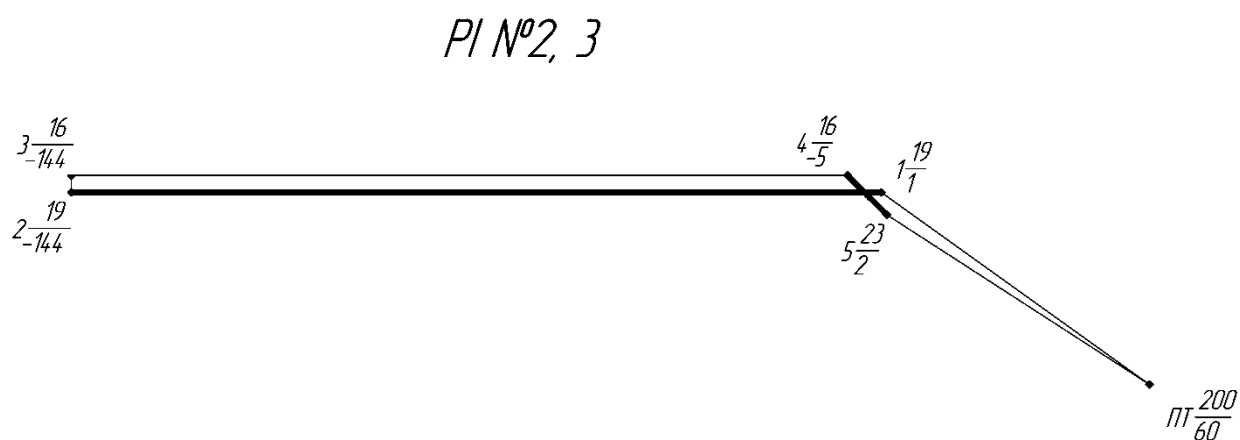


Рисунок 2.11 – Траєкторія руху РІ № 2, 3 токарної з ЧПК операції 020

0 – 1 РІ на прискореній подачі підходить до деталі;

1 – 2 РІ на робочій подачі розточує отвір $\varnothing 38$;

2 – 3 РІ на прискореній подачі відходить від деталі;

3 – 4 РІ на прискореній подачі підходить до деталі;

4 – 5 РІ на робочій подачі точить фаску $2 \times 45^\circ$.

025 Контроль ВТК

Контролювати розміри згідно креслення.

030 Горизонтальна – протяжна

Протягти шпонковий паз 10JS9($\pm 0,018$) витримуючи розміри згідно ескізу (рисунок 2.12).

Оброблюємо шпонковою протяжкою шпонковий паз $10 \times 3,3$ мм в циліндричному отворі довжиною 87 мм.

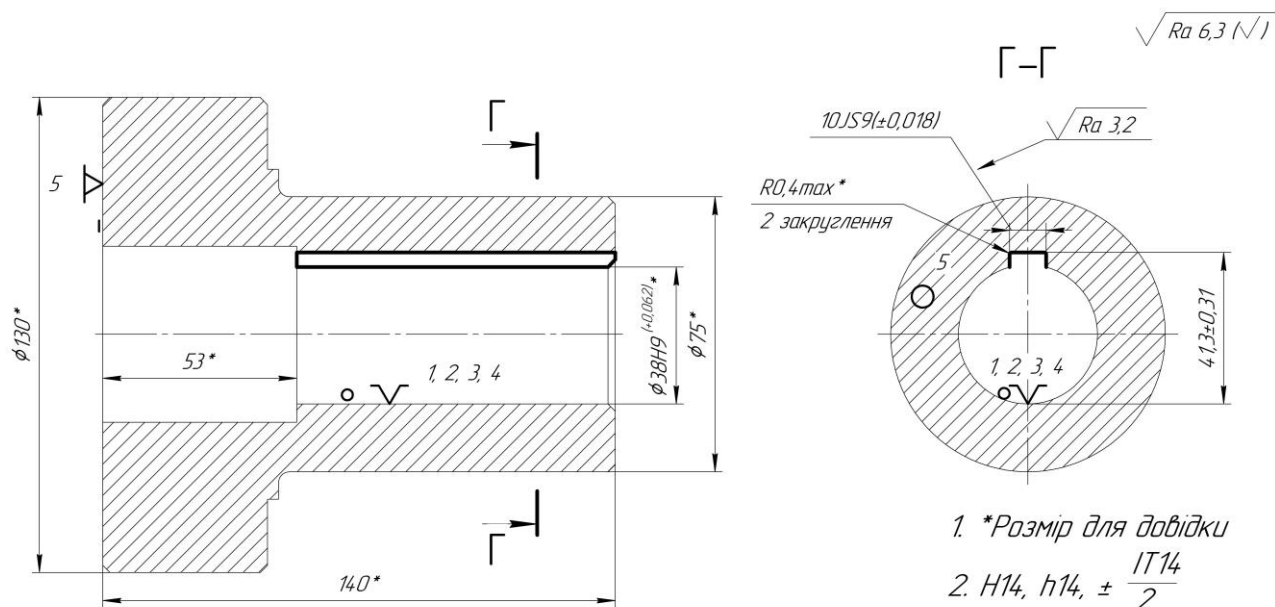


Рисунок 2.12 – Ескіз операції 030

Ріжучий інструмент: протяжка шпонкова для обробки пазу $10JS9(\pm 0,018)$ ГОСТ 18217-90.

Протяжками обробляють наскрізні отвори будь-якої форми, прямі або гвинтові канавки, зовнішні поверхні різноманітної форми, зубчасті колеса зовнішнього і внутрішнього зчеплення. Протяжка - багато зубцевий інструмент, кожний наступний зуб протяжки вище попереднього, рух різання прямолінійний і рідше – круговий. Протяжку кріплять в повзуні верстату і вона переміщується разом з ним. При роботі круглої протяжки це переміщення здійснюється вздовж осі отвору. Якщо сила прикладена до хвостовика, то корпус протяжки працює на розтяг. Якщо сила прикладається до задньої частини протяжки, то це вже прошивка, яка на відміну від протяжки працює на стиснення. Для запобігання повздовжнього згинання прошивка повинна бути коротше протяжки, її довжина зазвичай не перевищує 15-ти діаметрів.

Не дивлячись на порівняно низькі швидкості різання (2-15 м/хв.), які застосовуються при протягуванні, продуктивність протягування висока, так як велика сумарна довжина ріжучих кромek, працюючих одночасно. Продуктивність при протягуванні ще більше підвищується, якщо використовуються верстати з безперервним робочим рухом і автоматичним завантаженням заготовок. В результаті високої продуктивності і точності обробки (3-2-й клас) протяжки отримують все більше застосування в машинобудуванні, але протяжки дорогий інструмент, і їх застосування обґрунтовується в основному лише при крупносерійному і масовому виробництві.

Протяжки поділяють на внутрішні (призначені для обробки отворів) і зовнішні (для обробки не замкнених поверхонь). Протяжки можуть бути ріжучі та ущільнюючі, останні не ріжуть, а ущільнюють тонкі шари металу. Ущільнюючі протяжки – вигладжуючі, можуть збільшувати отвір на дуже малу величину. Для обробки отворів протягуванням заготовку зазвичай попередньо свердлять або зенкерують. Протягують також попередньо не оброблені отвори.

В більшості випадків протягнуті поверхні подальшої обробки не піддають, так як після протягування забезпечується 7-9-й квалітети, а параметри шорсткості поверхні досягають $Ra = 2,5 \dots 0,2$ мкм. Зовнішні протяжки поділяють по типу оброблюваних поверхонь на плоскі, круглі і фасонні. Протяжки доцільно виготовляти зі швидкорізальних сталей.

Короткий розрахунок основних параметрів ріжучого інструменту – протяжки.

Припуск на протягування – загальна товщина металу, яку необхідно видалити при протягуванні при проектуванні шпонкової протяжки загальний припуск визначається по формулі:

$$\sum \Delta h = t_{\max} - D + f_0 \quad (2.42)$$

де $\sum \Delta h$ – припуск при протягуванні;

t_{\max} – відстань від краю отвору до дна канавки 41,3 мм;

D – діаметр отвору 38 мм;

f_0 – відстань від поверхні зуба протяжки до краю отвору при початку різання.

$$f_0 = 0,5 * (D - \sqrt{D^2 - b^2}) \quad (2.43)$$

де b – ширина протягуємої канавки.

$$f_0 = 0,5 * (38 - \sqrt{38^2 - 10^2}) = 0,67 \text{ мм}$$

$$\sum \Delta h = 41,3 - 38 + 0,67 = 3,97 \text{ мм}$$

Приймаємо підйом на зуб $S_Z = 0,11$ мм.

Ширина зубчастої частини:

$$b_n = b_{\max} - \delta \quad (2.44)$$

де b_{\max} – найбільш допустима ширина шпонкового пазу на виробі;

δ – найбільше розбивання по ширині шпонкового пазу.

$$b_n = 10,018 - 0,011 = 10,007 \text{ мм}$$

Профіль, розміри зуба і струмкових канавок між зубами вибираємо в залежності від площі шару металу, який знімається одним ріжучим зубом протяжки. Необхідно, щоб площа перетину струмкової канавки між зубами відповідала умові. Коефіцієнт заповнення канавки вибираємо в залежності від оброблюваного матеріалу і підйому на зуб. Обираємо профіль ріжучих зубів протяжки (рисунок 2.13) приймаємо крок протяжки $t = 16,6$ мм, глибина канавки $h = 5,4$ мм, довжина задньої поверхні $b = 5$ мм, радіуси закруглення канавки $r = 3,5$ мм.

Геометричні елементи леза ріжучих і калібруючих зубців: $\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 3^\circ 30'$.

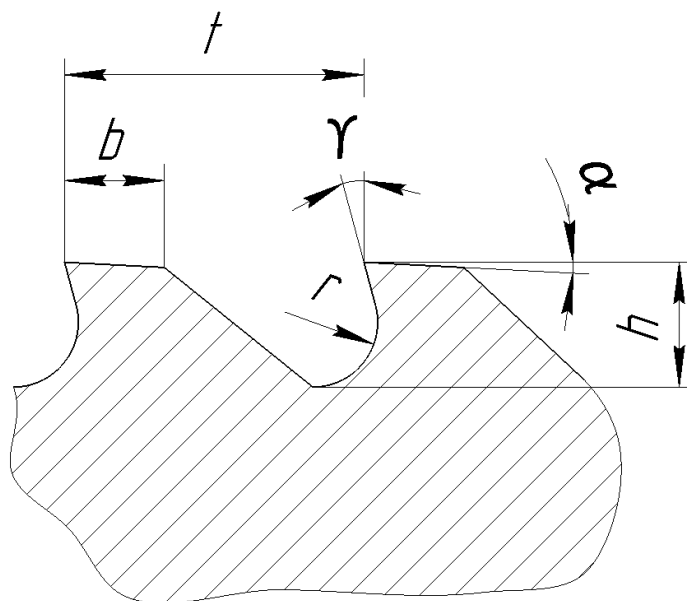


Рисунок 2.13 – Профіль ріжучого інструмента

Число ріжучих зубців підраховуємо по формулі 2.45:

$$Z_p = \frac{\sum \Delta h}{s_z} \quad (2.45)$$

$$Z_p = \frac{3,97}{0,11} = 36,9,$$

беремо $Z_p = 37$.

Число калібруючих зубців залежить від типу протяжки, в даному випадку приймаю $Z_k = 4$.

Довжини ріжучої та калібрувальної частин протяжки визначаються за формулою:

$$L = t \cdot z \quad (2.46)$$

де $t = 16,6$ мм – крок зубів однаковий для усіх частин;

z – кількість зубців відповідної частини.

Довжина ріжучої частини:

$$L = 16,6 \cdot 37 = 614,2 \text{ мм.}$$

Довжина калібруючої частини:

$$L = 10,8 \cdot 4 = 43,2 \text{ мм.}$$

Довжину протяжки від торця хвостовика до першого зуба приймають в залежності від розмірів патрона, товщини опорної плити, пристосування для закріплення заготовки, зазору між ними, довжини заготовки і інших елементів.

Вибираємо конструктивні розміри хвостової частини за ГОСТом 4043-70, приймаємо хвостовик типу 1. Основні розміри хвостовика наведені на рисунку 2.14.

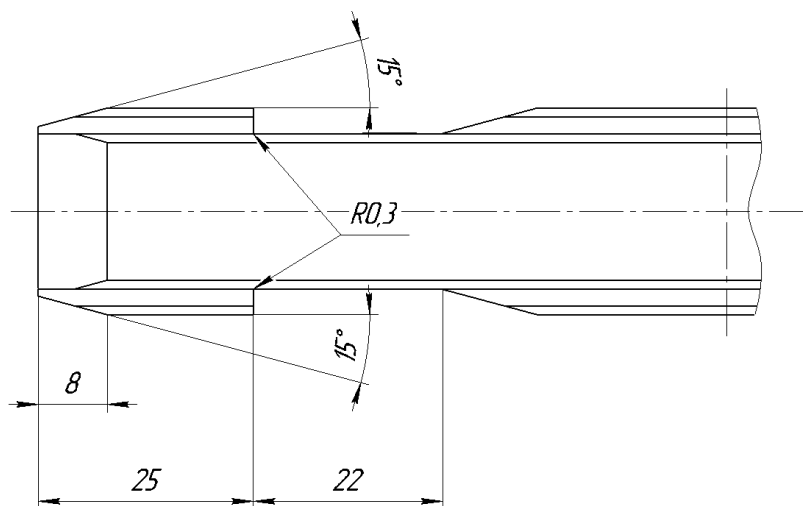


Рисунок 2.14 – Розміри хвостовика протяжки

045 Контроль ВТК

Перевірити відповідність розмірів пазів та отворів.

050 Фрезерна з ЧПК

Свердлувати та нарізати різьбу 6 отв. М6-7Н на глибину $L = 14$ мм згідно ескізу (рисунок 2.16).

Таблиця 2.22 – Режими різання

Маршрут обробки	Режими різання			
	$S_{от}$, мм/об	V_T , м/хв	N_T , кВт	P_T , Н
Центрування $\varnothing 3$	0,15	26,5	0,4	1156
Свердління $\varnothing 5$	0,11	28,2	0,27	918
Різе нарізання М6	1	8,7	0,13	6

Ріжучий інструмент: свердло центрувальне $\varnothing 3$ Р6М5 2317-0118 ГОСТ 14952-75, свердло комбіноване з зенківкою $\varnothing 5$ Р6М5, мітчик М6-7Н 2620-1515 Р6М5 ГОСТ 3266-81.

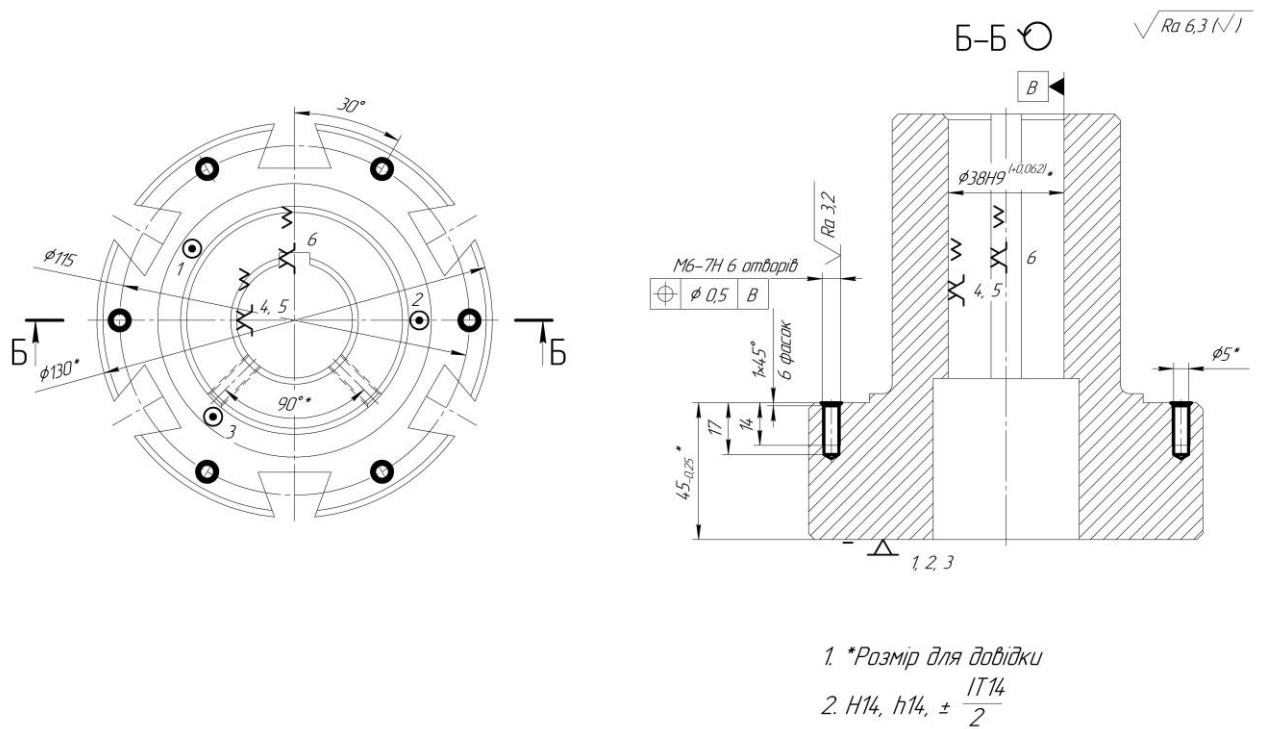


Рисунок 2.16 – Ескіз операції 050

055 Контроль ВТК

Провести загальний контроль виготовленої деталі згідно креслення.

Вибір вимірювального інструменту

Обираємо такі вимірювальні інструменти [18] для операцій. Вони задовольняють наші потреби у точності вимірювань.

Операція 010

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0,05-2 ГОСТ 166-89.

Операція 015

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89.

Операція 020

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, штангенциркуль ШЦ-II-500-0,05-2 ГОСТ 166-89, шаблон для контролю фасок спеціальний, калібр-пробка Ø38H9 ГОСТ 14817-69, профілометр TMR200.

Операція 025

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, калібр-пробка Ø38H9 ГОСТ 14817-69.

Операція 030

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, штангенглибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-90, калібр пазовий 10JS9(±0,018) СТП 992.79.06.

Операція 035

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, шаблон для контролю фасок спеціальний.

Операція 045

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, кутомір типу 1-5 ГОСТ 5378-88.

Операція 050

Вимірювальний інструмент: спеціальний верстатний пристрій, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-2 ГОСТ 166-89, калібр-пробка 8261-3053 7H ГОСТ 17757-72, шаблон для контролю фасок спеціальний.

Операція 055

Вимірювальний інструмент: вимірювальний інструмент використовувати згідно попередніх операцій.

Вибір вимірювального інструменту для отвору $\varnothing 38H9$.

Область застосування калібрів обмежується розмірами від 0,1 до 3150 мм. У діапазоні розмірів від 500 мм калібри передбачені для квалітетів від 6-го до 17-го, для розмірів понад 500 мм - для квалітетів від 12-го до 17-го. Зі збільшенням розмірів похибка контролю калібрами збільшується головним чином внаслідок появи пружних деформацій вимірювальних інструментів. У точних квалітетів допуски виготовлення і зносу калібрів значно скорочують допуски на виготовлення виробів, що істотно впливає на технологію виготовлення. Приймання продукції повинно проводитися калібрами, що мають більший знос, ніж калібри робітника.

В даний час норми зношення для передачі калібрів приймальнику повинні встановлюватися підприємством або галуззю в залежності від конкретних умов організації виробництва та вимог до якості виробів. Ці нормативи, у свою чергу, залежать від конструктивних і експлуатаційних характеристик калібрів.

Так, вважається, що найбільша стійкість калібрів досягається при порівняно м'якому загартуванні (46 – 64 HRC) і при тетрагональній мартенситовій структурі. Крім твердості матеріалу на зносостійкість впливають: матеріал перевіряемого виробу, зазор між калібром і виробом, шорсткість поверхонь калібру та виробу, характер фінішної обробки, наявність або відсутність зносостійкого покриття та його характер, використання калібрів оснащених твердим сплавом та ін. Правила використання калібрів для отворів:

— калібр-пробка гладкий прохідний повинен вільно проходити через отвір під дією власної ваги або зусилля, приблизно рівному йому, але не менше 1 Н. Робоча довжина прохідного калібру-пробки для отворів від 6-го до 9-го квалітетів повинна бути рівною або більшою довжини (глибини) контрольованого отвору;

— калібр-пробка гладкий непрохідний, як правило, не повинен входити в отвір під дією власної ваги або зусилля, приблизно рівному йому, але не менше 1 Н.

У крайньому випадку допускається «закушування» калібру-пробки гладкого непрохідного в контрольованому отворі без розкачки калібру на величину не більше половини довжини робочої частини калібру-пробки з одного боку або в сумі з двох сторін. Для отворів глибиною не менше довжини робочої частини глибина «закушування» не більше 1,5 мм, рахуючи від фаски. Для отворів у матеріалі товщиною менше 1,5 мм глибина «закушування» не описується, калібр-пробка повинна під дією власної ваги або зусилля, приблизно рівному йому, але не менше 1 Н, «зависнути» в контрольованому отворі. У суперечливих випадках для визначення входження калібру доцільно для створення зусилля використовувати індикатор годинникового типу з тарованою пружиною.

Технічні вимоги до калібрів гладких нерегульованих регламентуються ГОСТ 2015-69*. Цей стандарт встановлює також правила і зміст маркування.

На кожному калібрі повинні бути нанесені:

- контрольований номінальний розмір;
- позначення, які поля допуску перевіряються;
- числові значення контрольованих граничних відхилень, мм;
- позначення калібру (ПР, НЕ і т.д.);
- товарний знак підприємства-виробника.

2.7 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій

010 Токарно-гвинторізна

На цій операції здійснюється чорнове точіння поверхонь позначених на рисунку 2.17.

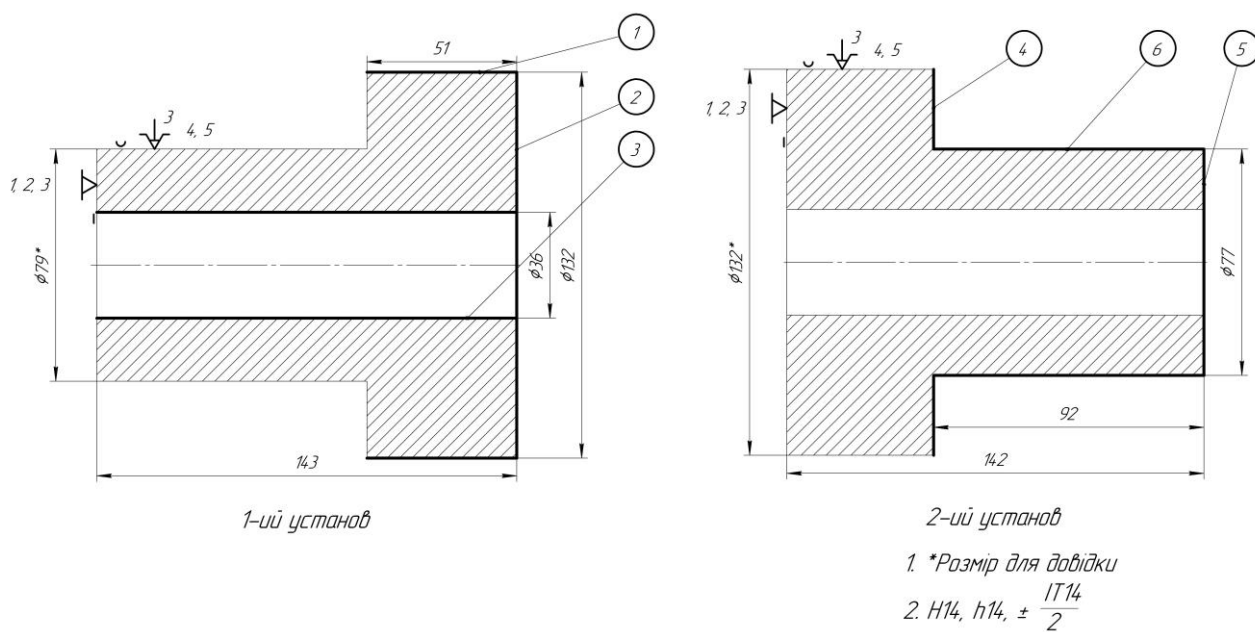


Рисунок 2.17 – Операційний ескіз 010 точіння

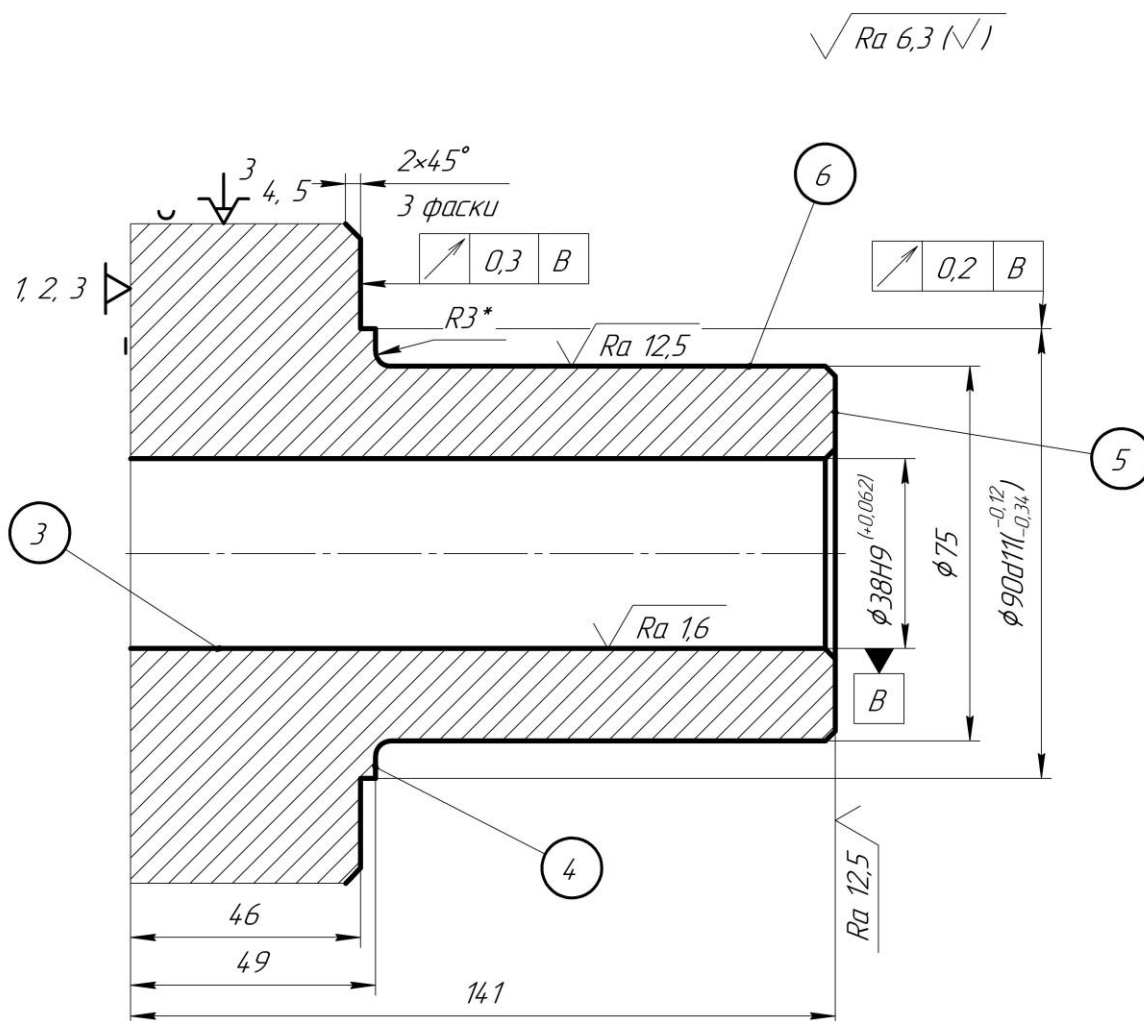
З огляду на інформацію, отриману у якості звіту з програми Sandvik Tool Guide запишемо значення технологічних факторів процесу точіння (таблиця 2.23). З огляду на дані наведені у вкладці Cutting data звіту Tool Guide (інформація про режими різання), проаналізуємо значення “cutting speed (v_c) / швидкості різання” “feed (f_n) / подачі”, “Depth of cut (a_p) / глибини різання”.

Таблиця 2.23 – Розрахункові значення режимів різання згідно програми Sandvik Tool Guide

Номер оброблюваної поверхні	Позначення згідно Sandvik	Cutting speed (V_C), m/min	Feed (F_N), mm/rev	Depth of cut (A_P), mm	Number of passes (NOPAP)
	Позначення згідно Марку- вання пластини ДСТУ	Швидкість різання (V), м/хв	Подача (S), мм/об	Глибина різання (t), мм	Кількість проходів
1, 2, 4, 5, 6	CNMG 19 06 08-PR 4335	180	0,35	1	1
3	TCMT 16 T3 08-PR 4335	204	0,25	1	1

020 Токарна з ЧПК

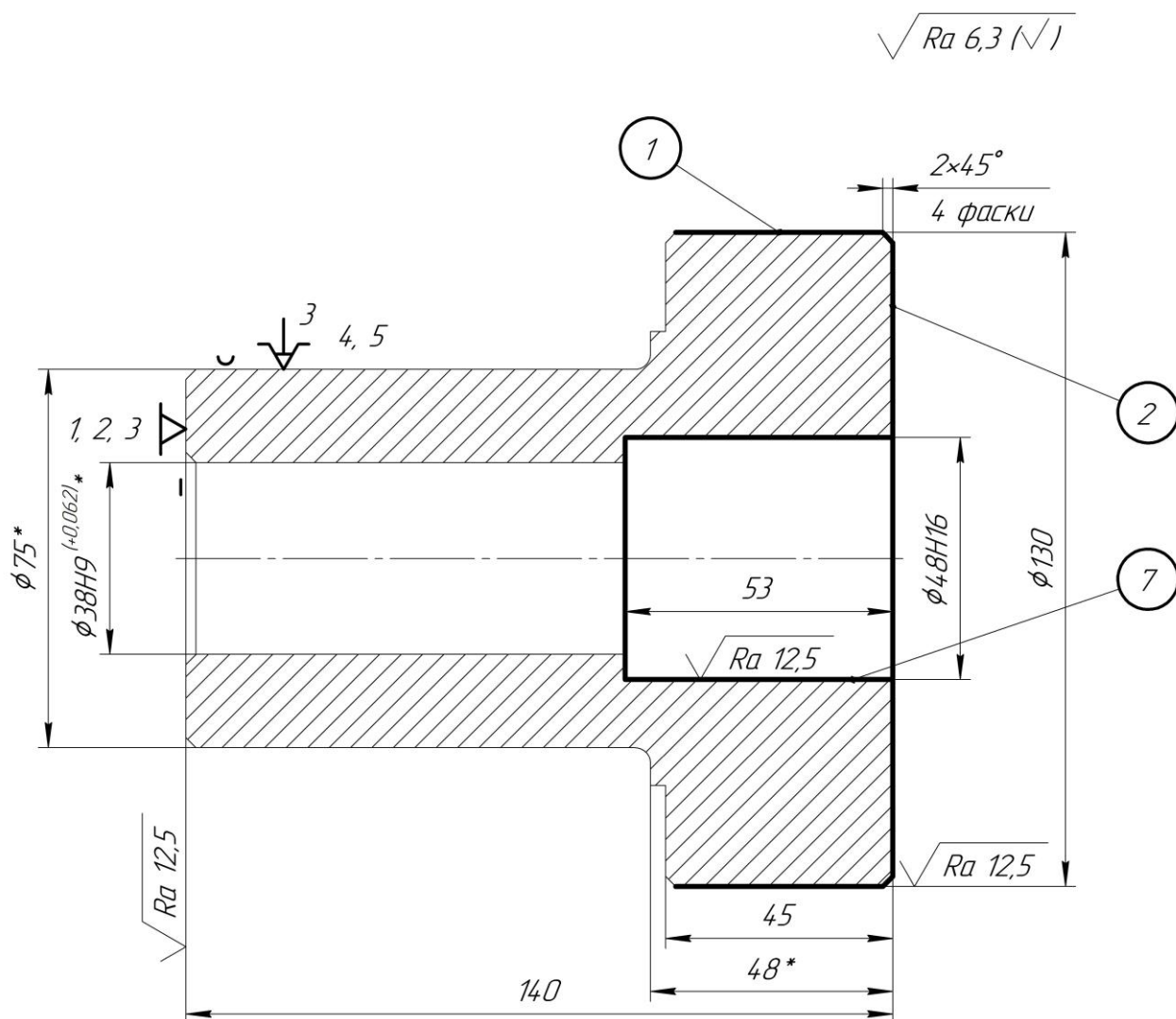
На токарно-гвинторізному верстаті HAAS TL1 проводиться точіння поверхонь зазначених на рисунку 2.18:



1. *Размір для довідки

2. $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$

1-ий установ



1. *Размір для довідки

2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

2-ий установ

Рисунок 2.18 – Ескіз обробки на операцію 020

Таблиця 2.24 – Стадії обробки та глибина різання по стадіям

Номер поверхні	1	2	3	4	5	6	7
Чорнова	1	1	0,8	1	1	1	$2,5 \times 2$
Н / Ч	-	-	0,2	-	-	-	-

Вибір подач S_o мм/об:

Вибираємо подачу для чорнового точіння S_o (мм/об) поверхонь 1, 2, 4, 5, 6 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №1, при обробці поверхонь 1, 2 на чорновій стадії обробки таблична подача, яка обирається в залежності від оброблюваного діаметру - до 400 мм, рівна $S_{OM} = 0,8$ мм/об; [19] при обробці поверхонь 4, 5, 6 діаметром до 100 мм $S_{OT} = 0,6$ мм/об.

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

- перетину державки різця $K_{S\delta} = 1,0$;
- властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM} = 1,0$;
- стану поверхні заготовки $K_{SP} = 1,0$;
- геометричних параметрів різця $K_{S\phi} = 1,0$;
- жорсткості верстата $K_{Sj} = 1,0$;
- міцність ріжучої частини $K_{Sh} = 0,75$;
- схеми заготовки установки $K_{Sy} = 1,2$;
- інструментального матеріалу $K_{Si} = 1,15$;
- методу кріплення пластини $K_{SP} = 1,0$.

Прийнята подача буде рівна:

$$S_o = S_{от} \cdot K \quad (2.47)$$

де K – це добуток усіх поправочних коефіцієнтів подач даної стадії обробки:

$$K = K_{S\partial} \cdot K_{SM} \cdot K_{СП} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sj} \cdot K_{Sh} \cdot K_{Sy} \cdot K_{Si} \cdot K_{SP} \quad (2.48)$$

При цьому $K = 1,035$ [19] тоді подача для чорнової стадії обробки по формулі (2.47) буде дорівнювати:

- для поверхні 1, 2: $S_o = 0,8 \cdot 1,035 = 0,828$ мм / об;
- для поверхні 4, 5, 6: $S_o = 0,6 \cdot 1,035 = 0,621$ мм / об.

Вибираємо подачу для чорнового розточування S_o (мм/об) поверхонь 3, 7 з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

Для різця №2 таблична подача дорівнює $S_{от} = 0,5$ мм / об. Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

- властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM} = 1,0$;
- стану поверхні заготовки $K_{Sn} = 1,0$;
- вильоту різця $K_{SL} = 1,0$;
- геометричних параметрів різця $K_{S\varphi} = 1,0$;
- діаметру деталі $K_{SD} = 0,8$;
- способу кріплення пластини $K_{SP} = 1,05$;
- інструментального матеріалу $K_{Si} = 1,15$.

По формулі (2.48) $K = 0,96$, тоді подача для чорнового розточування по формулі (2.47) буде дорівнювати: $S_o = 0,5 \cdot 0,96 = 0,48$ мм / об.

Вибираємо подачу для напівчистового розточування S_o (мм / об) поверхонь 3 з урахуванням поправочних коефіцієнтів. Для різця №3 таблична подача дорівнює $S_{от} = 0,40$ мм / об.

Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від:

- властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM} = 1,0$;
- стану поверхні заготовки $K_{Sn} = 1,0$;
- вильоту різця $K_{SL} = 1,0$;
- геометричних параметрів різця $K_{S\phi} = 1,0$;
- діаметру деталі $K_{SD} = 0,8$;
- способу кріплення пластини $K_{SP} = 1,05$;
- інструментального матеріалу $K_{SI} = 1,15$.

По формулі (2.48) $K = 0,96$, тоді подача для напівчистового розточування по формулі (2.47) буде дорівнювати $S_O = 0,40 \cdot 0,96 = 0,38$ мм / об.

Вибір швидкості різання V_P м/хв.

Вибираємо швидкість різання V_P (м / хв) для чорнового точіння з урахуванням поправочних коефіцієнтів. Для різця №1 при обробці поверхонь 1, 2 таблична швидкість різання дорівнює $V_T = 110$ м / хв, для поверхонь 4, 5, 6 $V_T = 140$ м/хв. Поправочні коефіцієнти на швидкість різання в залежності від:

- групи оброблюваного матеріалу $K_{VC} = 1,0$;
- виду обробки $K_{VO} = 1,0$;
- жорсткості верстату $K_{Vj} = 1,0$;
- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{VM} = 1,0$;
- геометричних параметрів різця $K_{V\phi} = 1,0$;
- періоду стійкості ріжучої частини різця $K_{Vm} = 1,0$;
- наявності охолодження $K_{VЖ} = 1,0$;
- інструментального матеріалу $K_{Vi} = 0,85$.

Розрахункова швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_P = V_T \cdot K \quad (2.49)$$

де K – добуток всіх поправочних коефіцієнтів швидкості різання даної стадії обробки, тобто:

$$K = K_{VC} \cdot K_{VO} \cdot K_{Vj} \cdot K_{VM} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{Vi} \quad (2.50)$$

При цьому $K = 0,85$ тоді розрахункова швидкість різання по формулі (2.49) буде дорівнювати:

- для поверхонь 1, 2 $V_P = 110 \cdot 0,85 = 93,5$ м / хв;
- для поверхонь 4, 5, 6 $V_P = 140 \cdot 0,85 = 119$ м / хв.

Вибираємо швидкість різання V_P (м / хв) для чорнового розточування з урахуванням поправочних коефіцієнтів. Для різця №2 при обробці поверхонь 3, 7 таблична швидкість різання дорівнює $V_T = 153$ м / хв. Поправочні коефіцієнти на швидкість різання в залежності від:

- групи оброблюваного матеріалу $K_{VC} = 1,0$;
- виду обробки $K_{VO} = 1,0$;
- жорсткості верстату $K_{Vj} = 1,0$;
- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{VM} = 1,0$;
- геометричних параметрів різця $K_{V\phi} = 1,0$;
- періоду стійкості ріжучої частини різця $K_{Vm} = 1,0$;
- наявності охолодження $K_{VЖ} = 1,0$;
- інструментального матеріалу $K_{Vi} = 0,85$.

По формулі (2.50) $K = 0,85$ тоді швидкість різання для чорнового розточування по формулі (2.49) буде дорівнювати: $V_P = 153 \cdot 0,85 = 130,05$ м / хв.

Вибираємо швидкість різання V_P (м / хв) для напівчистового розточування з урахуванням поправочних коефіцієнтів. Для різця №3 при обробці поверхонь 3 таблична швидкість різання дорівнює: $V_T = 185$ м /хв. Поправочні коефіцієнти на швидкість різання в залежності від:

- групи оброблюваного матеріалу $K_{VC} = 1,0$;
- виду обробки $K_{VO} = 1,0$;
- жорсткості верстату $K_{Vj} = 1,0$;
- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{VM} = 1,0$;
- геометричних параметрів різця $K_{V\phi} = 1,0$;
- періоду стійкості ріжучої частини різця $K_{Vm} = 1,0$;
- наявності охолодження $K_{VЖ} = 1,0$;
- інструментального матеріалу $K_{Vi} = 0,85$.

По формулі (2.50) $K = 0,85$ тоді швидкість різання для напівчистового розточування по формулі (2.49) буде дорівнювати: $V_P = 185 \cdot 0,85 = 157,25$ м / хв.

Визначаємо розрахункові частоти обертання шпинделя n_P на всі стадії обробки для кожної поверхні по формулі:

$$n_P = \frac{1000 \cdot V_P}{\pi \cdot D} \text{ об / хв,} \quad (2.51)$$

- чорнове точіння поверхні 1, 2:

$$n_P = \frac{1000 \cdot 93,5}{3,14 \cdot 130} = 229,05 \text{ об / хв,}$$

- чорнове точіння поверхні 4, 5, 6:

$$n_P = \frac{1000 \cdot 119}{3,14 \cdot 90} = 421,08 \text{ об / хв,}$$

- чорнове розточування поверхні 3, 7:

$$n_P = \frac{1000 \cdot 130,05}{3,14 \cdot 38,7} = 1070,21 \text{ об / хв},$$

- напівчистове розточування поверхні 3:

$$n_P = \frac{1000 \cdot 157,25}{3,14 \cdot 38,2} = 1310,98 \text{ об / хв}.$$

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегуємо по паспорту верстату і приймаємо фактичні частоти обертання шпинделя n_Φ . Так як верстат HAAS TL1 має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми:

- чорнове точіння поверхні 1, 2: $n_\Phi = 230$ об/хв;
- чорнове точіння поверхні 4, 5, 6: $n_\Phi = 422$ об/хв;
- чорнове розточування поверхні 3, 7: $n_\Phi = 1070$ об/хв;
- напівчистове розточування поверхні 3: $n_\Phi = 1311$ об/хв.

Визначаємо фактичні швидкості різання V_Φ по формулі:

$$V_\Phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\Phi}{1000} \text{ м / хв}, \quad (2.52)$$

- чорнове точіння поверхні 1, 2:

$$V_\Phi = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 230}{1000} = 93,88 \text{ м / хв},$$

- чорнове точіння поверхні 4, 5, 6:

$$V_{\Phi} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 422}{1000} = 119,25 \text{ м / хв},$$

- чорнове розточування поверхні 3, 7:

$$V_{\Phi} = \frac{3,14 \cdot 38,2 \cdot 1070}{1000} = 128,34 \text{ м / хв},$$

- напівчистове розточування поверхні 3:

$$V_{\Phi} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 1311}{1000} = 156,43 \text{ м / хв}.$$

Перевіряємо вибрані режими різання по потужності приводу головного руху для чорнових і напівчистої стадії обробки, для цього повинна виконуватися умова:

$$N_{\Phi_{\max}} \leq N_B \quad (2.53)$$

де $N_{\Phi_{\max}}$ – максимальна фактична потужність різання на стадіях,

N_B - максимальна потужність різання верстату.

Табличні значення потужності різання:

- чорнове точіння поверхні 1, 2: $N_T = 12,0$ кВт; 4
- чорнове точіння поверхні 4, 5, 6: $N_T = 11,0$ кВт;
- чорнове розточування поверхні 3, 7: $N_T = 10,0$ кВт;
- напівчистове розточування поверхні 3: $N_T = 8,2$ кВт.

Корегуємо табличні значення потужності різання за допомогою поправочного коефіцієнту в залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{NM} = 0,6$ (однаковий для всіх стадій обробки). Виходячи з цього бачимо, що розрахункова потужність відповідних стадій дорівнюватиме:

$$N_{\Phi} = N_T \cdot K_{NM} \cdot \frac{V_{\Phi}}{V_T} \quad (2.54)$$

З розрахунку фактичних потужностей різання, максимальною є потужність різання при чорновому точінні поверхонь 1, 2: $N_{\Phi} = 12,0 \cdot 0,6 \cdot 93,88 / 110 = 6,14$ кВт. Перевіряємо умову (2.53), $N_B = 7,5$ кВт: $6,14 \leq 7,5$ – умова виконується, отже обробка можлива при вибраних режимах різання.

Визначаємо хвилинну подачу S_X (мм / хв) по стадіям користуючись формулою та заносимо значення у таблицю 2.25:

$$S_X = S_O \cdot n_{\Phi} \text{ мм / об,} \quad (2.55)$$

де S_O – подача на оберт, мм/об;

n_{Φ} – фактична частота обертання шпинделя, об/хв.

– чорнове точіння поверхні 1, 2:

$$S_X = 0,828 \cdot 230 = 190,44 \text{ мм / хв,}$$

– чорнове точіння поверхні 4, 5, 6:

$$S_X = 0,621 \cdot 422 = 262,06 \text{ мм / хв,}$$

– чорнове розточування поверхні 3, 7:

$$S_x = 0,48 \cdot 1070 = 513,6 \text{ мм / хв,}$$

– напівчистове розточування поверхні 3:

$$S_x = 0,38 \cdot 1311 = 498,18 \text{ мм / хв.}$$

Таблиця 2.25 – Режими різання для операції 020

Режими різання	Стадія обробки							
	Точіння					Розточування		
	Чорнове					Чорнове	Н/Ч	
	Номери поверхонь							
	1	2	4	5	6	3	7	3
Глибина різання, t	1	1	1	1	1	0,8	2,5	0,2
Таблична подача $S_{от}$, мм/об	0,8		0,6			0,5		0,40
Прийнята подача S_o , мм/об	0,828		0,621			0,48		0,38
Таблична швидкість різання V_T , м/хв	110		140			153		185
Розрахункова швидкість різання V_p , м/хв	93,5		119			130,05		157,25
Розрахункові оберти шпинделя n_p , об/хв	229,05		421,08			1070,21		1310,98
Фактичні оберти шпинделя n_f , об/хв	230		422			1070		1311
Фактична швидкість різання V_f , м/хв	93,88		119,25			128,34		156,43
Таблична потужність різання N_T , кВт	12		11			10		8,2
Фактична потужність різання N_f , кВт	6,14		5,62			5,03		4,16
Хвилинна подача S_x , мм/хв	190,44		262,06			513,6		498,18

Технічне нормування праці – це сукупність методів та прийомів по виявленню резервів робочого часу та встановленню необхідної мірки праці.

Визначаємо норми штучного часу $T_{шт}$:

$T_{шт}$ – норма штучного часу: це час на виконання об'єму праці, що дорівнює одиниці нормування.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{в} \cdot K_{тв}) \cdot \left(\frac{1 + (a_{тех} + a_{орг} + a_{отл})}{100} \right) \quad (2.56)$$

де $T_{ца}$ – це час циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі;

$T_{в}$ – допоміжний час.

Так як після обробки деталь не контролюється на цій операції, а знімається після обробки, то в допоміжний час буде входити пише час на встановлення, перевстановлення та на закріплення заготовки.

$$T_{ца} = T_o + T_{мв} \quad (2.57)$$

де T_o – норма часу.

$$T_o = n \cdot \left(\frac{L_{рх}}{S_{мрх}} \right) \quad (2.58)$$

де n – кількість проходів;;

$L_{рх}$ – довжина робочого ходу інструменту;

$S_{мрх}$ – хвилинна подача робочого ходу інструменту;

$T_{мв}$ – норма машинно-допоміжного часу.

$$T_{мв} = T_{мви} + T_{мвхх} \quad (2.59)$$

де $T_{\text{мви}}$ – норма машинно-допоміжного часу, пов'язана з автоматичною зміною інструменту (визначається за паспортом верстату).

Час фіксації і розфіксації револьверної головки $T_{\text{уф}} = 2$ с.

Час повороту револьверної головки на одну позицію $T_{\text{ун}} = 2$ с.

Тобто для різця №1 $T_{\text{мви}}$ буде дорівнювати:

$$T_{\text{мви}} = \frac{2 \cdot 2 + 2}{60} = 0,1 \text{ хв.}$$

де $T_{\text{мвхх}}$ – норма машинно-допоміжного часу, пов'язана з холостим ходом інструменту.

$$T_{\text{мвхх}} = \frac{L_{\text{хх}}}{S_{\text{мхх}}} \quad (2.60)$$

де $L_{\text{хх}}$ – довжина робочого ходу;

$S_{\text{мхх}}$ – хвилинна подача холостого ходу.

Для визначення часу циклу автоматичної роботи верстату по заданій програмі враховуючи траєкторії руху різців операції 020. Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії, а також час зміни РІ заносу в таблицю 2.26.

Таблиця 2.26 – Час автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії

Ділянка траєкторії	ΔX , мм	ΔZ , мм	L_i , мм	S_x , мм/хв	T_o , хв	$T_{мд}$, хв
PI №1						
0-1	123	60	136,854	11400	-	0,012
1-2	22,5	0	22,5	346,04	0,065	-
2-3	0	3	3	11400	-	0,0002
3-4	21,5	0	21,5	11400	-	0,0018
4-5	0	92	92	346,04	0,266	-
5-6	30,403	0	30,403	11400	-	0,0026
6-7	0	3	3	11400	-	0,0002
7-8	19,903	0	19,903	11400	-	0,0017
8-9	7,5	0	7,5	346,04	0,0217	-
9-10	3	3	4,712	346,04	0,0136	-
10-11	30,403	0	30,403	11400	-	0,0026
11-12	0	6	6	11400	-	0,0005
12-13	22,903	0	22,903	346,04	0,0662	-
13-14	0	6	6	346,04	0,0173	-
14-15	22,903	0	22,903	11400	-	0,002
15-16	0	10,774	10,774	11400	-	0,0009
16-17	8,135	7,774	11,252	346,04	0,0325	-
17-18	20,146	87,878	90,158	11400	-	0,0079
18-19	6,242	6,242	8,828	346,04	0,0255	-
19-0	133,244	57,879	145,272	11400	-	0,0127
PI №2					-	0,1
0-1	162	59	172,409	11400	-	0,0151
1-2	0	145	145	663,4	0,2186	-

Продовження таблиці 2.26

Ділянка траєкторії	ΔX , мм	ΔZ , мм	L_i , мм	S_x , мм/хв	T_o , хв	$T_{мд}$, хв
2-3	2,154	0	2,154	11400	-	0,0002
3-4	139,912	0	139,912	11400	-	0,0123
4-5	6,375	6,174	8,875	663,4	0,0134	-
5-0	57,914	153,558	164,116	11400	-	0,0144
PI №3					-	0,1
0-1	162	59	172,409	11400	-	0,0151
1-2	0	145	145	563,73	0,2572	-
2-3	2,154	0	2,154	11400	-	0,0002
3-4	139,912	0	139,912	11400	-	0,0123
4-5	6,375	6,174	8,875	563,73	0,0157	-
5-0	57,914	153,558	164,116	11400	-	0,0144
					Σ 1,0127	Σ 0,3291

Після розрахунків часу автоматичної роботи на кожній ділянці траєкторії окремо бачимо, що формула (2.57) набуває іншого вигляду:

$$T_{ца} = \Sigma T_o + \Sigma T_{мд}, \quad (2.61)$$

де $\Sigma T_o = 1,0127$ хв;
 $\Sigma T_{мд} = 0,3291$ хв.

По формулі (2.61):

$$T_{ца} = 1,0127 + 0,3291 = 1,3418 \text{ хв.}$$

T_d – норма допоміжного часу: це час на дії, які мають можливість створювати умови для виконання основної роботи.

$$T_d = T_{\text{дуст}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{дизм}}, \quad (2.62)$$

де $T_{\text{дуст}}$ – норма допоміжного часу на установку та зняття заготовки;

$T_{\text{доп}}$ – норма допоміжного часу, пов'язана з виконанням технологічної операції;

$T_{\text{двим}}$ – норма допоміжного часу на виконання контрольних вимірювань. $T_{\text{двим}} = 1,98$ хв.

$$T_{\text{дуст}} = 0,37 + 0,37 = 0,74 \text{ хв},$$

$$T_{\text{доп}} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв},$$

$$T_b = 0,74 + 0,5 + 1,98 = 3,22 \text{ хв},$$

$$T_{\text{оп}} = 1,342 + 3,72 = 5,062 \text{ хв}.$$

$a_{\text{ТЕХ}} + a_{\text{ОРГ}} + a_{\text{ОТЛ}}$ – норма часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок та особисті потреби – 7 %.

$$a_{\text{ТЕХ}} + a_{\text{ОРГ}} + a_{\text{ОТЛ}} = 0,07 \cdot 3,22 = 0,22 \text{ хв},$$

де $K_{\text{тв}} = 0,66$ – коефіцієнт на виконання ручної допоміжної роботи залежно від об'єму партії. Визначаю норми штучного часу за формулою:

$$T_{\text{шт}} = (1,342 + 3,22 \cdot 0,66) \cdot \left(\frac{1+0,22}{100} \right) = 3,4 \text{ хв}.$$

Визначаю норму штучно-калькуляційного часу $T_{\text{шк}}$ за формулою:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.63)$$

$$n = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{пз}}}{T_{\text{оп}}}. \quad (2.64)$$

$T_{\text{пз}}$ – це час на підготовку робітників та засобів виробництва до виконання технологічної операції та приведення їх у первинний стан після її закінчення (одержання матеріалу, інструменту, ознайомлення з кресленням, інструктаж з техніки безпеки, наладка обладнання, установка та зняття інструменту, пристосування, здача готової продукції). Визначаю норми штучного часу за формулою:

$$T_{\text{пз}} = 8 + 2 + 2 + 6,4 + 4,5 + 1 + 2 + 0,1 + 2,5 = 28,5 \text{ хв.}$$

$$n = \frac{8 \cdot 60 - 30,2}{5,062} = 88,858 \text{ шт.}$$

$$T_{\text{шк}} = \frac{4,18 + 28,5}{88,858} = 4,5 \text{ хв.}$$

Обираємо режими різання для поверхонь, які підлягають свердлильній обробці. Обираємо табличні подачі $S_{\text{от}}$, швидкість $V_{\text{т}}$, потужність $N_{\text{т}}$ і осьові сили різання $P_{\text{т}}$. Значення обраних режимів заносу до таблиці 2.27.

Таблиця 2.27 – Табличне значення режимів різання

Маршрут обробки	Режими різання			
	S_{OT} , мм/об	V_T , м/хв	N_T , кВт	P_T , Н
М6-7Н				
Центрування $\varnothing 3$	0,15	26,5	0,4	1156
Свердлування $\varnothing 5$	0,11	28,2	0,27	918
Різе нарізання М6	1	5	0,13	6

Коректуємо обрані режими різання. Подачу коректуємо по формулі.

$$S_O = S_{OT} \cdot K_{SM}, \quad (2.65)$$

де K_{SM} – поправочний коефіцієнт на подачу в залежності від механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{SM} = 1,1$.

Скоректована подача рівна: при centruванні $S_O = 0,15 \cdot 1,1 = 0,165$ мм / об. Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблиці 6.31. Швидкість коректуємо по формулі.

$$V = K_T \cdot K_{VM} \cdot K_{V3} \cdot K_{VЖ} \cdot K_{VT} \cdot K_{VW} \cdot K_{VL} \cdot K_{Vi}. \quad (2.66)$$

Поправочні коефіцієнти на швидкість в залежності від:

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{VM} = 1,2$;
- форми заточки інструменту $K_{V3} = 1,0$;
- застосування охолоджуючої рідини $K_{VЖ} = 1,0$;
- стану поверхні заготовки $K_{VW} = 1,0$;
- відношення фактичного періоду стійкості T_Φ до нормативного T_H - $K_{VT} = 1,0$;
- довжини робочої частини свердла $K_{VL} = 1,0$;

- інструментального матеріалу $K_{Vi} = 1,0$;
- від послідовності переходу: для свердління $K_{Vj} = 0,9$.

Скоректована швидкість рівна:

При центруванні:

$$V = 26,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 28,62 \text{ м / хв.}$$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблицю 6.32.

Осьову силу корегуємо по формулі:

$$P = \frac{P_T}{K_{PM}}, \quad (2.67)$$

Поправочні коефіцієнти на осьову силу в залежності від:

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{PM} = 1,3$;
- послідовність переходу $K_{Pi} = 2,0$.

Скоректована осьова сила при центруванні дорівнює:

$$P = \frac{1156}{1,3} = 889,2 \text{ Н.}$$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблиці 2.28.

Напругу коректуємо за формулою:

$$N = \frac{N_M}{K_{NM}}. \quad (2.68)$$

Поправочні коефіцієнти на осьову силу в залежності від:

- механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{PM} = 1,3$;
- послідовність переходу $K_{Ni} = 1,6$.

Скоректована потужність при центруванні дорівнює:

$$N = \frac{0,4}{1,3} = 0,3 \text{ кВт.}$$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблиці 6.32.

Знаходимо величини частот обертання шпинделя n_T для розрахункових значень швидкості різання для кожного переходу за формулою (2.66).

При центруванні:

$$n_T = \frac{1000 \cdot 28,62}{3,14 \cdot 3} = 3036,676 \text{ об / хв.}$$

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблиці 2.28.

Таблиця 2.28 – Розрахункові значення режимів різання

Маршрут обробки	Режими різання				
	S_{OP} , мм/об	V_P , м/хв	N_P , кВт	P_P , Н	n_T , об/хв
М6-7Н					
Центрування $\varnothing 3$	0,165	28,62	0,3	889,2	3036,676
Свердлування $\varnothing 5$	0,121	31,02	0,2	706,15	1974,8
Різе нарізання М6	1	5,5	0,1	4,61	291,78

Розрахункові частоти обертання шпинделя корегуємо по паспорту верстату і приймаю фактичні частоти обертання шпинделя n_{ϕ} . Так як верстат HAAS Mini Mill має безступінчасту коробку частот обертання шпинделя, тому розрахункові частоти обертання шпинделя просто округлюємо до цілих значень з найменшою похибкою для зручності складання керуючої програми. Розрахунок хвилинної подачі виконується по формулі (6.32):

- при центруванні $\varnothing 3$ $S_X = 0,165 \cdot 3036,676 = 501,05$ мм / хв;
- при свердлуванні $\varnothing 5$ $S_X = 0,121 \cdot 1974,8 = 238,95$ мм / хв;
- при різьбонарізуванні $S_X = 1 \cdot 291,78 = 291,78$ мм / хв.

Розрахунок фактичної швидкості різання виконується за формулою (2.52):
при центруванні $V_{\phi} = 3,14 \cdot 3 \cdot 3036 / 1000 = 28,61$ м / хв.

Для інших переходів розрахунки виконуються аналогічно. Розрахунки зведено в таблиці 2.29.

Перевіряємо обрані режими по потужності привода головного руху при допустимій силі подачі. Для цього необхідно визначити по паспортним даним верстату:

- $N_d = 5,6$ - потужність двигуна, кВт;
- $\eta = 0,81$ - коефіцієнт корисної дії;
- $P = 8896$ - допустима сила подачі, Н.

При цьому повинна виконуватися умова:

$$N \leq N_d \cdot \eta \quad (2.69)$$

Найбільше значення N – при центруванні отвору, при цьому $N = 0,3$ кВт, тоді виходячи з умови (2.69):

$$0,3 \leq 5,6 \cdot 0,81,$$

отже,

$$0,3 \leq 4,536.$$

Найбільша сила – при центруванні 889 Н, при цьому вона не перевищує допустиму, що дозволяє обробку при заданих режимах.

Таблиця 2.29 – Фактичні режими різання

Маршрут обробки	Режими різання		
	S_x , мм/хв	V_f , м/хв	n_T , об/хв
М6-7Н			
Центрування $\varnothing 3$	501,05	28,61	3036
Свердлування $\varnothing 5$	238,95	31,02	1974
Різе нарізання М6	291	5,499	291

Нормування вертикально-фрезерної з ЧПК операції № 050

Для інструменту 1 довжина робочого ходу на робочій подачі складає $L = 36$ мм.

$$T_0 = \frac{1}{S_{xв}} = \frac{36}{501,05} = 0,072 \text{ хв.}$$

Для інструменту 2 довжина робочого ходу на робочій подачі складає $L = 204$ мм.

$$T_0 = \frac{1}{S_{xв}} = \frac{204}{238,95} = 0,854 \text{ хв.}$$

Для інструменту 3 довжина робочого ходу на робочій подачі складає $L = 168$ мм.

$$T_0 = \frac{l}{S_{\text{ХВ}}} = \frac{168}{291} = 0,58 \text{ хв},$$

$$\sum T_0 = 1,5 \text{ хв.}$$

Довжина робочого ходу на прискореній подачі складає $L = 2050$ мм.

$$T_{\text{МВ}} = \frac{l}{S_{\text{ХВ}}} + T_{\text{МВИ}} = \frac{2050}{1500} + 1 = 2,366 \text{ хв.}$$

По формулі $T_{\text{ца}} = 1,5 + 2,366 = 3,866$ хв.

$T_{\text{д}}$ – норма допоміжного часу: це час на дії, які мають можливість створювати умови для виконання основної роботи.

$$T_{\text{д}} = T_{\text{дуст}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{двим}},$$

де $T_{\text{дуст}}$ – норма допоміжного часу на установку та зняття заготовки.

$T_{\text{доп}}$ – норма допоміжного часу, пов'язана з виконанням технологічної операції.

$T_{\text{двим}}$ – норма допоміжного часу на виконання контрольних вимірювань.

$$T_{\text{дуст}} = 0,20 + 0,12 + 0,03 = 0,35 \text{ хв},$$

$$T_{\text{доп}} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв},$$

$$T_{\text{двим}} = 1,88 \text{ хв},$$

$$T_B = 0,35 + 0,5 + 1,88 = 2,73 \text{ хв,}$$

$$T_{оп} = 4,26 + 2,73 = 6,99 \text{ хв.}$$

Визначаю норми штучного часу за формулою і заносимо у таблицю 2.30:

$$T_{шт} = (4,26 + 2,93 \cdot 0,76) \cdot \left(\frac{1+0,26}{100}\right) = 6,48 \text{ хв.}$$

$$T_{пз} = 9 + 2 + 2 + 5,5 + 1 + 2 + 0,1 + 2,5 = 23,2 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.30 – Режими різання та норми часу на операцію 050

Маршрут обробки	Режими різання						
	S_x , мм/хв	V_ϕ , м/хв	n_T , об/хв	T_O , хв	T_B , хв	$T_{шт}$, хв	$T_{пз}$, хв
Центрування $\varnothing 3$	501,05	28,61	3036	1,6	2,73	6,48	23,2
Свердлування $\varnothing 5$	238,95	31,02	1974				
Різе нарізання М6	291	5,499	291				

Таблиця 2.31 – Режими різання та норми часу на операцію 020

Режими різання	Стадія обробки							
	Точіння					Розточування		
	Чорнове					Чорнове	Н/Ч	
	Номери поверхонь							
	1	2	4	5	6	3	7	3
Глибина різання, t	1	1	1	1	1	0,8	2,5	0,2
Таблична подача S_{OT} , мм/об	0,8		0,6			0,5		0,40
Прийнята подача S_O , мм/об	0,828		0,621			0,48		0,38
Таблична швидкість різання V_T , м/хв	110		140			153		185
Розрахункова швидкість різання V_P , м/хв	93,5		119			130,05		157,25
Розрахункові оберти шпинделя n_P , об/хв	229,05		421,08			1070,21		1310,98
Фактичні оберти шпинделя n_F , об/хв	230		422			1070		1311
Фактична швидкість різання V_F , м/хв	93,88		119,25			128,34		156,43
Таблична потужність різання N_T , кВт	12		11			10		8,2
Фактична потужність різання N_F , кВт	6,14		5,62			5,03		4,16
Хвилинна подача S_X , мм/хв	190,44		262,06			513,6		498,18
Основний час T_O , хв.	1,242							
Допоміжний час T_B , хв.	3,22							
Штучний час $T_{шт}$, хв.	3,4							
Підготовчо – завершальний $T_{пз}$, хв	28,5							

2.8 Висновки

На основі аналізу базового технологічного процесу було визначено, що структура технологічного процесу у частині механічних операції може бути змінена на більш продуктивні, а саме операція довбання на протяжну.

Було визначено, що найбільш подібну форму до деталі забезпечує штампування на ГКМ. При подальшому обробленні забезпечує менше відходів.

На основі розрахунків похибки базування, було обґрунтовано вибір схем базування та закріплення, що задовольняє вимогам точності до оброблюваних розмірів.

На основі автоматизованого вибору різального інструменту для операції 010 Токарно-гвинторізна було визначено продуктивний різальний інструмент та режими різання.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СПРЯМОВАНЕ НА УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

3.1 Методологія дослідження та планування експерименту

У розділі 2 поточної кваліфікаційної роботи було визначено геометричні параметри, конструкцію різального інструменту та режими різання. Предметом наукового пошуку у цьому розділі стане визначення раціональних режимів різання для обробки всіх переходів операції 010. Метою віртуального експерименту є перевірити запропоновані програмою Tool Guide режими різання на предмет забезпечення шорсткості обробленої поверхні та температура різання.

Виконаємо планування експерименту за методикою повнофакторного експерименту. Його методика передбачає варіювання усіх можливих варіантів рівнів факторів. Під фактором розуміємо технологічні параметри, що змінюються у ході експерименту. Такими факторами є швидкість різання, та подача. Відповідно рівнями факторів є значення які приймає фактор у тому чи іншому досліді. Виділяють декілька рівнів факторів. Зокрема, нульовим рівнем фактору визначено розрахункові значення швидкості різання та подачі, розраховані у інтерфейсі програми Sandvik Tool Service. Нижнім рівнем фактору є значення технологічного параметру на 10% менше ніж значення нульового рівня фактору. Верхнім рівнем фактору є значення технологічного параметру на 10% більше ніж значення нульового рівня фактору. Заповнимо таблицю матрицю планування експерименту, варіюючи рівні факторів швидкості різання та подачі (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для планування експерименту

Назва фактору	Нульовий рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
Швидкість різання, (м/хв)	0	-1	+1
Подача, (мм/об)	0	-1	+1
Глибина різання, (мм)	const	const	const

Переносимо умови кодування на нашу операцію 010 (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Кодування факторів повнофакторного експерименту

№ досліду	Швидкість різання, (м/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм)
1	+1	+1	const
2	+1	-1	const
3	-1	+1	const
4	-1	-1	const
5	0	0	const

Виконаємо обчислення верхніх та нижніх рівнів для обох факторів частоти обертання та подачі.

За формулою 3.1 обчислюємо частоту обертів шпинделя:

$$RPM_{max} = \frac{1000 \cdot VC}{DME \cdot \pi}, \quad (3.1)$$

де RPM_{max} – n , частота обертання шпинделя, (об/хв);

VC – V , швидкість різання, (м/хв);

DME – d , кінцевий діаметр поверхні після механічної обробки, для кожного переходу, (мм).

Визначимо нижній рівень швидкості різання згідно формули 3.2, та округливши до цілого:

$$VC_1 = VC_0 - 10\%, \quad (3.2)$$

визначимо верхнього рівень швидкості різання згідно формули 3.3, та округливши до цілого:

$$VC_2 = VC_0 + 10\%, \quad (3.3)$$

Обчислимо за формулами 3.1 – 3.3 та запишемо отримані значення у таблицю 3.3

Таблиця 3.3 – Розрахунок рівнів швидкості різання та частот обертання шпинделя

Номер переходу згідно ескізу	Кінцевий діаметр обробки (DME)	Швидкість різання (нульовий рівень)	Швидкість різання (нижній рівень)	Швидкість різання (верхній рівень)	Частота обертання шпинделя (нульовий рівень)	Частота обертання шпинделя (нижній рівень)	Частота обертання шпинделя (верхній рівень)	Подача (нульовий рівень)	Подача (нижній рівень)	Подача (верхній рівень)
	d, (мм)	V_{C_0} , (м/хв)	V_{C_1} , (м/хв)	V_{C_2} , (м/хв)	n_0 , (об/хв)	n_1 , (об/хв)	n_2 , (об/хв)	S_0 , (мм/об)	S_1 , (мм/об)	S_2 , (мм/об)
1	132	180	162	198	434	391	477	0,350	0,315	0,385
2	143	180	162	198	401	361	441	0,350	0,315	0,385
3	36	204	184	224	1804	1623	1984	0,250	0,225	0,275
4	50	180	162	198	1146	1031	1261	0,350	0,315	0,385
5	142	180	162	198	403	363	444	0,350	0,315	0,385
6	77	180	162	198	744	670	819	0,350	0,315	0,385

Для аналізу значущості чинників експериментального дослідження та їх впливу на відгуки застосовуємо дисперсний аналіз (ANOVA) як інструмент програми Minitab19. Проводимо декодування факторів експерименту і заносимо у таблицю 3.4

Таблиця 3.4 – Декодування рівнів факторів для чорнової обробки

№ дослідю	Маркування пластини	Швидкість різання, (м/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм)
1	CNMG 19 06 08-PR 4335	198	0,385	const
2		198	0,315	const
3		162	0,385	const
4		162	0,315	const
5		180	0,350	const
6	TCMT 16 T3 08-PR 4335	224	0,275	const
7		224	0,225	const
8		184	0,275	const
9		184	0,225	const
10		204	0,250	const

Переведемо значення швидкості різання у частоту обертання шпинделя для остаточного упорядкування параметрів проведення віртуального експерименту заповнимо таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Узагальнена таблиця даних для віртуального експерименту

Номер досліджу	З таблиці 6.21					З таблиці 6.25		З таблиці
	Головний кут в плані, (φ°)	Кут при вершині, (ε°)	Допоміжний кут в плані, (φ'°)	Задній кут, (α°)	Радіус при вершині, (r , мм)	Частота обертання, (об/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм)
1	95	80	5	0	0,794	477	0,385	1
2						477	0,315	
3						391	0,385	
4						391	0,315	
5						434	0,350	
6						441	0,385	
7						441	0,315	
8						361	0,385	
9						361	0,315	
10						401	0,350	
11						1261	0,385	
12						1261	0,315	
13						1031	0,385	
14						1031	0,315	
15						1146	0,350	
16						444	0,385	
17						444	0,315	
18						363	0,385	
19						363	0,315	
20						403	0,350	
21	819	0,385						
22	819	0,315						
23	670	0,385						
24	670	0,315						
25	744	0,350						
26	91	60	29	7	0,794	1984	0,275	1
27						1984	0,225	
28						1623	0,275	
29						1623	0,225	
30						1804	0,250	

3.2 Експериментальне дослідження

Дослідження впливу швидкості різання та подачі на температуру різання, шорсткість поверхні та стійкість інструменту при чорновому точінні починається із визначення граничних умов моделювання процесу різання, а саме вибору оброблюваного матеріалу та інструментального матеріалу різальної пластини. Оскільки у переліку наявних оброблюваних матеріалів відсутня сталь 35, беремо найближчій відповідник – сталь 40Х. У якості інструментального матеріалу використаємо двокарбідний твердий сплав Т15К6 (рисунок 3.1).

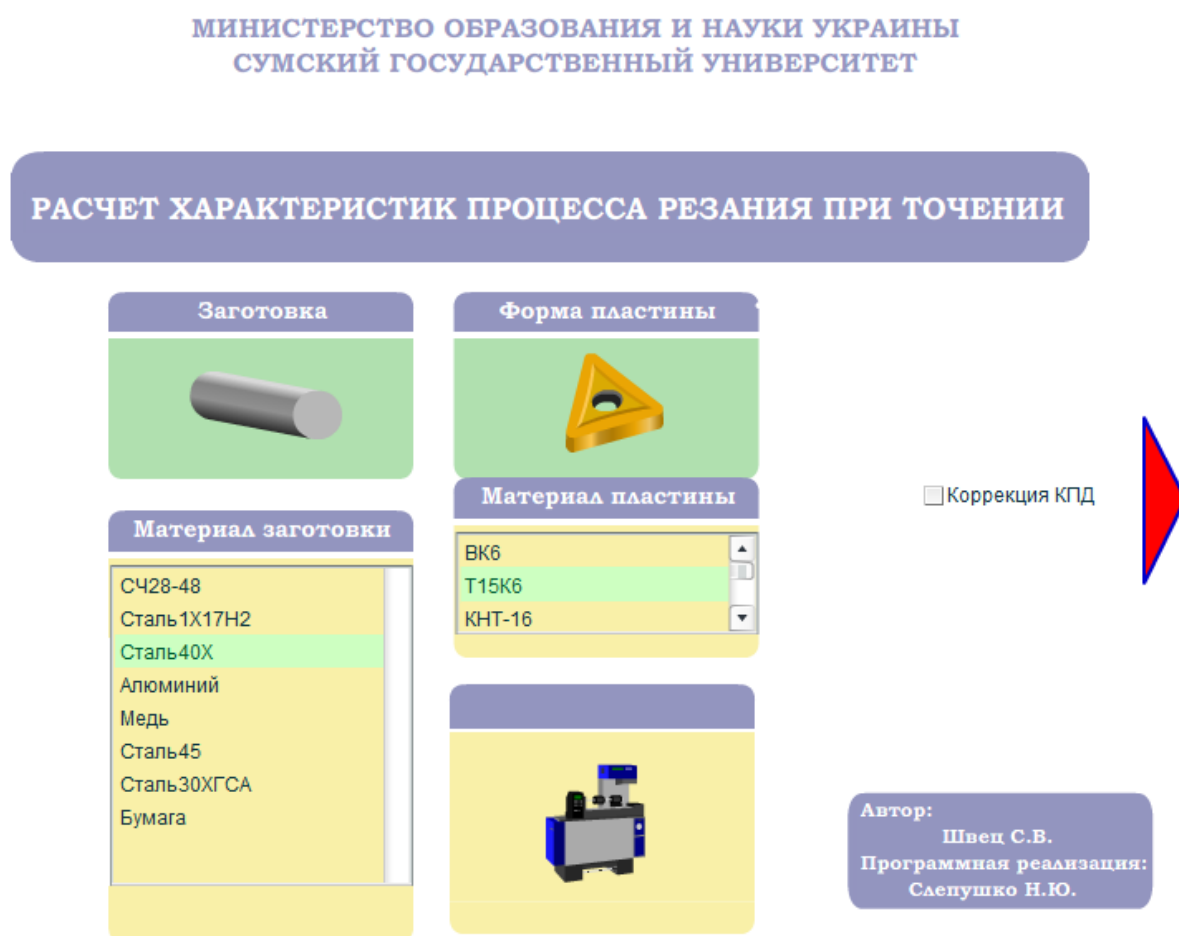


Рисунок 3.1 – Початкове вікно програми «Start»

Заносимо необхідні дані у відповідні комірки програми «Start» (рисунок 3.2). Та проводимо розрахунок (рисунок 3.3). Отримані дані по кожному експерименту заносимо у таблицю 3.6. Для переходів з більшим діаметром приймаємо діаметр обробки – 100 мм (максимально можливий у програмі «Start»).

The interface is divided into several sections:

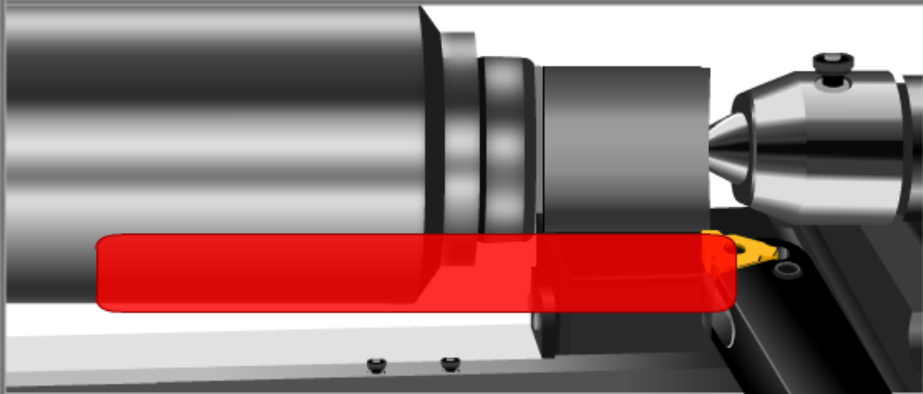
- Геометрия резца (Tool Geometry):**
 - Главный угол в плане, ϕ : 95
 - Угол при вершине, ϵ : 80
 - Вспомогательный угол в плане, ϕ' : 4.99
 - Задний угол, α : 0
 - Радиус при вершине, r : 0.8
 - Предельный износ, h : 0.4
- Размеры заготовки (Workpiece Dimensions):**
 - Длина, L : 100
 - Диаметр, d : 100
 - Колич. дет., N : 1
 - Кнопка: СМЕНИТЬ ЗАГОТОВКУ
- Режим резания (Cutting Mode):**
 - Подача, S : 0.35
 - Обороты, n : 434
 - Глубина рез., t : 1
- Таблица параметров (Parameters Table):**

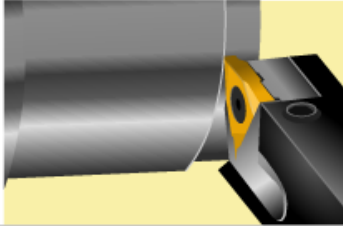
сила	температура	износ	коэф. усадки	ресурс резца	КПД системы
$P_z =$	$\theta =$ °	$h_s =$	$K =$	$R =$	$\omega =$
скорость	время	R_z	R_a	стойкость	
$V =$	$\tau =$ 0.7	$R_z =$	$R_a =$	$T =$	
работа резания		$A_p =$			
предельная работа		$A =$ Infinity			
- Кнопки управления (Control Buttons):**
 - Навигационные кнопки: ↑, ↓, ←, →
 - ПОДАЧА ВЫКЛ (Feed Off)
 - START (Green)
 - STOP (Red)
 - ЗАПИСАТЬ (Record)
 - ГРАФИК (Graph)
- Образование стружки (Chip Formation):** 3D-анимация процесса резания.

Рисунок 3.2 – Вікно налаштування програми «Start» для виконання віртуального експерименту

Геометрия резца			Размеры заготовки			Режим резания		
Главный угол в плане, ϕ	95		Длина, L	100		Подача, S	0.35	
Угол при вершине, ε	80		Диаметр, d	100		Обороты, n	434	
Вспомогательный угол в плане, ϕ'	4.99		Колич. дет., N	1		Глубина рез., t	1	
Задний угол, α	0		СМЕНИТЬ ЗАГОТОВКУ					
Радиус при вершине, r	0.8							
Предельный износ, h	0.4							

сила	температура	износ	коэф. усадки	ресурс резца	КПД системы
$P_z = 26$	$\theta = 991^\circ$	$h_s = 0$	$K = 2.1$	$R = 0$	$\omega = 0.585$
скорость	время	R_z	R_a	стойкость	
$V = 136.3$	$\tau = 0.7$	$R_z = 21$	$R_a = 5.92$	$T = \text{Infinity}$	
работа резания		$A_p = 2334569$			
предельная работа		$A = \text{Infinity}$			



Образование стружки	
	

↑

← ПОДАЧА ВКЛ →

START ↓ STOP

ЗАПИСАТЬ ГРАФИК

Рисунок 3.3 – Результат п'ятого дослід, алгоритм для інших аналогічних

Таблиця 3.6 – Результати віртуального експерименту

№ дослідю	Частота обертання, (об/хв)	Подача, (мм/об)	Температура різання, (°C)	Шорсткість поверхні, Ra (мкм)	Стійкість інструменту, (хв)
1	477	0,385	1016	6,58	Infinity
2	477	0,315	980	5,13	Infinity
3	391	0,385	957	6,94	Infinity
4	391	0,315	923	5,44	Infinity
5	434	0,350	991	5,92	Infinity
6	441	0,385	1011	7,09	Infinity
7	441	0,315	885	5,71	Infinity
8	361	0,385	918	7,01	Infinity
9	361	0,315	908	5,76	Infinity
10	401	0,350	902	6,32	Infinity
11	1261	0,385	1131	4,97	Infinity
12	1261	0,315	1080	3,78	Infinity
13	1031	0,385	1099	5,24	Infinity
14	1031	0,315	1029	4,05	Infinity
15	1146	0,350	1084	4,37	Infinity
16	444	0,385	930	7,35	Infinity
17	444	0,315	900	5,79	Infinity
18	363	0,385	814	7,44	Infinity
19	363	0,315	785	5,87	Infinity
20	403	0,350	835	6,50	Infinity
21	819	0,385	1091	5,80	Infinity
22	819	0,315	1053	4,48	Infinity
23	670	0,385	1043	6,33	Infinity
24	670	0,315	1006	4,93	Infinity
25	744	0,350	992	5,28	Infinity
26	1984	0,275	995	4,86	477
27	1984	0,225	960	3,26	570,2
28	1623	0,275	957	6,13	571,5
29	1623	0,225	923	4,11	682,5
30	1804	0,250	1005	4,30	590,3

Для візуалізації залежності використаємо метод дисперсійного аналізу (ANOVA). Це статистичний метод що використовується для аналізу варіацій між серединними значеннями груп. Графіки для досліджених факторів зображено на рисунках 3.4 – 3.5.

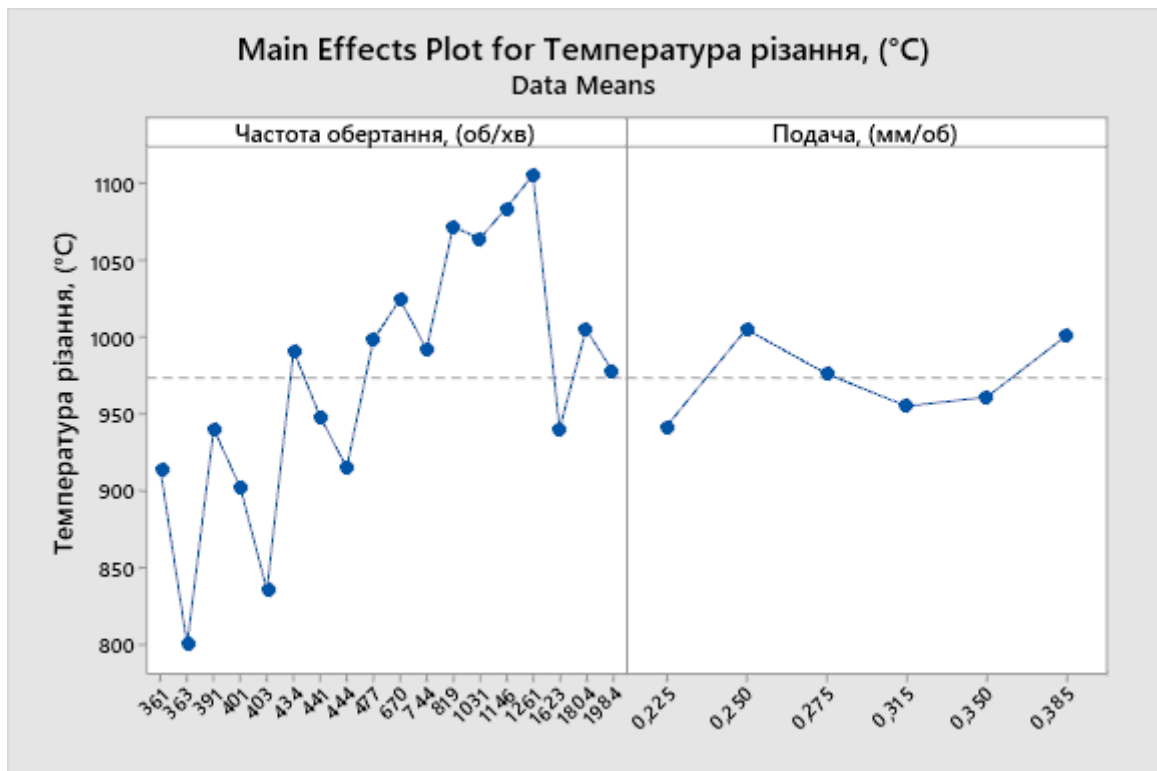


Рисунок 3.4 – Графік залежності температури різання від частоти обертання шпинделя та подачі при чорновому точінні

На рисунку 3.4 бачимо, що чим більші оберти заготовки, тим температура більша. Імовірно збільшується тертя та кількість стружки у зоні різання та кількість зробленої роботи різцем збільшується, тому різець нагрівається. Зі збільшенням подачі збільшується температура різця, бо різець не встигає охолонути, як ним знову здійснюється різання.

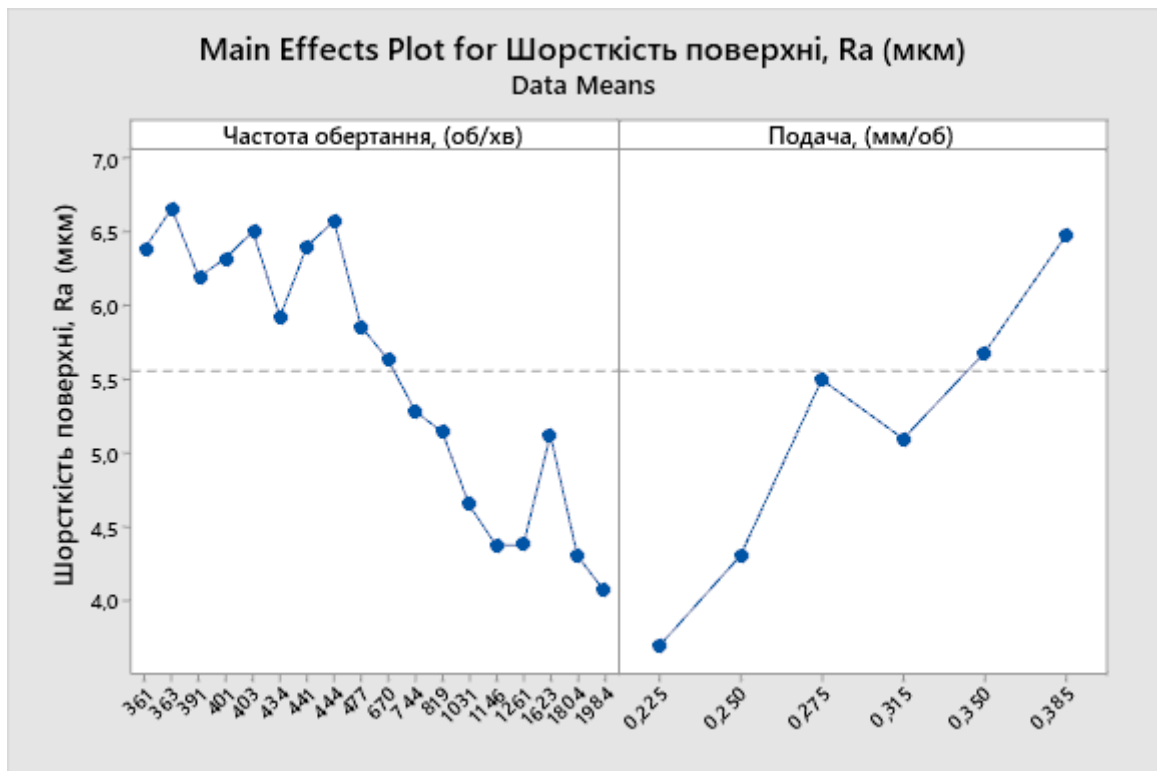


Рисунок 3.5 – Графік залежності шорсткості від частоти обертання шпинделя та подачі при чорновому точінні

На рисунку 3.5 помічаємо, що підвищення частоти обертання позитивно впливає на якість поверхні. Через те, що процес точіння відбувається приблизно по спіралі, тому очевидно, що при підвищенні обертів різець, так би мовити, встигає зрізати весь матеріал. Цим і покращується шорсткість. При збільшенні подачі – шорсткість погіршується, бо за описаним вище механізмом, виходить що різець не встигає зрізати весь об'єм матеріалу.

3.3 Обґрунтування вибору різального інструменту та режимів на основі результатів експерименту

Під час проведення експерименту з вибраним інструментом «SandvikToolGuide» досліджено вплив режимів різання на якісні умови різання, проаналізовано отримані результати, виявлено закономірності, які допомогли

обрати оптимальні режими різання для обробленої деталі. Ними виявилися дослід № 27 для третього переходу став найкращим щодо якості обробленої поверхні та невеликих температур, а саме частота обертання шпинделя – 1984 м/хв з подачею 0,225 мм/об.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Здійснено ґрунтовний аналіз базового технологічного процесу, виявлено застаріле обладнання та верстати, нетехнологічні операції, такі як довбання, недосконалі ріжучі інструменти і неефективні режими різання, що не дозволяє технологічному процесу бути впровадженим за сучасних виробничих умов.

Запропоновано та розроблено технологічний процес виготовлення деталі Напівмуфта, що складається з 11 операцій, враховує сучасні верстати і технологічне обладнання, передові ріжучі інструменти та поліпшені режими різання. Операцію довбання змінено на горизонтально-протяжну. В підсумку маємо якісно покращений технологічний процес виготовлення деталі «Напівмуфта». У сукупності це дозволяє ефективно розподіляти людські ресурси, матеріал заготовки та звісно час обробки.

Розраховано новий спосіб отримання заготовки – поковка ГKM та відповідно її припуски на обробку і чорнові бази. Це дозволило зменшити припуски на обробку, тобто зменшити матеріал, який йде у стружку (відходи). Це однозначно перевага.

Проаналізовано матеріал заготовки, технологічність деталі та її схема базування. Виявлено, що матеріал задовольняє наші потреби, загалом деталь технологічна, крім 2-ох отворів М6-7Н, розташованих радіально на зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 75$.

В запропонованому технологічному процесі (ТП) усунуто всі недоліки заводського технологічного процесу. Впроваджено новітні верстати: HAAS Mini Mill та HAAS TL1. На операції 020 і 050 складені траєкторії різання та код програми за яким виконується обробка. Як було зазначено вище замінено операцію довбання на більш прогресивну протягування.

Реалізовано автоматизований вибір високопродуктивного різального інструменту для усіх переходів операції 010 Токарно-гвинторізна, що дозволило обрати доцільний варіант геометрії різальної пластини та різця, а також визначити діапазони раціональних режимів різання.

Проведено планування віртуального експерименту з вибраними ріжучими інструментами для операції 010 та реалізовано за методикою повнофакторного експерименту, що дозволило провести тридцять дослідів.

У результаті виконання віртуального експерименту та обробки експериментальних даних за допомогою дисперсійного аналізу, було визначено, що для токарної обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 36$ раціонально призначити частоту обертання шпинделя 1984 об/хв та подачу 0,225 мм/об при глибині різання 1 мм, що дозволяє забезпечити шорсткість обробки Ra 3,26 мкм.

Для операції 050 розроблено верстатний пристрій (ВП) – пневматична камера, замість патрон самоцентруючий трикулачковий ГОСТ 2571-71 за допомогою якого базувалась та закріплювалась деталь. ВП дає змогу зменшити час закріплення та підвищити точність базування. Деталі Напівмуфта можна впроваджувати у виробництво за пропонованим ТП.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ EN 60529:2018 Ступені захисту, забезпечувані кожухами (Код IP) (EN 60529:1991; A1:2000; A2:2013; AC:1993; AC:2016, IDT; IEC 60529:1989; A1:1999; A2:2013; Cor 2:2015, IDT) [Електронний ресурс] // online.budstandart.com. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=81152.
2. ДСТУ ISO 6743-1:2004 Матеріали мастильні, оливи індустрійні та споріднені продукти (клас L). Класифікація. Частина 1. Група А (відкриті системи змащування) (ISO 6743-1:2002, IDT) [Електронний ресурс] // online.budstandart.com. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63691.
3. Топоров, О. О. 7241 Методичні вказівки до виконання розділу "Аналіз службового призначення виробів та технічних вимог до них" в обов'язковому домашньому завданні, випускній роботі бакалавра, курсовому проекті зі спеціальності та дипломному проекті [Текст] : для студ. спец.: 7.090202, 6.090202, 6.090203, 6.090204, 6.090209, 6.090220, 6.090515, 6.090520 усіх форм навч. / О. О. Топоров. — Суми : СумДУ, 2000. — 29 с.
4. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання [Електронний ресурс] // [Waykun](http://Waykun.com). – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.waykun.com/articles/viznachennja-dijsnogo-fondu-chasu-roboti.php>.
5. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування / С. Г. Бондаренко. – Львів: Магнолія, 2021. – 567 с. – (ISBN 966-8340-85-X).
6. dstu_7809-2015 [Електронний ресурс] // УкрНДНЦ. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSYU1/dstu_7809-2015.pdf.
7. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковани для машинобудування загальної призначеності. Частина 1. Загальні вимоги (EN 10250-1:1999, IDT) [Електронний ресурс] // online.budstandart.com. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29726.

8. Захаркін, О. У. 537 Методичні вказівки до практичної роботи "Розрахунок припусків дослідно-статистичним методом" з курсу "Технологічні основи машинобудування" [Текст] : для студ. бакалавтури 6.0902 "Інженерна механіка" усіх форм навчання / О. У. Захаркін. — Суми : СумДУ, 2003. — 11 с.
9. Боженко Л. І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні / Л. І. Боженко. — Львів: Світ, 2003. — 328 с. — (ISBN: 966-603-200-7).
10. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. — Електронні текстові дані. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 379 с.
11. Productivity Tools The Haas Control World-Famous CNC Control [Електронний ресурс] // Haas. — 2015. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.haascnc.com/productivity/control.html>.
12. HAAS TL-1 [Електронний ресурс] // Haas — Режим доступу до ресурсу: <https://www.haascnc.com/ps/machines/lathes/toolroom-lathe/models/tl-1.html>.
13. HAAS Mini Mill [Електронний ресурс] // Haas — Режим доступу до ресурсу: <https://www.haascnc.com/ps/machines/vertical-mills/mini-mills/models/minimill.htm>.
14. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. — Вінниця : ВНТУ, 2018. — 123 с.
15. Manual 3-Jaw Chuck, A2-5 [Електронний ресурс] // Haas. — 2016. — Режим доступу до ресурсу: <https://www.haascnc.com/productivity/workholding/mc8-5.html>.
16. HRT210 [Електронний ресурс] // Haas — Режим доступу до ресурсу: <https://www.haascnc.com/ps/machines/rotaries-indexers/rotary-tables/models/hrt210.html>.

17. Тарельник В. Книга Підвищення стійкості різального інструменту технологічними методами / В. Тарельник, В. Марцинківський, Є. Коноплянченко. – Суми: Університетська книга, 2016. – 192 с. – (ISBN 978-966-680-545-7; кн. 6313).

18. Інструкція з експлуатації Азотна компресорна станція ПАКС-250У1.

19. Матеріал з Вікіпедії. Режими різання [Електронний ресурс] / Матеріал з Вікіпедії // Wikipedia. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Режими_різання.

20. Аналіз причин виробничого травматизму і професійної захворюваності [Електронний ресурс] // cro.stu.cn.ua – Режим доступу до ресурсу: <https://Oksana/posibnik/450.html>.