

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

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

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проекту)

другий (магістерський)
(освітньо-професійний рівень)

на тему *Удосконалення технологічного процесу виготовлення
матриці GORAL CAP 000.01 шляхом застосування
системи напилення зносостійких покриттів методом HVOF*

Виконав: студент II курсу, групи ТМ.м-11
спеціальності:

131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:

«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Євгеній ШЕВЧЕНКО
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Павло КУШНІРОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2022 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« ____ » _____ 2022 р.

**Удосконалення технологічного процесу виготовлення
матриці GORAL_CAP_000.01 шляхом застосування системи
напилення зносостійких покриттів методом HVOF**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра
Спеціальність – *131 «Прикладна механіка»*
Освітня програма – *«Технології машинобудування»*

Студент

Євгеній ШЕВЧЕНКО

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Консультант з розділу охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Віра ФАЛЬКО

Нормоконтроль

Олександр ІВЧЕНКО

Суми – 2022

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Кафедра	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i> <i>технології машинобудування, верстатів та</i> <i>інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>другий (магістерський)</i> (назва)
Спеціальність	<i>131 «Прикладна механіка»</i> (шифр і назва)
Освітня програма	<i>«Технології машинобудування»</i> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Шевченко Євгеній Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) *Удосконалення технологічного процесу виготовлення матриці GORAL CAP 000.01 шляхом застосування системи напilenня зносостійких покриттів методом HVOF*

керівник проєкту *Кушніров Павло Васильович, канд. техн. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *10.11.2022* року № *1049-VI*

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) *20.12.2022* року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту)

3.1 Робоче креслення деталі «матриця GORAL CAP 000.01».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 2000 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «матриця GORAL CAP 000.01».

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

4.1 Аналіз існуючого (базового) технологічного процесу виготовлення деталі

4.2 Розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі

4.3 Наукове дослідження

4.4 Формулювання висновків та рекомендацій щодо запропонованого технологічного процесу виготовлення деталі

4.5 Аналіз питань щодо охорони праці та безпеки у надзвичайній ситуації

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

5.1 Креслення заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою

5.5 Креслення контрольно-вимірювального пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	<i>Віра ФАЛЬКО</i> , ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання « 02 » 09 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>03.10.2022</i>	
2	<i>Розроблення перспективного технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>28.10.2022</i>	
3	<i>Наукове дослідження</i>	<i>07.11.2022</i>	
4	<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>18.11.2022</i>	
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>23.11.2022</i>	
	<i>Оформлення комплекту технологічної документації</i>	<i>08.12.2022</i>	
	<i>Оформлення креслень та презентації</i>	<i>14.12.2022</i>	

Студент

_____ (підпис)

Євгеній ШЕВЧЕНКО

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проекту)

_____ (підпис)

Павло КУШНІРОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Записка: 131 с., 17 табл., 23 рис., 46 джерел, 14 додатків.

Об'єкт розроблення – деталь “Матриці GORAL_CAP_000.01”, що входить до складу машини для виготовлення пластмасових ковпачків для пляшок на підприємстві ТОВ “Технологія”

В наведеній кваліфікаційній роботі за освітньо-професійним рівнем магістра проаналізували службове призначення виробу, вузла і деталі, а також технічні вимоги з якісними та кількісними показниками технологічності конструкцій деталі. Також було обгрунтовано вибір способу отримання заготовки штампуванням на ГKM, було розраховано припуски на механічне оброблення поверхні $\varnothing 66,5g5$.

Для операцій 045 (токарної з ЧПК), проведені аналіз та обгрунтування схеми базування заготовки; обгрунтовано вибір металорізальних верстатів, технологічної оснастки, різального і вимірювального інструментів; були проведені розрахунки режимів різання і нормування розглянутої операцій.

Спроектовано спеціальний механізований пристрій для токарної операції. Також спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій для контролю параметра співвідношення.

Було проведення дослідження з метою удосконалення технологічного процесу та конструкції деталі “Матриця GORAL_CAP_000.01” шляхом нанесення на її робочі поверхні карбіду вольфраму за допомогою роботизованої системи напилення зносостійких покриттів методом HVOF.

МАТРИЦЯ, ПАЛАСТМАССА, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, АНАЛІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ПРИСТРІЙ, ТИП ВИРОБНИЦТВА, РОБОТ, ТВЕРДИЙ СПЛАВ, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА, НАПИЛЕННЯ.

SUMMARY

Note: 120 p., 17 tables, 23 figures, 46 sources, 14 appendices.

The object of development is the detail of the "GORAL_CAP_000.01 Matrices", which is included in the machine for the production of plastic caps for bottles at the "Tehnologiya" LLC enterprise

In the given qualification work at the educational and professional level of the master's degree, the service purpose of the product, assembly and part was analyzed, as well as technical requirements with qualitative and quantitative indicators of the manufacturability of the part's constructions. The choice of the method of obtaining the workpiece by stamping on HCM was also justified, the allowances for mechanical surface treatment of $\varnothing 66.5g5$ were calculated.

For operations 045 (lathe with CNC), analysis and substantiation of the scheme of basing the workpiece was carried out; the choice of metal cutting machines, technological equipment, cutting and measuring tools is justified; calculations of cutting modes and normalization of the considered operations were carried out.

A special mechanized device for turning operation has been designed. A control and measuring device was also designed to control the alignment parameter.

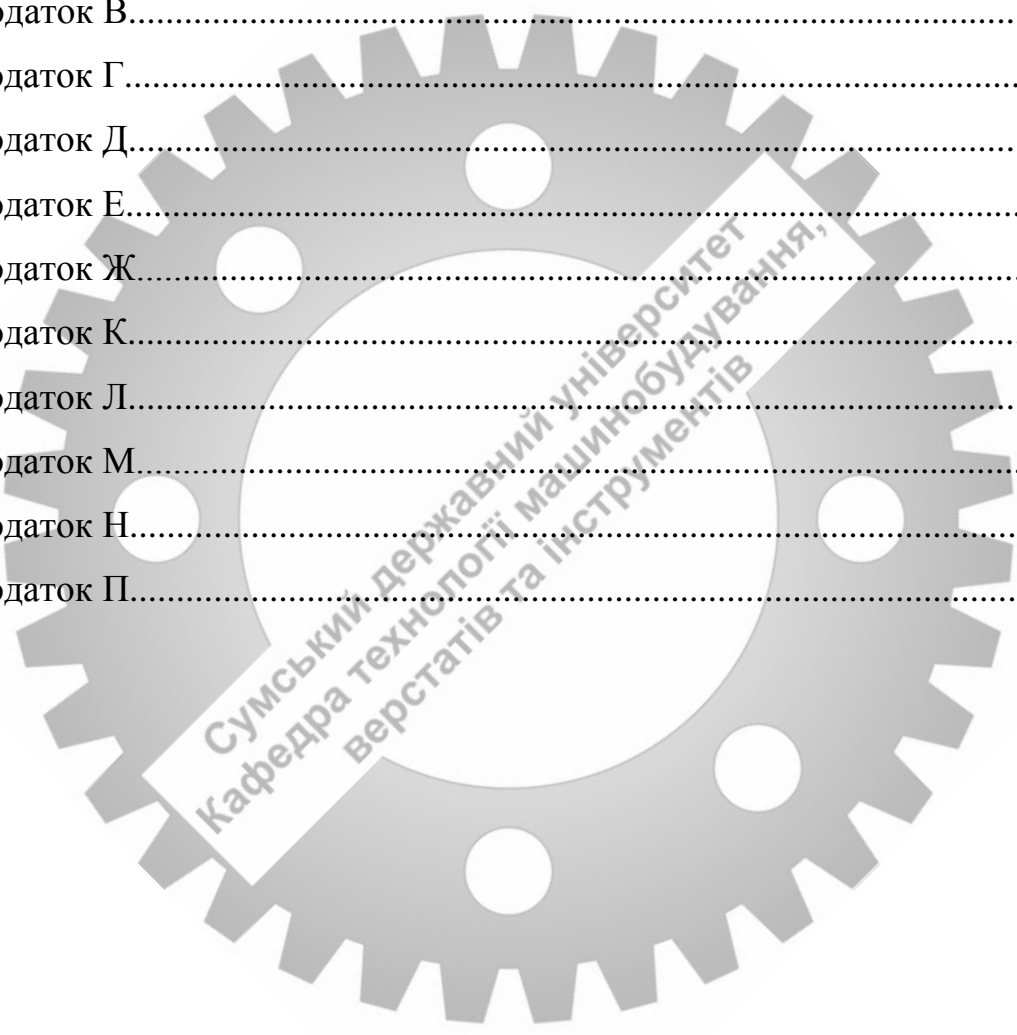
A study was conducted to improve the technological process and design of the "Matrix GORAL_CAP_000.01" part by applying tungsten carbide to its working surfaces with the help of a robotic system of spraying wear-resistant coatings using the HVOF method.

MATRIX, PLASTIC MASS, PREPARATION, TECHNOLOGICAL PROCESS, ANALYSIS, TECHNOLOGY, DEVICE, TYPE OF PRODUCTION, ROBOT, CARBIDE, OCCUPATIONAL PROTECTION AND SAFETY, SPRAYING.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
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.....	20
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	24
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....	25
1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	26
2 Удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі	27
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального.....	27
2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	30
2.3 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання	36
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки.....	39
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів.....	42
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів.....	45
2.7 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій.....	56

2.8 Проектування засобів технологічного оснащення.....	81
3 Дослідження, спрямоване на удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі.....	96
Висновок	106
Перелік джерел посилання	107
Додаток А.....	111
Додаток Б.....	120
Додаток В.....	121
Додаток Г.....	122
Додаток Д.....	123
Додаток Е.....	125
Додаток Ж.....	126
Додаток К.....	127
Додаток Л.....	128
Додаток М.....	129
Додаток Н.....	130
Додаток П.....	131



ВСТУП

Машинобудування є однією з найголовніших галузей промисловості. Це пояснюється тим, що всі процеси життєдіяльності сучасної людини пов'язані з машинобудуванням. Машинобудування характеризує промисловий та економічний розвиток країни. Для його розвитку завжди надавалося і надається першорядне значення.

Технологія машинобудування - це напрям науки, який займається удосконаленням, вивченням виготовлення машин необхідної якості, покращенням існуючих технологічних процесів їх виготовлення, в задані строки, у встановленій виробничою програмою кількості і при найменшій собівартості. На сьогоднішній час помічається швидке ускладнення конструкції машин, об'єднання кількох машин у великі комплекси, зменшення в них кількості металу і підвищенням їх силових якостей та зносостійкості. Підвищення зносостійкості деталей машин викликає зменшення витрат матеріалів на їх виготовлення, зменшується кількість робітників і трудомісткість при експлуатації, обслуговуванні та ремонті. Розробляються способи покращення та пришвидшення технологічних процесів, які спрямовані на досягнення необхідної точності, підвищення продуктивності та економічності виготовлення деталей при забезпеченні високих експлуатаційних якостей та надійності роботи машини.

В даний момент активно розвиваються та створюються нові системи автоматизації управління ходом технологічного процесу. Основними напрямками автоматизації є використання верстатів з ЧПК, введення на виробництва промислових роботів, тощо. Використання таких систем дозволяє: виключити "людський фактор", оптимізувати технологічний процес, домогтися великої повторюваності при виготовленні деталей, зменшити необхідну кваліфікацію робітників.

Вивчення технології машинобудування не може обійтись без знань таких дисциплін, як матеріалознавство, теорія різання, металорізальні верстати та інструменти, та ін. Розгляд всіх питань, які пов'язані з машинобудуванням без використання цих дисциплін взагалі неможливий.

Актуальність проблеми.

Описана у розділі “дослідження”, роботизована система напилення зносостійких покриттів методом HVOF є доволі наукоємною та перспективною. Гнучкість використання та універсальність системи дозволяють використовувати її для великої номенклатури виробів. Покриття зносостійкими покриттями, зокрема карбідом вольфраму, поверхонь деталей дозволяє значно збільшити твердість, зносостійкість та хімічну інертність поверхні, що може бути хорошою альтернативою, наприклад, цементації чи азотування. Також розглянуто деякі прийоми програмування робота FANUC. Тому дослідження, що розглядаються в цій роботі за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістра, є досить актуальними.

Зв'язок магістерської роботи з науковою програмою, темою, планами.

Тема магістерської роботи пов'язана з одним із наукових напрямів досліджень кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ: НДР «Інтенсифікація виробничих процесів та розробка інтелектуальних систем контролю якості продукції в інтелектуальному виробництві» (ДР № 0122U200875, Міністерство освіти і науки України).

Об'єкт дослідження - технологічний процес виготовлення «Матриці GORAL_CAP_000.01».

Предмет дослідження - деталь «Матриця GORAL_CAP_000.01».

Мета дослідження – удосконалення технологічного процесу виготовлення матриці GORAL_CAP_000.01 шляхом застосування високопродуктивних інструментів та оснастки.

Завдання досліджень:

– аналіз існуючих технологічних процесів виготовлення матриць та виявлення оптимального варіанта удосконаленого технологічного процесу виготовлення «Матриці GORAL_CAP_000.01»;

- обґрунтування шляхів підвищення ефективності технологічного процесу, що розробляється;
- розробка конструкції нового верстатного пристрою, що забезпечить високу продуктивність і якість оброблення «Матриці GORAL_CAP_000.01»;
- розробка конструкції нового контрольно-вимірювального пристрою, що забезпечить точний та продуктивний контроль параметрів «Матриці GORAL_CAP_000.01».

Методи дослідження:

- проведення аналізу технологій і конструкцій, систематизація та узагальнення отриманої інформації;
- комп'ютерне моделювання, використання спеціальних комп'ютерних програм;
- якісний та кількісний аналіз даних та результатів, що було отримано при дослідженнях;
- синтез конструкцій технологічної оснастки та вдосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі на базі здійсненого теоретичного аналізу.

Наукова новизна досліджень:

- визначено, що підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення деталі «Матриця GORAL_CAP_000.01» може бути реалізовано розробкою спеціального верстатного пристрою та розробкою спеціального контрольно-вимірювального пристрою, використанням високопродуктивних інструментів;
- визначено, що система напилення зносостійких покриттів методом HVOF може значно підвищити строк служби виробу.
- визначено, що використання робота-маніпулятора у зв'язці з системою напилення здатне підвищити продуктивність та якість нанесення покриття.

Практичне значення отриманих результатів досліджень. Отримані результати досліджень рекомендовано до використання на машинобудівних підприємствах країни.

Власний внесок здобувача у проведені дослідження. Результати досліджень отримані здобувачем спільно з його науковим керівником та введені у роботу на АТ " СМНВО - Інжиніринг".

Апробація результатів дослідження: Матеріали магістерської роботи апробовані на 27-й міжнародній науково-практичній конференції (24-26 листопада 2021 р.) «Технології XXI століття» у Сумському національному аграрному університеті (СНАУ, м. Суми).

Публікація: тези конференції (див. Додаток П):

Шевченко, Є.А. Дослідження точності настроювання різальних вставок торцевих фрез у спеціальному пристрої / Є.А. Шевченко, А.М.Щербаченко, П.В. Кушніров // Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 27-ої міжнародної науково-практичної конференції (24-26 листопада 2021 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2021.– С. 170-171.

Структура магістерської роботи: вступ, 3 розділи, перелік джерел посилань з 38 найменувань, 12 додатків. Обсяг 121 сторінка.

1.1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Матриця GORAL_CAP_000.01 призначена для формування зовнішньої поверхні пластмасового ковпачка для пляшок. Деталь взаємодіє з пуансоном (рис. 1) на автоматичній лінії. Після встановлення пуансона, у порожнину між матрицею та пуансоном екструдуються розплавлений поліпропілен при температурі 160°C . Після застигання поліпропілену пуансон, разом з повністю сформованим ковпачком, виходить з порожнини матриці. Задана деталь є витратним матеріалом і вона входить до цілої групи матриць, які відрізняються лише формою та розмірами центрального отвору, що виготовляються на ВАТ «Технологія». Зовнішні розміри деталі стандартизовані під посадкові місця у автоматичній лінії.

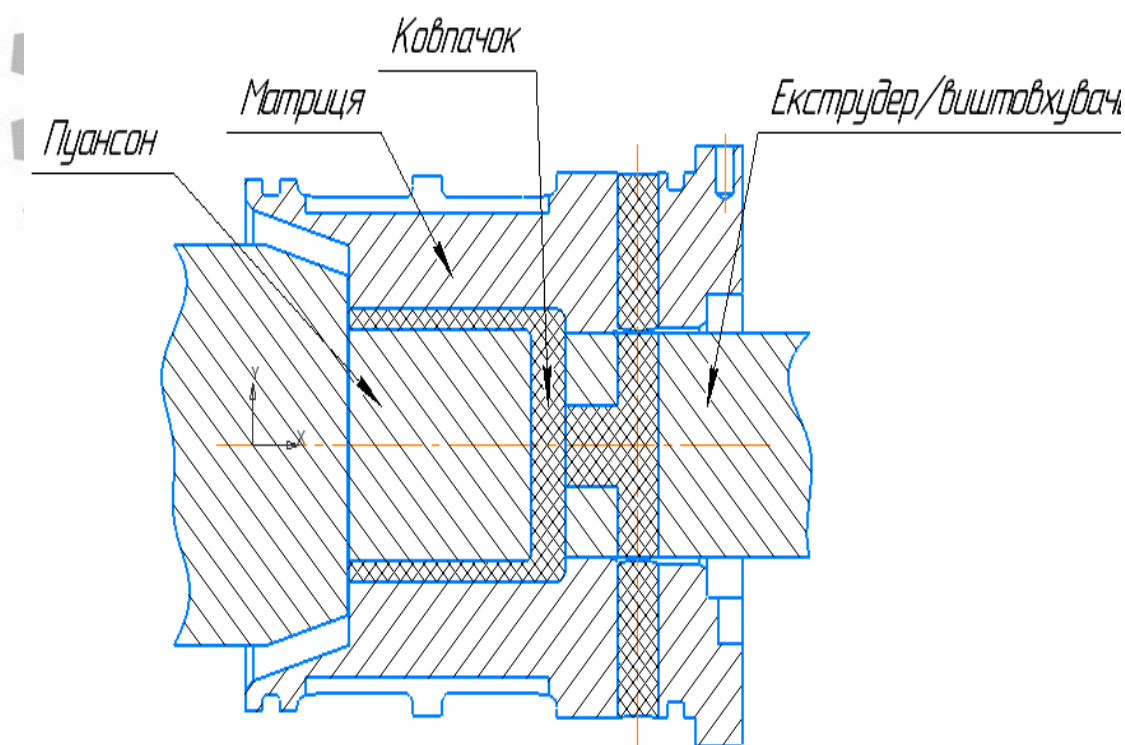


Рисунок 1.1 – Ескіз виготовлення деталі «Ковпачок»

Аналіз складального креслення вузла екструдера дозволив встановити основні (ОКБ) і допоміжні (ДКБ) конструкторські бази деталі Матриці.

ОКБ: 1, 7 – визначають положення Матриці щодо вузла в цілому. У таблицях 1.1 і 1.2 вказані матриця зв'язків і таблиця відповідностей для ОКБ;

ДКБ: 2 – визначає положення Матриці в осьовому напрямку.

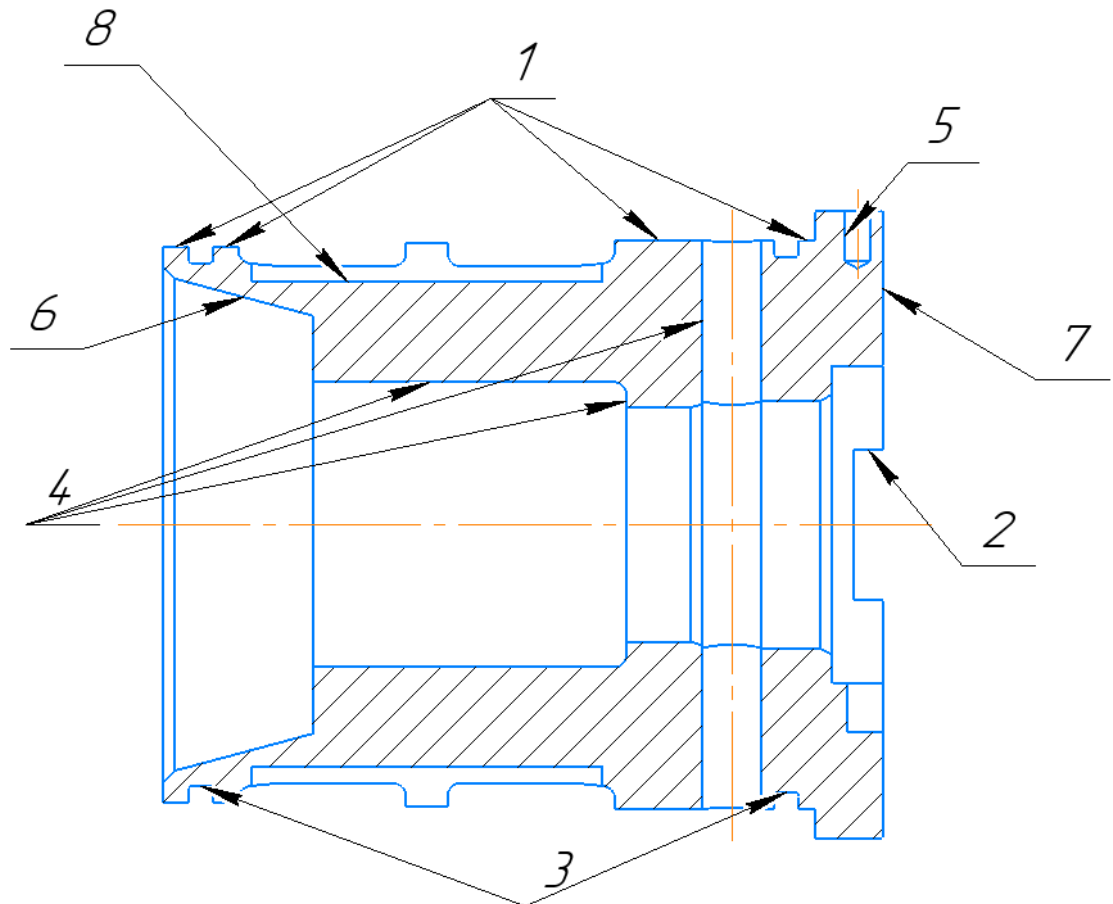


Рисунок 1.3 – Ескіз Матриці з нумерацією поверхонь

Поверхні 1,5,7,2 служать для встановлення та закріплення Матриці в екструдер. Поверхні 3 призначені для установки ущільнення в Матрицю для запобігання витікання охолоджуючої . Поверхні 4 контактують з розплавленим поліпропіленом під час роботи вузла. Поверхня 8 є вільною.

Таблиця 1.1 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Бази
1	0	0	1	ВБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	

Таблиця 1.2 – Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
ВБ	1,2,3	I, V, VI
ПОБ	4,5	II, III

1.2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Технічні вимоги на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. В цілому оформлення креслення матриці відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображений один поздовжній вид деталі, що є цілком достатнім для тіл обертання. Додатково на кресленні вказано один переріз, один виносний елемент, вид з торцю та ізометрична проекція.

Проставлені технічні вимоги за стандартами: ГОСТ 2.109–73, ГОСТ 2.305–68, ГОСТ 2.307–68. Розміри і вимоги креслення охоплюють всі формотворчих поверхні з зазначенням допусків на виготовлення. Позначення посадок і шорсткостей виконані відповідно до вимог по оформленню креслень по ЕСКД.

Розстановка розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості – вірна, і дає повне уявлення про конфігурацію розглянутої деталі.

Деталь Матриця являє собою тіло обертання з відношенням $l/d=86/75=1,15$. Шорсткість усіх поверхонь дорівнює 3,2 мкм за критерієм Ra.

Найбільш точними поверхнями матриці є:

- зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 66,5g5$;
- зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 68g5$;
- лінійний розмір 86j7;
- внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 29,5H7$;

Креслення деталі «Матриця» представлено на рисунку 2.1. Вибір матеріалу деталі зумовлений умовами її експлуатації. Основним видом навантаження, у даному випадку, є підвищена температура (до 160°C) та її перепади.

Матеріал деталі – корозійно-стійка жароміцна сталь 40X13. Призначення – пружини для роботи при температурах до $400-450^{\circ}\text{C}$, ресори, кулькові підшипники, ріжучий і вимірювальний інструмент. Хімічний склад і механічні властивості сталі представлені в таблиці 2.1 і таблиці 2.2 відповідно.

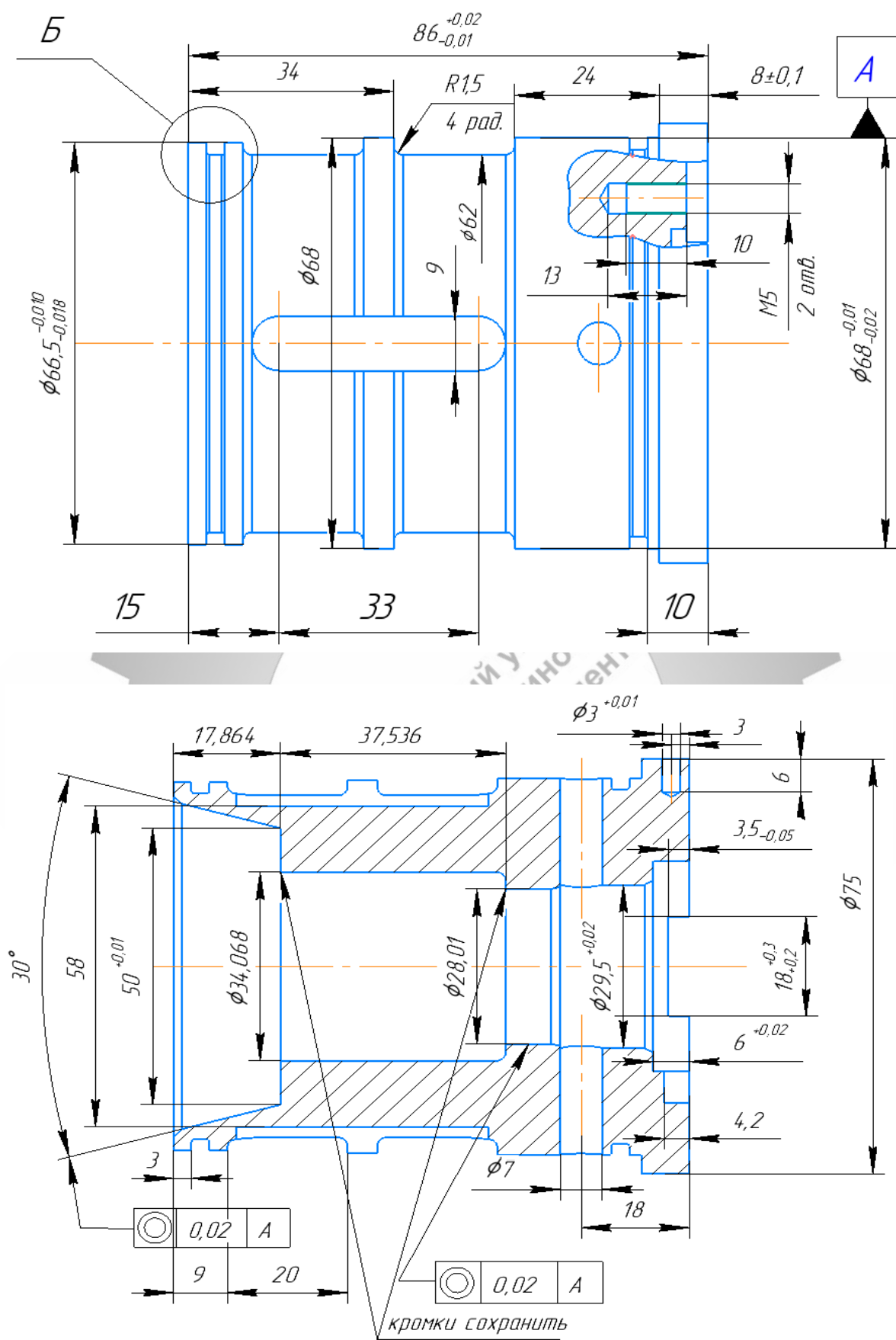


Рисунок 2.1 – Деталь Матрица

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40X13, %

C	Si	Mn	Ni	Cr	P	S	Fe
0,35 - 0,44	до 0,6	до 0,6	до 0,6	12 - 14	до 0,03	до 0,025	~84

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40X13 для заданої за кресленням твердості

Температура відпуску, °С	Межа плинності, $\sigma_{0,2}$, МПа	Тимчасовий опір розриву, σ_b , МПа	Відносне подовження при розриві, δ_5 , %	Відносне звуження, ψ , %	Ударна в'язкість КСУ при 20°С, Дж/см ²	Твердість, HRC
Загартування при 1000 °С, масло						
200	1620	1840	1	2	19	52

Технологічні властивості сталі 40X13:

- густина-7650 кг/м³;
- термообробка: гартування при 1030÷1050 °С, повітря, нагрівання при 530 °С, 2 години;
- температура кування: початку – 1200 °С, кінця 850 °С. Перерізи до 200 мм проходять низькотемпературний відпал;
- твердість матеріалу: HB 10⁻¹ = 143÷229 МПа;
- температура критичних точок: Aс₁ = 800 , Ar₁ = 780;

- оброблюваність різанням: у загартованому і відпущеному стані при НВ 340 та $\sigma_B = 730$ МПа, $K_{v_{тв. спл}} = 0,6$, $K_{v_{б.ст}} = 0,4$;
- зварюваність: не застосовується для зварних конструкцій;
- жаростійкість: стійка до температури $600 \div 650$ °С.

До деталі надано дві вимоги щодо розташування поверхонь:

- допуск співвісності конуса $\varnothing 50$ мм відносно бази А складає 0,02 мм;
- допуск співвісності $\varnothing 28,01$ мм відносно бази А складає 0,02 мм.

Виконання цих допусків забезпечує співвісність обох поверхонь відносно екструдера та пуансона, так як база А являє собою конструкторську базу. Недотримання вимог призведе до заклинювання екструдера та нещільного прилягання поверхні пуансона до конуса.

Шорсткість поверхонь забезпечуємо правильним підбором режимів різання, правильної геометрії інструменту, змащувально-охолоджувальною рідиною, а також жорсткістю технологічної системи (верстат, пристосування, інструмент, деталь). Найбільший вплив на висоту мікронерівностей має подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної шорсткості поверхні.

Технічні вимоги над основним написом креслення деталі регламентують:

- 1) Н14, h14, $\pm IT14/2$. Ця вимога регламентує точність розмірів для вільних поверхонь в межах 14 квалітету точності;
- 2) токарні операції виконати за програмою «matrica_1_goral_cap»\$
- 3) гострі кромки обробити;
- 4) канали та канавки під охолодження виконати в номінал до загартовування. Ця вимога попереджає зміну розміру тонкостінних канавок після загартовування деталі.

Базування деталі можна здійснити практично на усіх поверхнях, тобто ця деталь технологічно доцільна для базування. В якості пристрою для закріплення заготовки використовується спеціальний патрон, що самоцентрується.

1.3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва це специфічна форма організації виробництва яка враховує такі його властивості як широта номенклатури, регулярність, стабільність і обсяг випуску продукції. Виокремлюють три типи виробництва одиничне, серійне та масове.

Тип виробництва визначається коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який дорівнює відношенню всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Виконаємо розрахунок $K_{з.о}$ за з урахуванням таких вихідних даних:

- річний обсяг випуску деталей – $N_p = 2000$ шт.;
- середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання $\eta_{з.н.} = 0,75$;
- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 6;
- штучний час обробки деталі за операціями $T_{шт}$ – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. таблицю 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання – $F_d = 4015$ год.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.1)$$

де O – кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці;

P – кількість робочих на кожній операції.

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою:

$$m_p = \frac{N_{\text{год}} * T_{\text{шт.}}}{60 * F_d * \eta_{з.н.}} \quad (3.2)$$

де $\eta_{з.н.}$ – усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання, приймаємо $\eta_{з.н.} = 0,75$.

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$	m_p	P	$\eta_{зф}$	O
1	Токарна з ЧПК	9,1	0,1007	1	0,1007	7,4454
2	Фрезерна з ЧПК	14,15	0,1566	1	0,1566	4,7882
3	Токарна з ЧПК	3,5	0,0387	1	0,0387	19,3580
4	Токарна з ЧПК	4,2	0,0465	1	0,0465	16,1317
5	Плоско-шліфувальна	6,15	0,0681	1	0,0681	11,0168
6	Токарна з ЧПК	5,28	0,0584	1	0,0584	12,8320
			Сума	6		71,5721

Кількість робочих на кожній операції обираємо:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 \text{ особа.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції визначимо за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P \quad (3.3)$$

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.} \quad (3.4)$$

В результаті коефіцієнт закріплення операцій за формулою (3.1) дорівнюватиме:

$$K_{з.о.} = 71,57 / 6 = 11,93$$

Таким чином умова ($10 < K_{з.о.} < 20$) виконується, що відповідає середньосерійному типу виробництва.

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.5)$$

де N – річна програма, шт.;

a – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3, 6, 12, 24 дні).

Приймаємо періодичність запуску рівною днів.

$$n = \frac{1000 \cdot 12}{254} = 47,24 \approx 50 \text{ шт}$$

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених або тих, що ремонтуються, періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом випуску. Залежно від кількості виробів у партії чи серії і значення коефіцієнта закріплення операцій розрізняють дрібносерійне, середнє серійне і великосерійне виробництво.

На підприємствах серійного виробництва значна частина обладнання складається з універсальних верстатів, оснащених як спеціальними, так і універсально-налагоджувальними (УНП) і універсально-збірними (УСП) пристосуваннями, що дозволяє знизити трудомісткість і здешевити виробництво. Представляється також можливим розташовувати обладнання в послідовності

технологічного процесу для однієї або декількох деталей, що вимагають однакового порядку обробки, з дотриманням принципів взаємозамінності при обробці. При невеликій трудомісткості обробки або недостатньо великій програмі випуску виробів доцільно обробляти заготовки партіями, з послідовним виконанням операцій, тобто після обробки всіх заготовок партії на одній операції проводити обробку цієї партії на наступній операції. При цьому час обробки на різних верстатах не узгоджують. Заготовки під час роботи зберігають біля верстатів, а потім транспортують цілої партією.

У серійному виробництві застосовують також змінно-потоківу форму організації робіт. Тут обладнання також розташовують у порядку по ходу технологічного процесу. Обробку здійснюють партіями, причому заготовки кожної партії можуть дещо відрізнитися розмірами або конфігурацією, але допускають обробку на одному і тому ж обладнанні. В цьому випадку час обробки на суміжних верстатах узгодять, тому рух заготовок даної партії здійснюється безперервно, в порядку послідовності технологічного процесу. Для переходу до обробки партії інших деталей переналагоджують обладнання і технологічне оснащення (пристрій та інструмент).

1.4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Технологічність конструкції – це сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та ремонті виробів для заданих значень показників якості та умов виконання робіт.

Отже проаналізуємо на технологічність задану деталь:

- з точки зору зручності базування дана деталь є технологічною, так як не потрібне застосування спеціальних пристосувань на певних стадіях обробки та присутні зручні, з точки зору базування, поверхні (плоскі торці, зовнішні циліндричні поверхні);
- простановка розмірів виконана грамотно, що забезпечує легке читання креслення, вільне виконання і контроль розмірів в процесі механічної обробки;
- як готова деталь, так і заготовка мають таку масу, яка не вимагає використання додаткових пристроїв для їх перенесення чи встановлення;
- деталь «Матриця» виготовляється зі сталі 40X13, яка погано оброблюється різанням, але цей недолік нівелюється використанням призначених для даного типу сталей різального матеріалу, геометрії інструменту, режимів різання та ЗОР;
- з точки зору конфігурації деталі вона є нетехнологічною, бо присутні розміри з особливо жорсткими допусками ($\varnothing 66,5g5$, $\varnothing 68g5\dots$), що потребує збільшення кількості стадій обробки та підвищеної точності верстатів, також складності при виготовленні можуть викликати такі елементи, як багатоступінчатий центральний отвір, отвори на зовнішніх циліндричних поверхнях, конусна поверхня, глухі різьбові отвори.

З аналізу на технологічність можна зробити висновок, що в цілому деталь є технологічною, так як не технологічні елементи без проблем можна отримати за умови використання верстатів з ЧПК, правильного інструменту, ЗОР, тощо.

1.5 АНАЛІЗ БАЗОВОГО АБО ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “ Матриця ” включає в себе наступні операції (зміст операцій приведено у МК):

- 005 Заготівельна
- 010 Контрольна ВТК
- 015 Токарна з ЧПК
- 020 Фрезерна з ЧПК
- 025 Токарна з ЧПК
- 030 Слюсарна
- 035 Термічна
- 040 Токарна з ЧПК
- 045 Плоско-шліфувальна
- 050 Токарна з ЧПК
- 055 Слюсарна

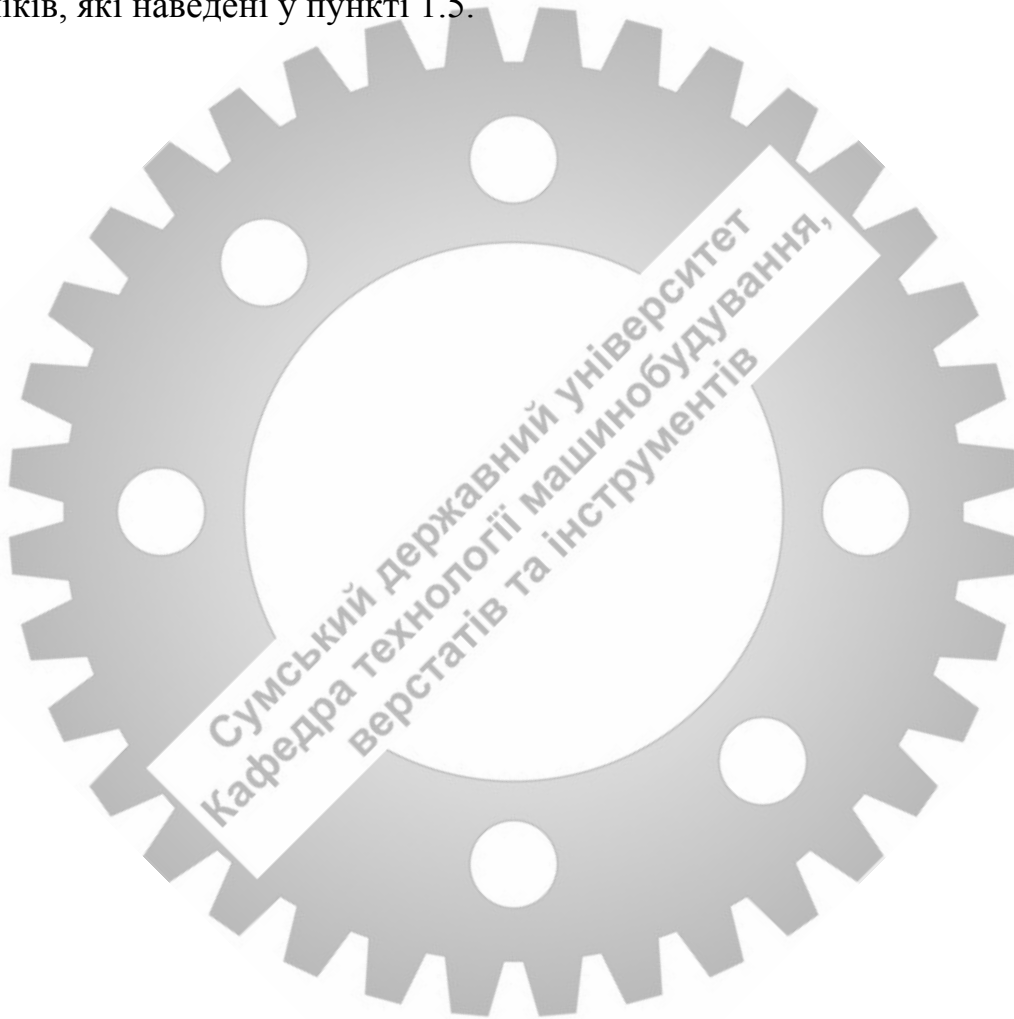
В цілому базовий тех. процес вважаю правильним та таким, що забезпечить виконання усіх вимог креслення, але присутні такі недоліки :

1. Операцію 025 (токарна з ЧПК) пропонується виконувати після 020 (Фрезерна з ЧПК), що призводить до роботи токарного інструменту на удар, що знижує його стійкість.
2. Наявність операції 030 (Слюсарна) вважаю необґрунтованим, так як на операції 020 (Фрезерна з ЧПК) можна в автоматичному режимі виконати дії, які покладені на слюсарну операцію в базовому тех. процесі. Це дозволить зменшити вплив людини на якість обробки, збільшити точність та повторюваність, також це зменшить штучний час на виготовлення деталі.

1.6 ВИСНОВОК ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Виходячи з вищезазначених зауважень до базового технологічного процесу виготовлення деталі “ Матриця” можна сформулювати завдання для удосконалення технологічного процесу:

“Запропонувати альтернативний маршрут обробки, який буде позбавлений недоліків, які наведені у пункті 1.5.”



2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Виходячи з завдання пропоную внести зміни до конструкції та технологічного процесу виготовлення деталі “ Матриця ” .

Пропоную:

1. Прибрати операцію 025, оброблювані на цій операції поверхні перенести до операції 015.
2. Операцію 030 (Слюсарна) прибрати, як непотрібну, оброблювані на цій операції поверхні перенести до операції 020.
3. Після термічної операції додати операцію напилення зносостійких покриттів методом HVOF (Високошвидкісного газополум'яного напилення). Ця операція дозволить створити на робочих поверхнях центрального отвору, найбільш схильних до зносу, шар з карбїду вольфраму. Це підвищить зносостійкість та хїмічну інертність поверхонь, а тому і строк служби виробу.

Замінити матеріал різального інструменту на операціях 040 та 050 з твердого сплаву на надтверді матеріали (синтетичний алмаз, кубічний нїтрид бору)

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального.

Оптимальний маршрут обробки повинен задовольняти таким вимогам:

- Виконання усіх вимог креслення деталі.
- Мінімально можлива, але достатня кількість операції.
- Зручність базування та закріплення на кожній операції.

Отже складемо та проаналїзуємо декілька варіантів маршрутів обробки деталі “Матриця”:

Маршрут №1:

005 Заготівельна

010 Контрольна ВТК

015 Токарна з ЧПК

020 Токарна з ЧПК

025 Фрезерна з ЧПК

030 Термічна

035 Роботизоване напилення

040 Токарна з ЧПК

045 Плоско-шліфувальна

050 Слюсарна

055 Контроль ВКТ

Маршрут №2:

005 Заготівельна

010 Контрольна ВТК

015 Токарна з ЧПК

020 Фрезерна з ЧПК

025 Термічна

030 Роботизоване напилення

035 Токарна з ЧПК

040 Плоско-шліфувальна

045 Токарна з ЧПК

050 Слюсарна

055 Контроль ВКТ

Маршрут №3:

005 Заготівельна

010 Контрольна ВТК

015 Токарна з ЧПК

020 Фрезерна з ЧПК

025 Токарна з ЧПК

030 Термічна

035 Роботизоване напилення

040 Токарна з ЧПК

045 Слюсарна

050 Контроль ВКТ

На мою думку маршрут №2 є найбільш доцільним, так як маршрут №1 не дає змогу правильно закріпити та збазувати заготовку на фрезерній операції (дуже мала поверхня для закріплення), маршрут №3 позбавлений плоскошліфувальної операції, що призводить до необхідності отримання розміра $86^{+0,02}_{-0,01}$ на токарній операції. Це, в цілому, можливо, але майже не можливо поміряти цей розмір доки заготовка знаходиться у верстаті, а зняття та перевстановлення заготовки тягне за собою похибки базування та закріплення, що обов'язково приведе до підвищеного відсотку браку за цим розміром.

2.2 ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ, РОЗРАХУНОК ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕРВИННОЇ ЗАГОТОВКИ

Вихідними даними для виготовлення заготовки з річною програма випуску деталей $N = 2000$ штук; матеріал деталі – сталь 40Х ГОСТ 4543-71; тип виробництва – середньосерійний.

Від правильності вибору способу отримання заготовки цілком залежить собівартість одержуваної деталі. Вибір способу залежить від багатьох чинників: типу виробництва, маси деталі, складності форми, вимогами креслення. При цьому необхідно враховувати новітні тенденції в технології машинобудування по скороченню витрати матеріалу, зменшення обсягу механічної обробки, посилення допусків, так як для обробки деталей все частіше застосовуються верстати з ЧПК, верстати автомати та автоматичні лінії. Остаточний вибір варіанта проводиться порівнянням собівартості деталі після різних методів отримання заготовки. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготовлі та вартості наступної механічної обробки.

Базовий метод отримання заготовки-відрізання від круглого прокату.

Пропонований метод отримання заготовки-поковка штампована на ГKM.

Визначимо вартість $S_{\text{п}}$ заготовки із круглого прокату за формулою [5]:

$$S_{\text{п}} = M + \Sigma C_o,$$

де M – витрати матеріалу заготовки, грн.;

C_o – витрати на розрізання прутків для отримання штучних заготовок, грн.

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000} = 3,5 \cdot 58 - (3,5 - 1,44) \cdot \frac{280}{1000} \cong 202 \text{ грн},$$

де $Q = 3,5$ кг – маса заготовки із прокату;

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot J = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} \cdot 0,09 \cdot 7850 = 3,5 \text{ кг};$$

$D = 80$ мм – діаметр прутка;

$L = 90$ мм – довжина окремої заготовки із прутка;

$J = 7850 \text{ кг/м}^3$ – питома щільність матеріалу.

$S = 58 \text{ грн}$ – ціна одного кілограма матеріалу заготовки;

$q = 1,44 \text{ кг}$ – маса деталі (за кресленням);

$S_{\text{отх}} = 280 \text{ грн}$ – ціна однієї тони відходів.

$$C_o = \frac{C_{\text{пз}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot 100} = \frac{121 \cdot 1,9}{60 \cdot 100} = 0,0383 \text{ грн},$$

де $C_{\text{пз}} = 121 \text{ коп/г}$ – наведені витрати за один час роботи обладнання [5, с.30].

Якщо відрізання заготовок виконується на кругло-відрізнаму півавтоматі моделі 8А631 дисковими пилами, то основний час визначиться за формулою:

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{S_m} = \frac{90 \cdot 1}{82,74} = 1,1 \text{ хв},$$

де $L_p = L_0 + L_{\text{вп}} + L_{\text{пер}} = 80 + 5 + 5 = 90 \text{ мм}$ – довжина заготовки, візання і перебіг різального інструменту при відрізання заготовок діаметром 55 мм;

$i = 1$ – кількість рухів інструменту;

$S_m = S_z \cdot Z \cdot n_{\text{фр}} = 0,05 \cdot 84 \cdot 19,7 = 82,74 \text{ мм/хв}$ – хвилинна подача стола верстата;

$S_z = 0,05 \text{ мм/зуб}$ – подача на один зуб фрези (для фрези $D_{\text{фр}} = 350 \text{ мм}$; $Z = 84$ зубця; $B = 5,0 \text{ мм}$ згідно ГОСТ 2679–73) [6].

$T_{\text{шт}}$ – штучний час операції, де розрізаються прутки на окремі заготовки, хв.

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} = 1,1 + 0,69 + 0,11 = 1,9 \text{ хв},$$

де $T_d = 1,85 \cdot (0,069 + 0,034 + 0,04 + 0,23) = 0,69 \text{ хв}$ – додатковий час [5];

$T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} = 6\% \cdot T_{\text{оп}} = 6\% \cdot (T_o + T_d) = 0,06 \cdot (1,1 + 0,69) = 0,11 \text{ хв}$ – час обслуговування робочого місця і час відпочинку.

$$S_{\text{п}} = 550 + 0,0383 \approx 550 \text{ грн}.$$

В технологічному процесі який проектується, заготовку пропонується виготовляти штампуванням на КГШП (нагрівання заготовок – індукційним способом).

Визначимо вартість заготовки $S_{ш}$, яка отримана гарячим штампуванням на ГKM:

$$S_{ш} = \left(\frac{S}{1000} \cdot Q_{п} \cdot K_{Т} \cdot K_{С} \cdot K_{В} \cdot K_{М} \cdot K_{П} \right) - (Q_{п} - q) \cdot \frac{S_{від}}{1000},$$

де $Q_{п} = 2,4$ кг – маса заготовки отриманої пресуванням;

$K_{Т} = 1,0$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності штамповки;

$K_{С} = 0,87$ – коефіцієнт, що враховує групу складності штамповки;

$K_{В} = 1,14$ – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

$K_{М} = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

$K_{П} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує об'єм виробництва.

$$S_{ш} = \left(\frac{58000}{1000} \cdot 2,4 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,14 \cdot 1,13 \cdot 1,0 \right) - (2,4 - 1,44) \cdot \frac{280}{1000} = 156 \text{ грн.}$$

Порівняємо два способи виготовлення заготовок – із прокату та заготовку виготовлену штампуванням на КГШП:

$$S_{п} = 202 \text{ грн} > S_{ш} = 156 \text{ грн.}$$

Годова економія одного методу в порівнянні з іншим методом:

$$E = (202 - 156) \cdot 2000 = 92000 \text{ грн.}$$

Приймаємо заготовку, яка одержана куванням на ГKM.

Призначення табличних значень припусків та допусків на поверхні заготовки, яка одержана способом штампування, згідно ГОСТ 26645–85.

Для визначення припусків табличним способом проводяться такі розрахунки по [8]:

Клас точності поковки – Т4 [11].

Група сталі – М1 [11].

Коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки $K_{р}=1,5$ [11].

Орієнтовна (розрахункова) маса поковки визначається за формулою:

$$m_3^p = m_d * K_p, \quad (5.1)$$

$$m_3^p = 1,46 * 1,5 = 2,19 \text{ кг.}$$

Для визначення ступеня складності необхідно визначити відношення маси G_{Π} поковки до маси G_{Φ} геометричної фігури.

Маса геометричної фігури (циліндра) визначається за формулою:

$$G_{\Phi} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H, \quad (5.2)$$

де D – діаметр циліндра (найбільший діаметр деталі), $D = 78,75 \text{ мм}$;

H – висота циліндра (довжина деталі), $H = 90,3 \text{ мм}$.

ρ – густина сталі 40Х13.

$$G_{\Phi} = 7,856 * \frac{3,1415 * 78,75^2}{4} * 90,3 = 3,456 \text{ кг.}$$

Тоді відношення фігур $G_{\Pi}/G_{\Phi} = 2,19/3,456 = 0,63$

Ступінь складності – С2 [11].

Вихідний індекс – 10 [11].

Конфігурація поверхні роз'єма штампа – П (плоска) [11].

Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості R_a , який необхідно досягти після механічної обробки, визначаються основні припуски на механічну обробку, допуски та допустимі відхилення лінійних розмірів та допустимі припуски [11].

Основні припуски на розміри (на сторону), мм:

1,5 - діаметр 75 мм і шорсткість поверхні $R_a = 3,2 \text{ мкм}$;

1,4 - діаметр 28,01 мм і шорсткість поверхні $R_a = 3,2 \text{ мкм}$;

1,5 - діаметр 50мм і шорсткість поверхні $R_a = 3,2 \text{ мкм}$;

1,5 - довжина 86 мм і шорсткість поверхні $Ra = 3,2$ мкм;

1,5 - довжина 68 мм і шорсткість поверхні $Ra = 3,2$ мкм;

Додаткові припуски, що враховують:

– зсув по поверхні рознімання штампа – 0,3 мм;

– зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності – 0,3 мм;

– зсув вісі отвору відносно зовнішніх циліндричних поверхонь – 0,8 мм.

Розміри поковки, мм:

– діаметр $75+(1,5+0,3+0,8) \cdot 2=80,2$ мм приймається 80,5 мм;

– діаметр $28,01-(1,4+0,3+0,8) \cdot 2=24,3$ мм приймається 24,5 мм;

– діаметр $50-(1,5+0,3+0,8) \cdot 2=44,4$ мм приймається 44,5 мм;

– довжина $86+(1,5+0,3)+(1,5+0,3)=89,3$ мм приймається 89,5 мм;

– довжина $68+(1,5+0,3)+(1,5+0,3)=72,1$ мм приймається 72 мм;

Результати розрахунків припусків і допуски з граничними відхиленнями розмірів зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунків припусків

Розмір поверхні і	Припуски		Розрахунковий розмір заготовки	Допуск та граничне відхилення	Прийнятий розмір заготовки	Припуск фактичний
	Осн.	Доп.				
Ø75	1,5	0,3+0,8	80,2	$2,6^{+2,1}_{-1,1}$	$80,5^{+1,1}_{-0,5}$	1,6
Ø28,01	1,4	0,3+0,8	24,3	$2,5^{+2,4}_{-1,2}$	$24,5^{+0,5}_{-0,9}$	1,4
Ø50	1,5	0,3+0,8	44,4	$2,6^{+2,1}_{-1,1}$	$44,5^{+0,5}_{-1,1}$	1,6
L=86	1,5	0,3	89,3	$1,8^{+2,1}_{-1,1}$	$89,5^{+1,1}_{-0,5}$	1,6
L=68	1,5	0,3	72,1	$1,8^{+1,6}_{-0,9}$	$72^{+1,1}_{-0,5}$	1,6

Допустима висота торцевого заусенцю - 7,0 мм.

Допускається відхилення по зігнутості, від площинності і від прямолінійності –0,8 мм.

Маса заготовки обчислюється за допомогою 3D-креслення: $m_3 = 3$ кг.

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою (5.3):

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3} \quad (5.3)$$

$$K_3 = \frac{1,46}{3} = 0,48.$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою 5.4, для штамповок на ГKM $m_{ВВЗ} = 10\% \cdot m_3 = 10\% \cdot 3 = 0,3$ кг:

$$K_{ВМ} = \frac{m_d}{m_3 + 0,1 \cdot m_3} \quad (5.4)$$

Тоді $K_{ВМ}$ буде становити:

$$K_{ВМ} = \frac{1,46}{3 + 0,3} = 0,44.$$

2.3 РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ОБРОБЛЕННЯ ПОВЕРХНІ ОБЕРТАННЯ

Величина припусків заготовки значно впливає на собівартість готової деталі. Пов'язано це з тим, що занадто великі припуски призводять до збільшення трудомісткості виготовлення деталі, до збільшення вартості матеріалу заготовки. В той самий час занадто малі припуски також призводять до збільшення собівартості через те, що доводиться підвищувати точність виготовлення заготовки.

Отже, згідно завдання, розрахуємо аналітичним методом припуски на механічну обробку для поверхні $\varnothing 66,5g5$ мм, які дозволять обробити поверхню з заданою точністю. Маршрут обробки поверхні приведений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Маршрут обробки поверхні $\varnothing 66,5g5$

Назва операції (перехода)	Квалітет точності IT	Параметр шорсткості Ra, мкм
Заготівельна	IT15	25
Точіння напівчистове	h9	6,3
Точіння чистове	h7	3,2
Точіння оздоблюване	g5	1,6

Обробка ведеться на токарному верстаті з ЧПК моделі Doosan Lynx 220LMA. Заготовка базується та закріплюється в трикулачковий самоцентруючий токарний патрон.

– необхідні параметри поверхні (для п'ятого квалітету точності за таблицями програми для ЕОМ "Prirusk" такі: для чорнового точіння $Rz = 250$ мкм, $T = 250$ мкм; після чистового точіння маємо $Rz = 125$ мкм, дефектний шар

маємо $T = 125$ мкм; після оздоблювального точіння маємо $Rz = 70$ мкм, дефектний шар 80 мкм;

За допомогою підказок програми "Priskus" вибираємо необхідні параметри поверхонь з кількома механічними обробками.

Таблиця 6.2 – Результати розрахунків припусків та міжопераційних розмірів при обробці поверхні $\varnothing 66,5g5$

Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм				Елементи припуску, мм			Розрахунок розмірів, мм		
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ϵ_{yi}	$2Z_{min}$	$2Z_{nom}$	$2Z_{max}$	d_{min}	d_{nom}	d_{max}
Заготівельна	250	250	760	-	-	-	-	70,851	70,901	72,001
Точіння напівчистове	125	125	350	50	2,52	3,52	3,74	68,257	68,331	
Точіння чистове	70	80	110	30	1,207	2,007	1,311	67,02	67,05	
Тонке точіння	-	-	-	-	0,53	1,02	0,57	66,48	66,5	66,49

Ескіз заготовки представлений на рисунку 6.1.

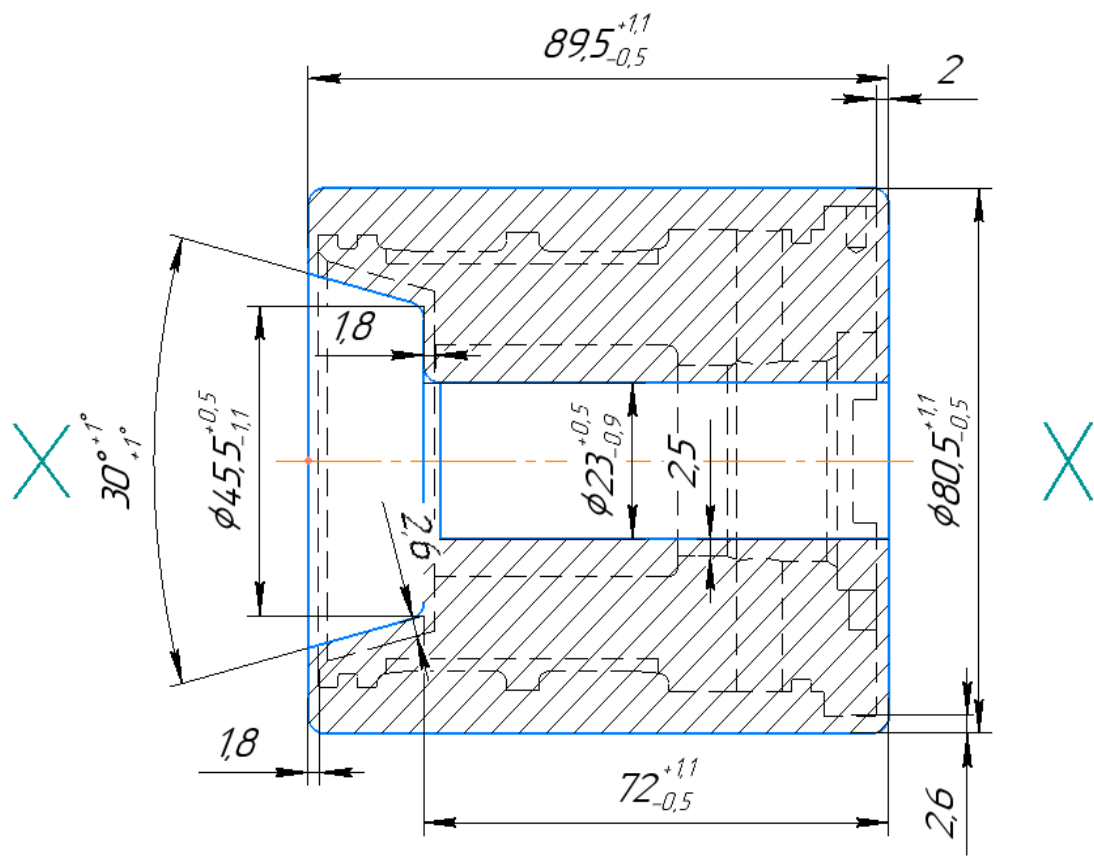


Рисунок 6.1 – Ескіз заготовки

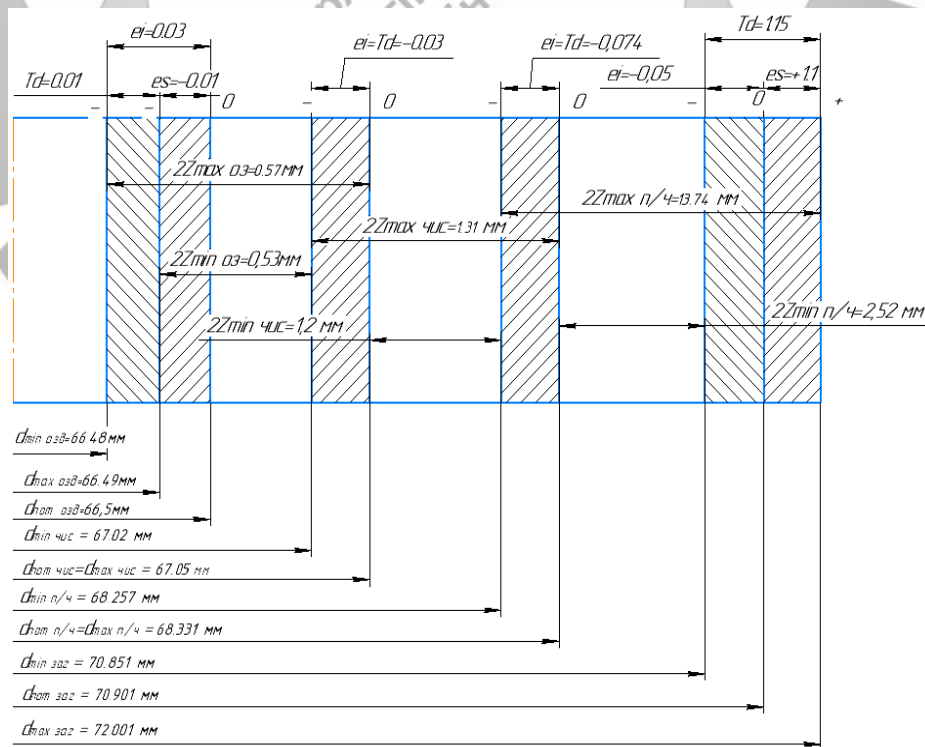


Рисунок 6.2 – Ескіз розташування припусків.

2.4 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМ БАЗУВАННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Для цього підpunkту була обрана технологічна операція - 045 токарна з ЧПК. На цій операції оброблюються поверхні, що показані на рисунку 6.3.

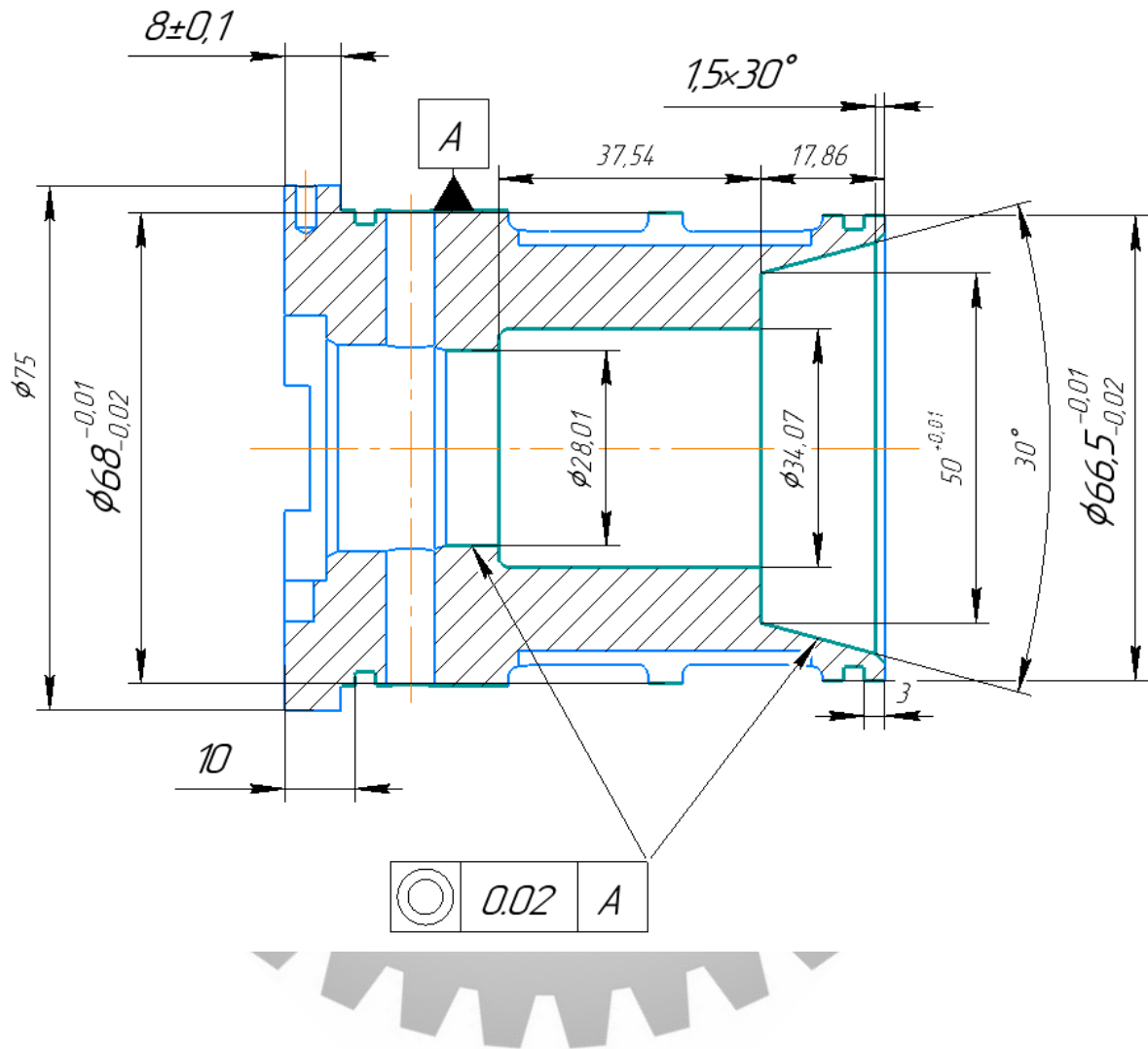


Рисунок 6.3 – Операційний ескіз операції 045

Проаналізувавши поверхні, що оброблюються, обираємо спосіб закріплення заготовки у трикулачковий самоцентруючий токарний патрон за циліндричну поверхню $\varnothing 75(78)$ з упором у лівий торець. Такий спосіб закріплення надає доступ різального інструменту до оброблюваних поверхонь та забезпечує виконання допусків розташування поверхонь за рахунок обробки базової поверхні та поверхонь, до яких встановлено вимоги до співвісності за один установ. Використання інших методів закріплення вважаю недоцільним.

Пропонована схема закріплення позбавляє заготовку 5 ступенів вільності.

Виникають такі бази:

- встановлювальна-лівий торець позбавляє заготовку трьох ступенів вільності: переміщення вздовж вісі Z та обертань навколо X та Y.
- подвійна опорна база-циліндрична поверхня позбавляє заготовку двох ступенів вільності: переміщення вздовж осей X та Y.

Приклад базування приведений на рисунку 6.4, також додано таблицю відповідності 6.3 та матрицю зв'язків 6.4.

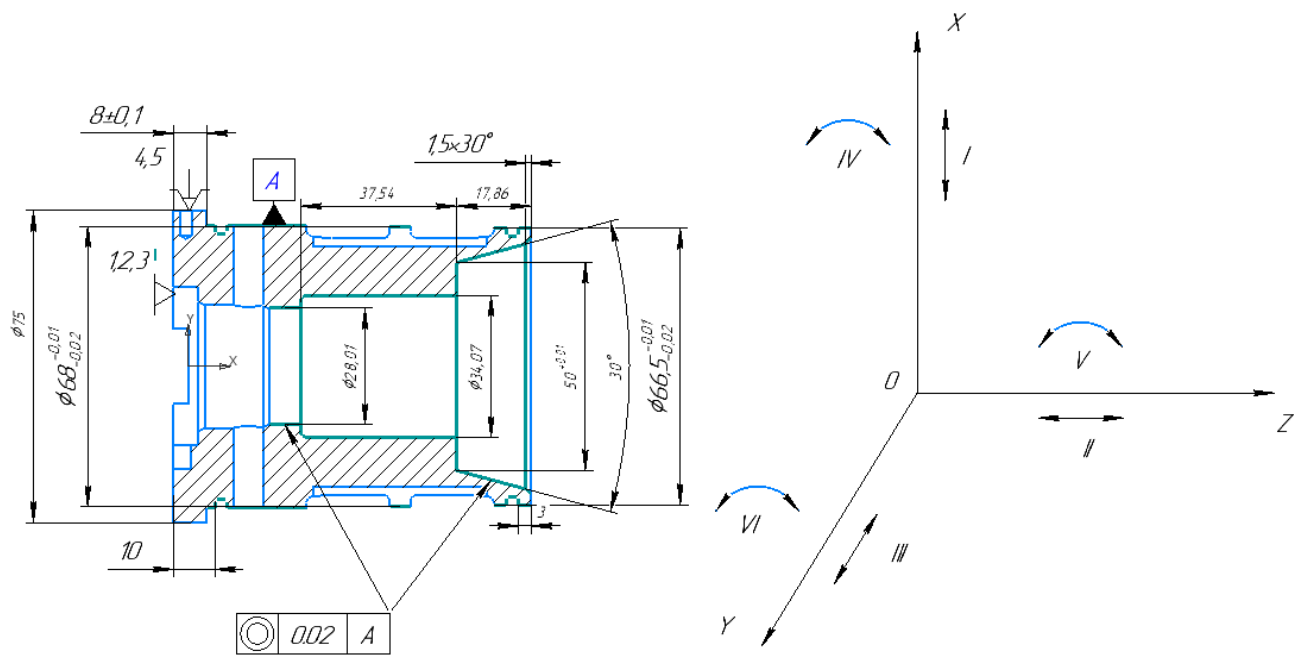


Рисунок 6.4 – Приклад базування заготовки на операції 045

Таблиця 6.3 – таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Бази
1,2,3	II, IV, VI	Встановлювальна
4,5	I, III	Подвійна опорна

Таблиця 6.4 – матриця зв'язків.

	X	Y	Z	Найменування баз
<i>l</i>	0	0	1	Встановлювальна
α	1	1	0	
<i>l</i>	1	1	0	Подвійна опорна
α	0	0	0	
Σ	2	2	1	5 ступенів

2.5 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР МОДЕЛЕЙ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Виходячи з габаритів та маси заготовки, форми її поверхонь та вимог до точності та розташування оброблюваних поверхонь для виконання механічної обробки на операції 045 обираємо токарний верстат Doosan Lynx 220LMA з системою ЧПК Fanuc. Дане обладнання цілком підходить як для закріплення заготовки так і для обробки її поверхонь із заданою точністю. Технічна характеристика верстата приведена у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Технічна характеристика верстата моделі Doosan Lynx 220LMA

Характеристика	Величина
Макс. діаметр над станиною, мм	510
Макс. діаметр над супортом, мм	290
Макс. діаметр обробки, мм	250
Рекомендований діаметр обробки, мм	170
Макс. довжина обробки, мм	510
Діаметр прутка, мм	51
Діаметр патрона, мм	170
Число оборотів, об / хв	6000
Конус шпинделя	A 2-5
Потужність при режимі 30 хв / постійно, кВт	15/11
Крутний момент, Нм	95,5
Зона постійного крутного моменту, об / хв	50-1500
Діаметр отвору шпинделя, мм	61
Діаметр підшипників, мм	90

Тип револьверної головки	ВМТ 45Р
Кількість інструментів (при подвійному різцетримачу)	12 (24)
Обертання в обидві сторони	В обидві сторони
Розміри хвостовика різцетримачем, мм	20X20
Діаметр прутка різцетримачем (подвійна різцетримачем), мм	32 (25)
Час індексації (сусідня позиція), с	0.15
Число оборотів приводного інструмента, об / хв	6000
Вбудований мотор-шпиндель, тип	Fanuc α 1.5
Потужність шпинделя, кВт	3,7

Продовження таблиці 6.5

Крутний момент, Нм	23,5
Тип цанг для інструменту (діаметр кінцевої фрези)	ER20 (\emptyset 2 - \emptyset 13)
Хід по осі X, мм	175
Хід по осі Z, мм	550
Хід по осі C, град.	360 (0,001)
Прискорене перем.по осі X / Z, м / хв	30/36
Прискорене переміщення по осі C, об. / Хв	200
Макс. робочі подачі по осі X і Z, мм / об	500
Макс. робочі подачі по осі C, град / хв	4800
ШВП, діаметр \times крок	

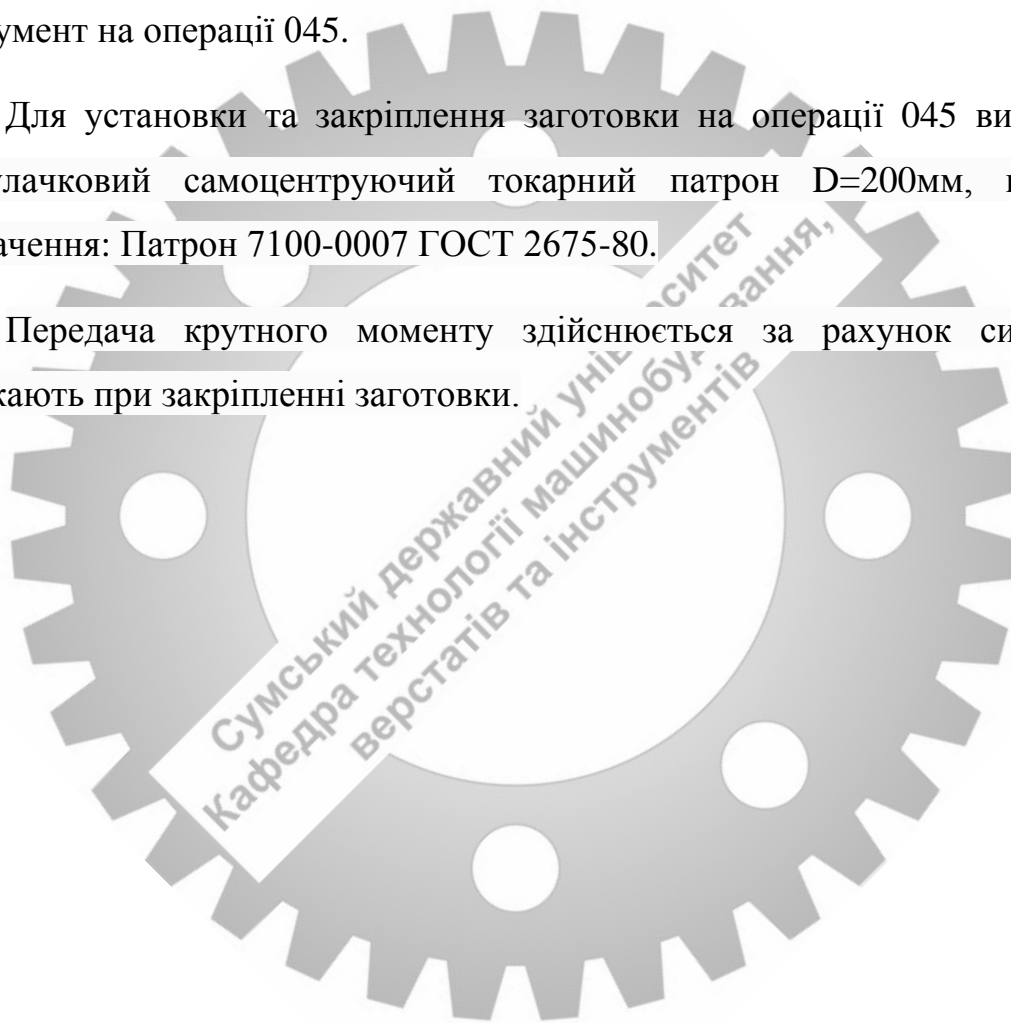
- по осі X, мм	28 × 10
- по осі Z, мм	32 × 12
Потужність приводів по осі X і Z, кВт	1,8 / 1,8
Тип напрямних	кочення
Позиціонування	
- по осі X, мм	0,01
- по осі Z, мм	0,02
- по осі C, град	0,0167
Повторюваність	
- по осі X, мм	+/- 0,002
- по осі Z, мм	+/- 0,003
- по осі C, град	+/- 0,006
Діаметр пінолі, мм	65
Хід пінолі, мм	80
Конус пінолі (MT - конус Морзе)	MT4
Ємність бака - без конвеєра, л	100
Потужність насоса (станд), кВт	0,4
Вага (прим.), Кг	3300
Вимога до електроживлення, кВА	23,7
Ширина верстата, мм	1600
Висота верстата, мм	1655
Довжина верстата, мм	2630
Система ЧПК	GE Fanuc 0i-T в базовому виконанні

2.6 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ, РІЗАЛЬНОГО ТА ВИМІРЮВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТІВ

Обираємо верстатний пристрій, вимірювальний та металорізальний інструмент на операції 045.

Для установки та закріплення заготовки на операції 045 використовуємо трикулачковий самоцентруючий токарний патрон $D=200\text{мм}$, виконання 1. Позначення: Патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80.

Передача крутного моменту здійснюється за рахунок сил тертя, що виникають при закріпленні заготовки.



Для обробки зовнішніх поверхонь заготовки на операції 045 використовуємо прохідний відігнутий лівий токарний різець з механічним кріпленням твердосплавної непереточуваної пластини з радіусом при вершині 0,1 мм. Позначення державки - PCLNL 2525M 12, позначення пластини - CNGG 12 04 01-SGF 1105.

Для обробки канавок використовуємо зовнішній канавковий токарний різець з механічним кріпленням твердосплавної непереточуваної пластини, шириною 3 мм. Позначення державки - C4-RF123G10-27055B, позначення пластини - L123G2-0300-0501-CF 1125 T30K4.

Для обробки внутрішніх поверхонь заготовки використаємо розточний відігнутий правий токарний різець з механічним кріпленням твердосплавної непереточуваної пластини. Позначення державки - A12S-SVUBR 2HP-EB1, позначення пластини - VBGW110302T01020F 7025.

Для контролю розмірів використаємо: мікрометр МК-50-75 ГОСТ 6507-78, нутромір індикаторний НИ 18-50ГОСТ 868-82, зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Зведемо до таблиці 6.6 обраний раніше вимірювальний, ріжучий інструмент та верстатний пристрій для механічної обробки на операції 045.

Таблиця 6.6 - вимірювальний, ріжучий інструмент та верстатний пристрій для операції 045.

Номер операції	Ріжучий інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
----------------	--------------------	---------------------	--------------------------

050	1.прохідний відігнутий різець PCLNL 2525M 12 2.Зовнішній канавковий різець C4-RF123G10- 27055B 3.Розточний відігнутий A12S- SVUBR 2HP-EB1	Патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80	1.Мікрометр МК-50- 75 ГОСТ 6507-78 2.Нутромір індикаторний НИ 18- 50 ГОСТ 868-82 3.Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93
-----	--	--------------------------------------	---

6.5 Розрахунок режимів різання

Проведемо розрахунок режимів різання для операцій 015 та 045 токарна з ЧПК. Для поверхні $\varnothing 68,5g5$ виконаємо розрахунок розрахунково-аналітичним методом, для інших поверхонь – табличним методом. Розрахунок проведемо згідно [12].

Вихідні дані для операції 015: діаметр поверхні - 68,5 мм, матеріал заготовки – сталь 40X13 з межею міцності $\sigma_b = 1820$ МПа, матеріал твёрдосплавної пластини – Т5К10, ЗОР-емульсія, заготовка-поковка штампована на ГКМ.

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D_3 - D_{обт}}{2} \quad (6.14)$$

де D_3 – діаметр заготовки;

$D_{обт}$ – діаметр після точіння;

$$t = \frac{80,5-68,5}{2} = 6 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу :

$$S_o = 0,25 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Стійкість інструменту $T = 60$ хвилин. Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m*}t^{x*}S_o^y} * K_v \quad (6.15)$$

де $C_v=160$, $m=0,15$, $x=0,2$, $y=0,45$ – коефіцієнти в формулі сили різання.

K_v – поправочний коефіцієнт для врахування умов різання визначається за формулою:

$$K_v = K_M * K_t * K_n \quad (6.16)$$

де $K_M=0,5$ – поправка на оброблюваний матеріал.

$K_t = 1,4$ – поправка на інструментальний матеріал.

$K_n = 0,8$ – поправка на стан поверхні заготовки.

$$K_v = 0,5 * 1,4 * 0,8 = 0,56$$

$$V = \frac{160}{60^{0,15} * 6^{0,2} * 0,25^{0,45}} * 0,56 = 112,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахуємо частоту обертання шпінделя за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} \quad (6.17)$$

$$n = \frac{1000 * 112,7}{3,1415 * 80,5} = 446 \text{ об/хв}$$

Верстат обладнаний безступінчатою системою зміни частоти обертання шпінделя, отже приймаємо розраховану частоту, як фактичну.

Визначимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10C_p * t^x * S^y * V^n * K_p \quad (6.18)$$

де $C_p=204$, $n=0$, $x=1$, $y=0,75$ – коефіцієнти в формулі сили різання.

K_p – поправочний коефіцієнт для врахування умов різання визначається за формулою:

$$K_p = K_m * K_\varphi * K_\gamma * K_\lambda * K_r \quad (6.19)$$

де $K_m=1$ – поправка на якість оброблюваного матеріалу;

$K_\varphi=0,94$ – поправка на головний кут у плані ;

$K_\gamma = 1,0$ – поправка на передній кут;

$K_\lambda = 1,0$ - поправка на нахил леза;

$K_r = 0,93$ – поправка на радіус при вершині леза.

$$K_p = 1 * 0,94 * 1 * 1 * 0,93 = 0,87$$

$$P_z = 10 * 204 * 1 * 0,25^{0,75} * 1 * 0,87 = 1055 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність обробки за формулою :

$$N = \frac{P_z * V}{1020 * 60} \quad (6.20)$$

$$N = \frac{1055 * 112,7}{1020 * 60} = 2 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна верстата Doosan Lynx 220LMA за його паспортом дорівнює 11кВт, отже він придатний для обробки.

Визначимо основний час обробки за формулою:

$$T_o = \frac{L_p + l_1^* + l_1^{**}}{s * n} \quad (6.21)$$

де $l_1^* = ctg\varphi * t = ctg60 * 6 = 3,46$ мм – величина врізання різця;

$l_1^{**}=2$ мм – величина перебігу;

$L_p = 79,15$ мм – довжина обробки.

$$T_o = \frac{79,15 + 3,46 + 2}{0,25 * 446} = 0,76 \text{ хв}$$

Для решти поверхонь на операції 015 обираємо режими різання табличним методом.

Результати заносимо до таблиці 6.7.

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T _o , хв
Торець Ø68,5/Ø80,5	1	2	0,6	37	144	6	0,07
Торець L88	1	1,5	0,6	39	153	10	0,11
Фаска 1,5x45 ⁰	1	1,5	0,6	39	153	2	0,02
Конус Ø47,4x30 ⁰	1	1	0,5	46	223	18	0,16
Торець Ø49	1	1,5	0,5	42	273	9	0,06
Ø31,4	1	4,2	0,4	38	383	38	0,24
Торець Ø26	1	2	0,4	44	537	3	0,01
Ø26	1	1,5	0,4	46	568	8	0,03
Торець Ø23	1	2	0,4	44	607	2	0,01

Сумарний час обробки дорівнює 2,07 хв

Виконаємо розрахунок для операції 045

Вихідні дані для операції 045: діаметр поверхні - 66,5 мм, матеріал заготовки – сталь 40X13 з межею міцності $\sigma_B = 1820$ МПа, матеріал

твердосплавної пластини – Т15К6, ЗОР-емульсія, заготовка-поковка штампована на ГKM.

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D_3 - D_{обт}}{2}$$

де D_3 – діаметр з попередньої операції;

$D_{обт}$ – діаметр після точіння;

$$t = \frac{68,5 - 66,5}{2} = 1 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу :

$$S_o = 0,08 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Стійкість інструменту $T = 60$ хвилин. Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} * t^{x_t} * S^{y_t}} * K_v$$

де $C_v = 110$, $m = 0,15$, $x = 0,2$, $y = 0,45$ – коефіцієнт y в формулі сили різання.

K_v – поправочний коефіцієнт для врахування умов різання визначається за формулою:

$$K_v = K_M * K_t * K_n$$

де $K_M = 0,5$ – поправка на оброблюваний матеріал.

$K_t = 1,9$ – поправка на інструментальний матеріал.

$K_n = 1$ – поправка на стан поверхні заготовки.

$$K_v = 0,5 * 1,9 * 1 = 0,95$$

$$V = \frac{110}{60^{0,15} * 1^{0,2} * 0,08^{0,45}} * 0,95 = 186,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Розрахуємо частоту обертання шпінделя за формулою:

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

$$n = \frac{1000 * 186,4}{3,1415 * 68,5} = 866 \text{ об/хв}$$

Верстат обладнаний безступінчатою системою зміни частоти обертання шпінделя, отже приймаємо розраховану частоту, як фактичну.

Визначимо силу різання за формулою:

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

де $C_p=204$, $n=0$, $x=1$, $y=0,75$ – коефіцієнт n в формулі сили різання.

K_p – поправочний коефіцієнт для врахування умов різання визначається за формулою:

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

де $K_m=1$ – поправка на якість оброблюваного матеріалу;

$K_\varphi=0,94$ – поправка на головний кут у плані ;

$K_\gamma = 1,0$ – поправка на передній кут;

$K_\lambda = 1,0$ - поправка на нахил леза;

$K_r = 0,87$ – поправка на радіус при вершині леза.

$$K_p = 1 * 0,94 * 1 * 1 * 0,87 = 0,82$$

$$P_z = 10 * 204 * 1 * 0,08^{0,75} * 1 * 0,82 = 251,6 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність обробки за формулою :

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

$$N = \frac{251,6 * 186,4}{1020 * 60} = 0,77 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна верстата Doosan Lynx 220LMA за його паспортом дорівнює 11кВт, отже він придатний для обробки.

Визначимо основний час обробки за формулою:

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

де $l_1^* = ctg\phi * t = ctg60 * 6 = 3,46$ мм – величина врізання різця;

$l_1^{**} = 2$ мм – величина перебігу;

$L_p = 38$ мм – довжина обробки.

$$T_o = \frac{38 + 3,46 + 2}{0,08 * 866} = 0,63 \text{ хв}$$

Для решти поверхонь на операції 050 обираємо режими різання табличним методом.

Результати заносимо до таблиці 6.8.

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	T _o , хв
Торець Ø66,5/Ø75	1	0,5	0,3	66	279	6	0,07
Фаска 1,5x45 ⁰	1	0,5	0,3	66	349	2	0,01
Конус Ø50x30 ⁰	1	1	0,2	69	365	18	0,25
Торець □□□	1	0,5	0,3	66	419	9	0,07
Ø34	1	1	0,2	69	644	38	0,29
Торець □□□	1	1	0,2	69	782	3	0,02
Ø28	1	1	0,2	69	782	8	0,05
Торець Ø66,5/Ø75	1	0,5	0,3	66	279	6	0,07

Сумарний час обробки дорівнює 1,29 хв.

6.6 Технічне нормування операції

Виконаємо технічне нормування для операції 015 – токарна з ЧПК. Вихідними даними приймаємо дані таблиці 6.7, також раніше визначений тип виробництва-середньосерійний.

Розрахунок виконаємо згідно [13].

Згідно таблиці 6.7 основний час для операції 015 дорівнює 2,07 хв.

Визначимо допоміжний час за формулою:

$$T_d = T_{\text{вст}} + T_{\text{кв}} + T_{\text{вим}} \quad (6.22)$$

де $T_{\text{вст}} = 0,16$ хв – час на встановлення деталі;

$T_{\text{кв}} = 0$ (для верстатів з ЧПК).

$T_{\text{вим}} = 1,26$ хв – час на вимірювання.

$$T_d = 0,16 + 1,26 = 1,42 \text{ хв}$$

Оперативний час розрахуємо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d \quad (6.23)$$

$$T_{\text{оп}} = 2,07 + 1,42 = 3,49 \text{ хв}$$

Визначимо додатковий час. Він складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок, визначається у відсотках від $T_{\text{оп}}$:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} * 0,08 \quad (6.24)$$

$$T_{\text{дод}} = 3,49 * 0,08 = 0,28 \text{ хв}$$

Розрахуємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} \quad (6.25)$$

$$T_{\text{шт}} = 3,49 + 0,28 = 3,77$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N} \quad (6.26)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заклучний час, який складається з:

- часу на отримання наряду і креслення, $T=4$ хв;
- часу на ознайомлення з кресленням, $T=3$ хв;
- час на інструктаж від майстра, $T=3$ хв;
- час на отримання інструменту, верстатного приладу, вимірювального інструменту та заготовки, $T=11$ хв;
- час на налагодження верстату, $T=1$ хв;

$$T_{\text{п-з}} = 4 + 3 + 3 + 11 + 1 = 22 \text{ хв}$$

$N=50$ – кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 3,77 + \frac{22}{50} = 4,21 \text{ хв}$$

Для операції 050 виконуємо розрахунок аналогічно операції 015:

Згідно таблиці 6.8 основний час для операції 050 дорівнює 0,93 хв.

Визначимо допоміжний час:

$$T_{\text{д}} = 0,16 + 2,46 = 2,62 \text{ хв}$$

Розрахуємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = 0,93 + 2,62 = 3,55 \text{ хв}$$

Визначимо додатковий час:

$$T_{\text{дод}} = 3,55 * 0,08 = 0,28 \text{ хв}$$

Розрахуємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 3,55 + 0,28 = 3,83 \text{ хв}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт-к}} = 3,83 + \frac{36}{50} = 4,55 \text{ хв}$$



2.7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Згідно з завданням, необхідно спроектувати верстатний пристрій для установки і закріплення заготовки «матриці» (див. Креслення деталі в додатку А)

для токарної з ЧПК операції №015 технологічного процесу виготовлення деталі. На розглянутій операції проводиться чорнове обточування зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки з розмірами $\varnothing 68,5h14$, $\varnothing 78h14$, підрізання зовнішніх торців заготовки з розмірами $86,5h14$, $8,5h14$, розточення циліндричних і конічних ступенів заготовки з розмірами $\varnothing 47,4H14$, $\varnothing 31,4H14$, $\varnothing 26H14$, $\varnothing 36,4H14$, $\varnothing 27,5H14$, а також підрізання внутрішніх торців з розмірами $17,6js14$, $37,5js14$, $7,6js14$, $6,25js14$. Зовнішні та внутрішні циліндричні і торцеві поверхні обробляються з припуском під подальше чистове обточування і розточування. Шорсткість всіх оброблюваних на даній операції поверхонь відповідає $6,3$ мкм за критерієм Ra. Обробка заготовки виконується за два установа.

Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції

Точність розмірів, що витримують на операції

На операції з точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 68,5h14$ виконується обробка поверхонь заготовки з розмірної точністю по 14 квалітету з шорсткістю $6,3$ мкм за критерієм Ra, що відповідає параметрам економічної точності, прийнятим для чорнового точіння (розточування). Ескіз операції представлений на рисунку 7.1.

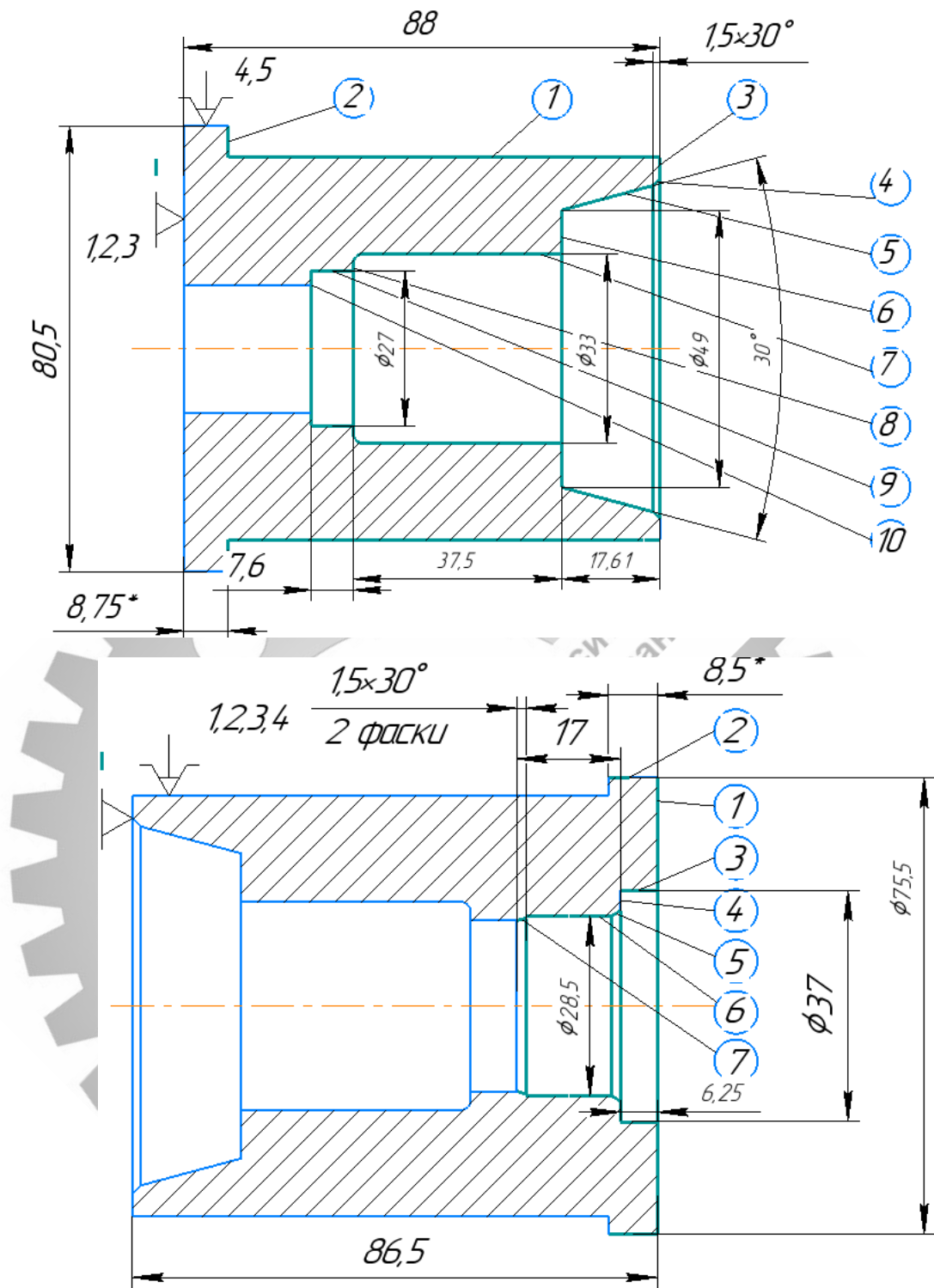


Рисунок 7.1 – ескіз операції

Розмірна точність. Номінальний розмір поверхні – 68,5 мм, поле допуску – h, квалітет розмірної точності – 14. [1, с. 46]

$$T_{\varnothing 68,5} = 740 \text{ мкм} = 0,74 \text{ мм}$$

На все діаметри відповідно до технічних вимог на виготовлення деталі, допуск беремо по 14 квалітету точності [1, с. 46]

- на діаметр 78

$$T_{\varnothing 78} = 740 \text{ мкм} = 0,74 \text{ мм}$$

- на розточення циліндричних і конічних ступенів заготовки діаметр 47,4

$$T_{\varnothing 47,4} = 620 \text{ мкм} = 0,62 \text{ мм}$$

- на розточення циліндричних і конічних ступенів заготовки діаметр 31,4

$$T_{\varnothing 31,4} = 620 \text{ мкм} = 0,62 \text{ мм}$$

- на розточення циліндричних і конічних ступенів заготовки діаметр 26

$$T_{\varnothing 26} = 520 \text{ мкм} = 0,52 \text{ мм}$$

- на розточення циліндричних і конічних ступенів заготовки діаметр 36,4

$$T_{\varnothing 36,4} = 620 \text{ мкм} = 0,62 \text{ мм}$$

- на розточення циліндричних і конічних ступенів заготовки діаметр 27,5

$$T_{\varnothing 27,5} = 520 \text{ мкм} = 0,52 \text{ мм}$$

Лінійні розміри підрізання зовнішніх торців заготовки задані вільними, а значить його допуск по 14 квалітету точності [1, с. 46].

- лінійний розмір 86,5

$$T_{86,5} = 870 \text{ мкм} = 0,87 \text{ мм}$$

На кресленнях рекомендується простановка таких відхилень заданого розміру $86,5^{+0,87}$

- лінійний розмір 8,5

$$T_{8,5} = 360 \text{ мкм} = 0,36 \text{ мм}$$

На кресленнях рекомендується простановка таких відхилень заданого розміру $8,5^{+0,36}$

- підрізання внутрішніх торців 17,6

$$T_{17,6} = 430 \text{ мкм} = 0,43 \text{ мм}$$

На кресленнях рекомендується простановка таких відхилень заданого розміру $17,6^{+0,43}$

- підрізання внутрішніх торців 37,5

$$T_{37,5} = 620 \text{ мкм} = 0,62 \text{ мм}$$

На кресленнях рекомендується простановка таких відхилень заданого розміру $37,5^{+0,62}$

- підрізання внутрішніх торців 7,6

$$T_{7,6} = 360 \text{ мкм} = 0,36 \text{ мм}$$

На кресленнях рекомендується простановка таких відхилень заданого розміру $7,6^{+0,36}$

- підрізання внутрішніх торців 6,25

$$T_{6,25} = 360 \text{ мкм} = 0,36 \text{ мм}$$

На кресленнях рекомендується простановка таких відхилень заданого розміру $6,25^{+0,36}$.

Точність форми оброблюваних поверхонь

Точність форми обробленої поверхні на даному етапі обробки заготовки не регламентується. При цьому характерними відхиленнями форми для циліндричної поверхні слід вважати відхилення від круглості і циліндричності. Визначимо їх значення для рівня нормальної відносної точності А (30% від допуску на розмір поверхні):

$$T_{\bigcirc} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 68,5} = 0,3 \cdot 740 = 222 \text{ мкм} = 0,222 \text{ мм} \quad (7.1)$$

$$T_{\bigcirc} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 78} = 0,3 \cdot 740 = 222 \text{ мкм} = 0,222 \text{ мм} \quad (7.2)$$

$$T_{\bigcirc} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 47,4} = 0,3 \cdot 620 = 186 \text{ мкм} = 0,186 \text{ мм} \quad (7.3)$$

$$T_{\bigcirc} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 31,4} = 0,3 \cdot 620 = 186 \text{ мкм} = 0,186 \text{ мм} \quad (7.4)$$

$$T_{\bigcirc} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 26} = 0,3 \cdot 520 = 156 \text{ мкм} = 0,156 \text{ мм}$$

(7.5)

$$T_{\bigcirc} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 36,4} = 0,3 \cdot 620 = 186 \text{ мкм} = 0,186 \text{ мм} \quad (7.6)$$

$$T_{\bigcirc} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 27,5} = 0,3 \cdot 520 = 156 \text{ мкм} = 0,156 \text{ мм} \quad (7.7)$$

Найбільш близьким стандартним значенням допуску форми поверхні (круглості, циліндричної) в даному випадку є 0,16 мм, що відповідає 12-й ступеня точності [1, с. 110].

Точність розташування оброблюваних поверхонь

Точність взаємного розташування оброблюваної поверхні на даному етапі обробки заготовки не регламентується. При цьому характерними відхиленнями взаємного розташування для циліндричної поверхні слід вважати відхилення від співвісності, перпендикулярності, радіальне биття. Визначимо допуск радіального биття поверхні $\varnothing 68,5h14$ для рівня нормальної відносної точності А (30% від допуску на розмір поверхні):

$$T_{\nearrow} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 68,5h14} = 0,3 \cdot 0,74 = 0,222 \text{ мм.} \quad (7.8)$$

Найбільш близьким стандартним значенням допуску радіального биття в даному випадку є 0,16 мм, що відповідає 10 ступеня точності [1, с. 110].

Шорсткість оброблюваних поверхонь

Шорсткість поверхні після обробки на даній операції відповідає 6,3 мкм за критерієм Ra.

Аналіз точності розмірів, форм, розташування і шорсткості базових поверхонь

Конструкція пристрою буде ґрунтуватися на базі заготовки по торця і по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 80,5$ мм і примикає до неї крайній лівий торець заготовки (установ А), а також зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 68,5$ мм примикає до неї крайній лівий торець заготовки (установ Б).

Точність розмірів базових поверхонь

Згідно з кресленням, поверхня $\varnothing 80,5$ обробляється по ІТ14 (установ А). Згідно [1, с. 46] знаходимо значення допуску:

$$T_{\varnothing 80,5} = 870 \text{ мкм} = 0,87 \text{ мм}$$

Це означає, що поверхня виконана з параметрами $\varnothing 80,5h14^{(+0,87)}$. Довжина поверхні $88_{(-0,87)}$ мм. Відношення $l/d < 1$, що свідчить про можливість використання поверхні як подвійної опорної бази.

Згідно з кресленням, поверхня $\varnothing 68,5$ обробляється по ІТ14 (установ Б).

Згідно [1, с. 46] знаходимо значення допуску:

$$T_{\varnothing 68,5} = 740 \text{ мкм} = 0,74 \text{ мм}$$

Це означає, що поверхня виконана з параметрами $\varnothing 68,5H14^{(+0,74)}$. Довжина поверхні $86,5_{(-0,87)}$ мм. Відношення $l/d < 1$, що свідчить про можливість використання поверхні як подвійної опорної бази.

Точність форми базових поверхонь

Похибка форми циліндричної поверхні $\varnothing 80,5H14$ і $\varnothing 68,5H14$ характеризується відхиленням від круглості і циліндричності (ГОСТ 24642 – 81*) і нормується по ГОСТ 24643 – 81 [1].

Оскільки допуск циліндричності і круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір:

$$T_{/o/\phi 80,5} = 0,3 \cdot 870 = 261 \text{ мкм}$$

Згідно [1, с. 110] беремо найближче стандартне значення допуску циліндричної і круглості:

$$T_{/o/\phi 80,5} = 250 \text{ мкм}$$

що відповідає 12-й ступеня точності.

Оскільки допуск циліндричної і круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір:

$$T_{/o/\phi 68,5} = 0,3 \cdot 740 = 222 \text{ мкм}$$

Згідно [1, с. 110] беремо найближче стандартне значення допуску циліндричної і круглості:

$$T_{/o/\phi 68,5} = 220 \text{ мкм}$$

що відповідає 11-й ступеня точності.

Похибка форми торця $\phi 80,5^{+0,87}$ характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказується, то це означає, що він входить до складу допуску на номінальний розмір. Розрахункове значення допуску на площинності:

$$T_{\square \phi 80,5} = 0,6 \cdot 870 = 522 \text{ мкм}$$

Згідно [1, с. 107] беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\square} \varnothing 80,5 = 540 \text{ мкм},$$

що відповідає 13-й ступеня точності.

Похибка форми торця $\varnothing 68,5^{+0,74}$ характеризується відхиленням від площинності. Оскільки допуск площинності не вказується, то це означає, що він входить до складу допуску на номінальний розмір. Розрахункове значення допуску на площинності:

$$T_{\square} \varnothing 68,5 = 0,6 \cdot 740 = 444 \text{ мкм}$$

Згідно [1, с. 107] беремо найближче стандартне значення допуску площинності:

$$T_{\square} \varnothing 68,5 = 350 \text{ мкм},$$

що відповідає 12-й ступеня точності.

Точність розташування базових поверхонь

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю $\varnothing 80,5H14$ і $\varnothing 68,5H14$ і биттю торця. На кресленні радіальне биття поверхні $\varnothing 80,5H14$ становить 1 мм, $\varnothing 68,5H14$ становить 1 мм.

Згідно [1, с. 109] вибираємо стандартний допуск

$$T_{\uparrow} \varnothing 80,5 = 1 \text{ мм},$$

$$T_{\uparrow} \varnothing 68,5 = 1 \text{ мм},$$

що відповідає 12-й ступеня точності.

Допуск торцевого биття торця $\varnothing 80,5$ на кресленні не вказано, тому беремо їх такими, що дорівнюють 60% від допуску на відповідний розмір:

$$T \uparrow \varnothing 80,5 = 0,6 \cdot 870 = 522 \text{ мкм,}$$

Згідно [1, с. 108] беремо найближче стандартне значення допуску торцевого биття:

$$T \uparrow \varnothing 80,5 = 500 \text{ мкм,}$$

що відповідає 14-й ступеня точності.

Допуск торцевого биття торця $\varnothing 68,5$ на кресленні не вказано, тому беремо їх такими, що дорівнюють 60% від допуску на відповідний розмір:

$$T \uparrow \varnothing 68,5 = 0,6 \cdot 740 = 444 \text{ мкм,}$$

Згідно [1, с. 108] беремо найближче стандартне значення допуску торцевого биття:

$$T \uparrow \varnothing 68,5 = 500 \text{ мкм,}$$

що відповідає 14-й ступеня точності.

Шорсткість базових поверхонь

Шорсткість поверхні, зазначена на кресленні для всіх розмірів Ra 6,3 мкм. Це відповідає вимогам по точності, що пред'являються до базових поверхонь. Торець хоча і має шорсткість Ra 6,3 мкм, але для досягнення необхідної точності на даній операції цього достатньо.

У проектованому пристрої планується обробляти заготовки з базовими поверхнями саме таких або в межах ± 10 розмірів із зазначеними параметрами точності. Іншими словами, адаптивні властивості настановних елементів пристрою повинні знаходитися в межах допусків зазначених розмірів.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватися проектований пристрій

У заводському технологічному процесі на розглянутій операції заготовка обробляється з використанням універсального токарно-гвинторізного верстата моделі 16К20. При цьому установка і закріплення заготовки здійснюється з використанням універсального токарного патрона з ручним приводом закріплення заготовки. В умовах запропонованого перспективного технологічного процесу виготовлення «матриці» заготовка обробляється на токарному верстаті з ЧПУ моделі Doosan Lynx 220 LMA.

При обробці в умовах базового технологічного процесу заготовка встановлювалася в трикулачні токарному патроні і закріплювалася вручну. При цьому робочий мав 4-й розряд. Застосування універсального безналадоного пристрою з механізованим приводом дозволить знизити розряд верстатника на даній операції до 3-го розряду, знизить трудомісткість обробки за рахунок скорочення витрат допоміжного часу на установку, закріплення і розкріплення заготовки, підвищить стабільність в забезпеченні розмірної точності оброблюваних поверхонь.

Складання переліку функцій, що реалізуються

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.
2. Закріплення заготовки.
3. Базування пристрою на верстаті.
4. Закріплення пристрою на верстаті.
5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Утворення вихідної сили для закріплення.
7. Управління енергоносієм.
8. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).
9. Обробка поверхонь: чорнове обточування зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки з розмірами $\varnothing 68,5h14$, $\varnothing 78h14$, підрізання зовнішніх торців заготовки з розмірами $86,5h14$, $8,5h14$, растачивание циліндричних і конічних ступенів заготовки з розмірами $\varnothing 47,4H14$, $\varnothing 31,4H14$, $\varnothing 26H14$, $\varnothing 36,4H14$, $\varnothing 27,5H14$, а також підрізання внутрішніх торців з розмірами $17,6js14$, $37,5js14$, $7,6js14$, $6,25js14$.
10. Поворот столу на кут 75° .
11. Створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функцій.

На дану операцію, можливо запропонувати лише одну схему базування і закріплення заготовки(узгоджено з викладачем):

1 – базування зовнішньої циліндричної поверхні з упором в торець.

Розробка і обґрунтування схеми базування

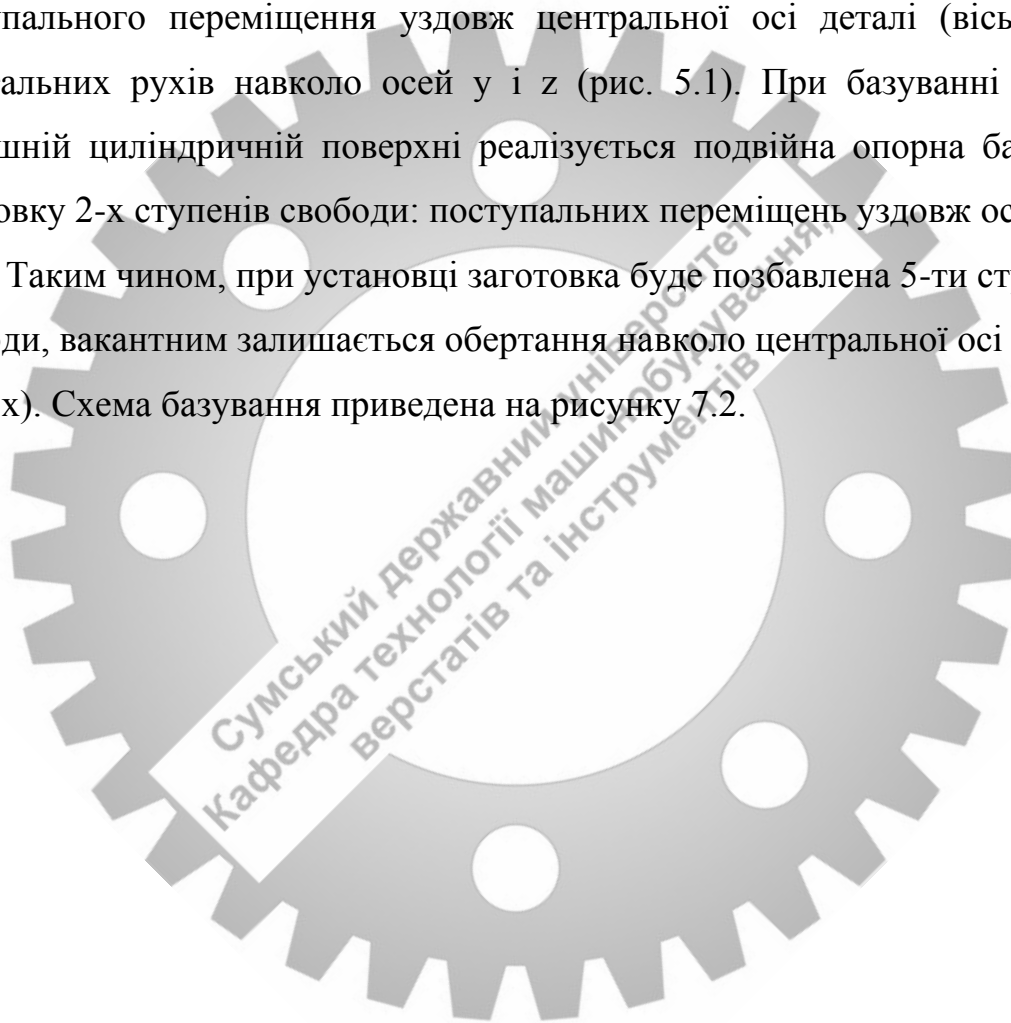
Вибір установочної базової поверхні

При виборі базових поверхонь слід віддавати перевагу поверхням, які мають просту (правильну) форму, достатню протяжність (площа), досить високу геометричну точність і чистоту. Також слід враховувати можливість використання принципів сталості та суміщення баз. Всім цим критеріям відповідають зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 80,5$ мм і примикає до неї крайній лівий торець заготовки (установ А), а також зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 68,5$ мм примикає до неї крайній лівий торець заготовки (установ Б).

Так, передбачається, що заготовка при обтачуванні зовнішніх циліндричних поверхонь, розточування отворів і підрізання торців на токарної з ЧПУ операції буде встановлена в токарному трикулачному 3-х кулачковому патроні по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 80,5$ мм з упором в лівий торець на установе А і $\varnothing 68,5$ мм з упором в лівий торець на установе Б (рис. 5.1).

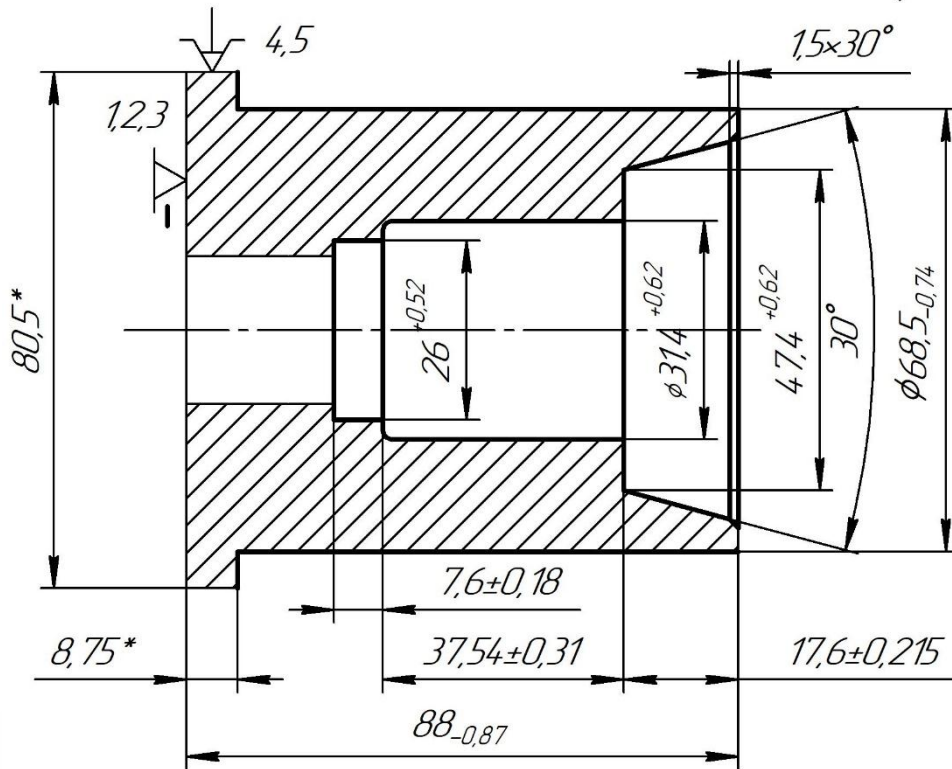
При базуванні заготовки по лівого торця реалізується установча технологічна база, що позбавляє заготовку 3-х ступенів свободи, в тому числі поступального переміщення уздовж центральної осі деталі (вісь x), а також обертальних рухів навколо осей y і z (рис. 5.1). При базуванні заготовки по зовнішній циліндричній поверхні реалізується подвійна опорна база, позбавляє заготовку 2-х ступенів свободи: поступальних переміщень уздовж осей y і z .

Таким чином, при установці заготовка буде позбавлена 5-ти ступенів свободи, вакантним залишається обертання навколо центральної осі заготовки (Вісь x). Схема базування приведена на рисунку 7.2.



Установ А

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (N)}$



Установ Б

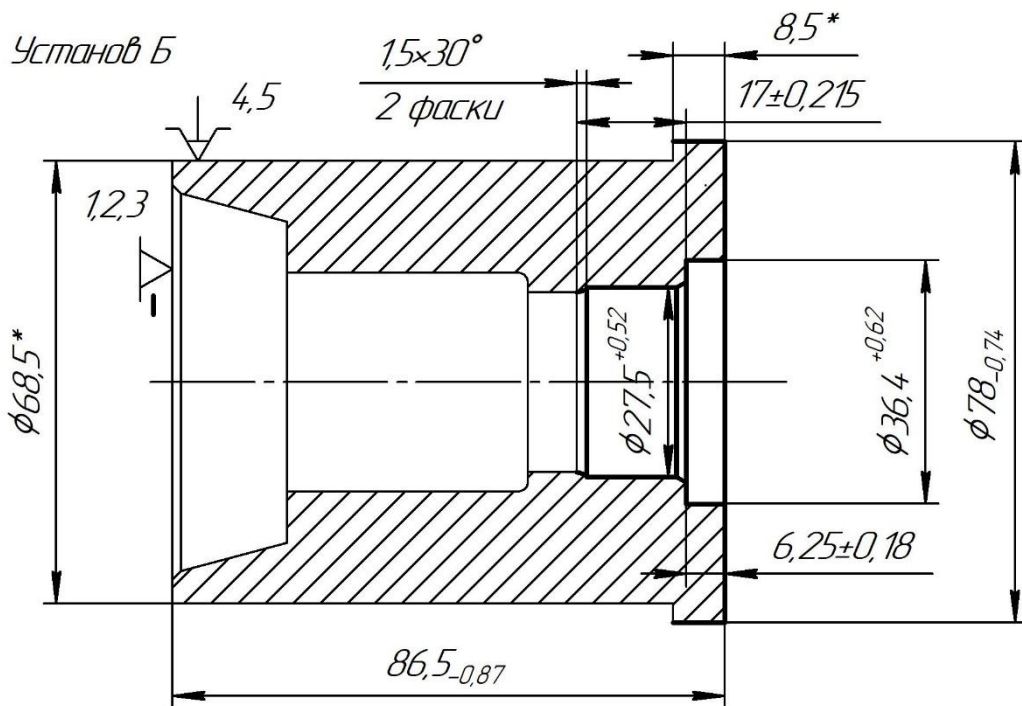


Рисунок 7.2 – Схема базування заготовки

Вибір подвійної-опорної базової поверхні

Виконаємо аналіз схеми базування заготовки в пристрої з точки зору можливості забезпечення розмірної точності операційних розмірів.

При використанні токарного трикулачні патрона автоматично забезпечується збіг центральної осі заготовки з центральною віссю шпинделя верстата. При цьому забезпечується збіг технологічних і вимірювальних баз формованих операційних розмірів, заданих в радіальному напрямку. Для таких розмірів похибка базування буде дорівнює нулю.

Для лінійного розміру $88_{-0,87}$ мм (Установ А) має місце збіг технологічної та вимірювальної баз (лівий торець заготовки), тобто похибка базування $E_{688} = 0$ мм. Для інших лінійних розмірів технологічна та вимірювальна бази не збігаються, для них похибка базування $E_6 \neq 0$. Однак, дані розміри пов'язані між собою і торцем заготівлі, оброблюваних в розмір $88_{-0,87}$ мм. Всі ці розміри формуються при обробці заготовки за один установ. Таким чином, похибка базування в даному випадку втрачає своє значення.

Аналогічна ситуація має місце при обробці заготовки на установе Б. Для лінійного розміру $86,5_{-0,87}$ мм має місце збіг технологічної та вимірювальної баз (лівий торець заготовки), тобто похибка базування $E_{686,5} = 0$ мм. Для інших лінійних розмірів технологічна та вимірювальна бази не збігаються, для них похибка базування $E_6 \neq 0$. Однак, дані розміри пов'язані між собою і торцем заготовки, оброблюваних в розмір $86,5_{-0,87}$ мм. Всі ці розміри формуються при обробці заготовки за один установ.

В результаті проведеного аналізу можна зробити висновок: запропонована схема базування заготовки (рис. 5.1) гарантує забезпечення точності операційних розмірів при обробці поверхонь заготовки гострінням. Домінуючою похибкою при забезпеченні точності операційних розмірів, заданих в радіальному і осьовому напрямку слід вважати точність позиціонування робочих органів верстата, значення якої відповідає 0,01 мм.

Побудова функціональної структури пристрою

З набору функцій наведених в 5 пункті, виділимо ті які реалізуються в перебігу оперативного часу: 0, 1, 2, 5, 6, 7, 10. Функції 3, 4, 8 впливають на підготовчо-заклучний час; функції 8, 11 прямого впливу на штучний час не роблять. Схема послідовної реалізації функцій приведена на рисунку 7.3.

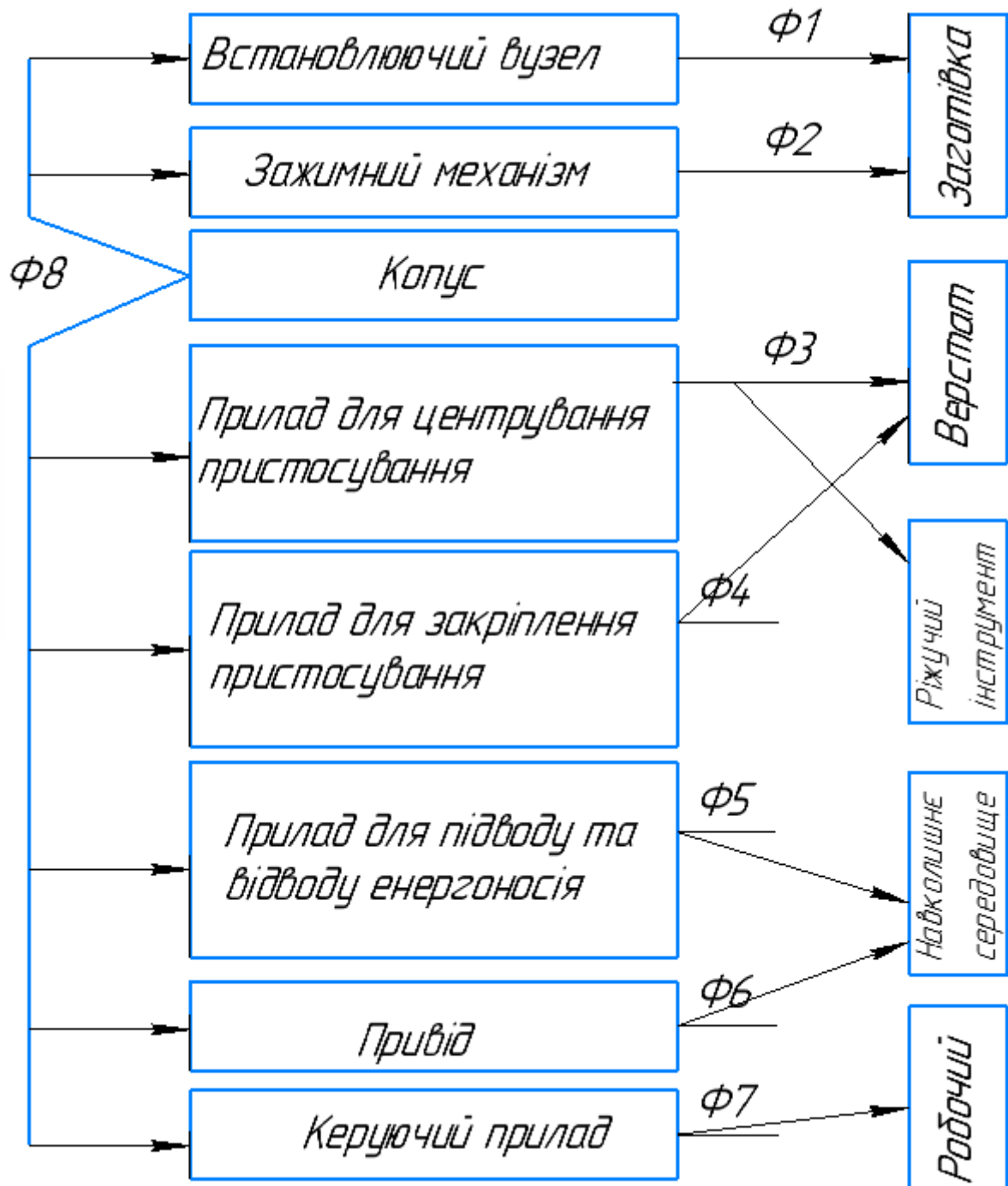


Рисунок 7.3 – Схема послідовної реалізації функцій

Керуючись нормативами часу, складемо структуру потоку функцій при їх послідовній реалізації (рисунок 7.4).

Послідовна структура реалізації потоку функцій є найбільш тривалою за часом, проте в даному випадку це єдина можливість обробки заготовки на даній операції при дрібносерійному типі виробництва, де обробка ведеться по можливості стандартним ріжучим інструментом і суміщення переходів не представляється можливим.

Функціональна структура проєктованого пристрою представлена на малюнку 7.2.

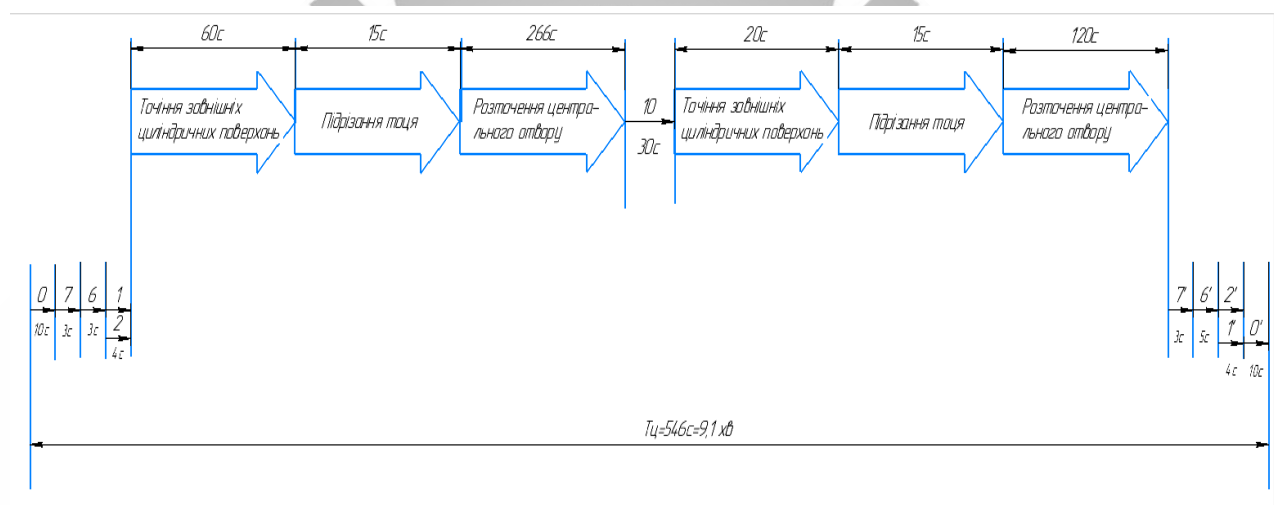


Рисунок 7.4 - Функціональна структура проєктованого пристрою

Розробка і обґрунтування схеми закріплення

Аналіз структури полів збурюючих сил

При обточування поверхонь заготовки передається тангенціальна складова сили різання P_z , точка докладання якої розташована на зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 78$ мм (рис. 8.1). Діючи по дотичній до поверхні $\varnothing 78$ мм тангенціальна складова сили різання P_z створює крутний момент $M_{кр}$, який провертає заготовку навколо її центральної осі. Для того, щоб врівноважити момент $M_{кр}$ до заготовки в радіальному напрямку з боку кулачків патрона по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 68,5$ мм прикладена сила закріплення P_3 (рис. 8.1). Сила закріплення P_3 ,

Момент тертя, створюваний силою закріплення P_3 можна розрахувати за формулою

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot R = P_3 \cdot f \cdot r, \quad (7.10)$$

де f – коефіцієнт тертя. приймаємо $f = 0,16$;

r – радіус, на якому прикладена сила закріплення. Згідно рис. 7.5 приймаємо $r = 34,25$ мм.

Крутний момент $M_{\text{кр}}$, створюваний силами різання можна розрахувати за формулою

$$M_{\text{кр}} = P_z \cdot R, \quad (7.11)$$

де R – радіус, на якому прикладена тангенціальна складова сили різання P_z . Згідно рис. 3.1 приймаємо $R = 39$ мм.

8.3 Розрахунок сил закріплення

Коефіцієнт запасу $K_{\text{зап}}$ розрахуємо за формулою

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.12)$$

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

$K_1 = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні інструменту;

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

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує переривчасті умови різання;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує рід приводу;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує зручність в обслуговуванні приводу;

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

В результаті отримаємо:

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \approx 2,8.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_{\text{зап}} = 2,8$.

Так, силу закріплення заготовки можна розрахувати за формулою

$$P_3 = (P_z \cdot R \cdot K_{\text{зап}}) / (f \cdot r). \quad (7.13)$$

В результаті попередніх розрахунків встановлено, що значення тангенціальної складової сили різання в процесі обточування зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки і підрізання торців не перевищує 1100 Н. Тоді значення сили закріплення заготовки з урахуванням прийнятих умов складе:

$$P_3 = (1100 \cdot 39 \cdot 2,8) / (0,16 \cdot 34,25) \approx 21920 \text{ (Н)}.$$

У конструкції патрона в якості передавального пристрою між штоком приводу і кулачками передбачається використовувати клинову муфту.

Розрахуємо зусилля на штоку приводу з урахуванням кута нахилу $\alpha = 25^\circ$ напрямних клинової муфти патрона:

$$Q = P_3 \cdot \text{tg}\alpha, \quad (7.14)$$

де Q – зусилля на штоку пневмоциліндра приводу патрона.

$$Q = 21920 \cdot \text{tg}(25^\circ) = 10220 \text{ (Н)}.$$

Розрахунок на міцність

Розраховуємо на міцність різьблення штока. По конструктивних міркувань і попередньої компоновки пристрою приймемо різьблення на штоку М12х1,75-6g. Сила на штоку $W=7618$ Н, матеріал гвинта – Сталь 40 ГОСТ 1050-88.

Внутрішній діаметр різьби розраховується за формулою:

$$d_B = d_H - (0,541P) \cdot 2 \quad (7.15)$$

$$d_B = 12 - (0,541 \cdot 1,75) \cdot 2 = 10,1065 \text{ мм.}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу різьби розраховується за формулою:

$$S_{\text{мінірез}} = \frac{\pi d_B^2}{4} \quad (7.16)$$

$$S_{\text{мінірез}} = \frac{\pi \cdot 10,1065^2}{4} = 80,22 \text{ мм}^2$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює 300 МПа.

Допустимі напруги розтягування визначається за формулою:

$$[\sigma_P] = 0,5 \cdot \sigma_T \quad (7.17)$$

$$[\sigma_P] = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ МПа.}$$

Запишемо умову міцності на розтягнення:

$$\sigma_P = \frac{W}{S_{\text{мінірез}}} \leq [\sigma_P] \quad (7.18)$$

$$\sigma_p = \frac{7618}{80,22} = 95 < 150 \text{ Мпа}$$

Отже міцність штока забезпечується, так як міцність забезпечується навіть в його мінімальному перетині (на різьбовому ділянці). Розрахункова схема навантаження різьбової ділянки штока приведена на рисунку 7.6.

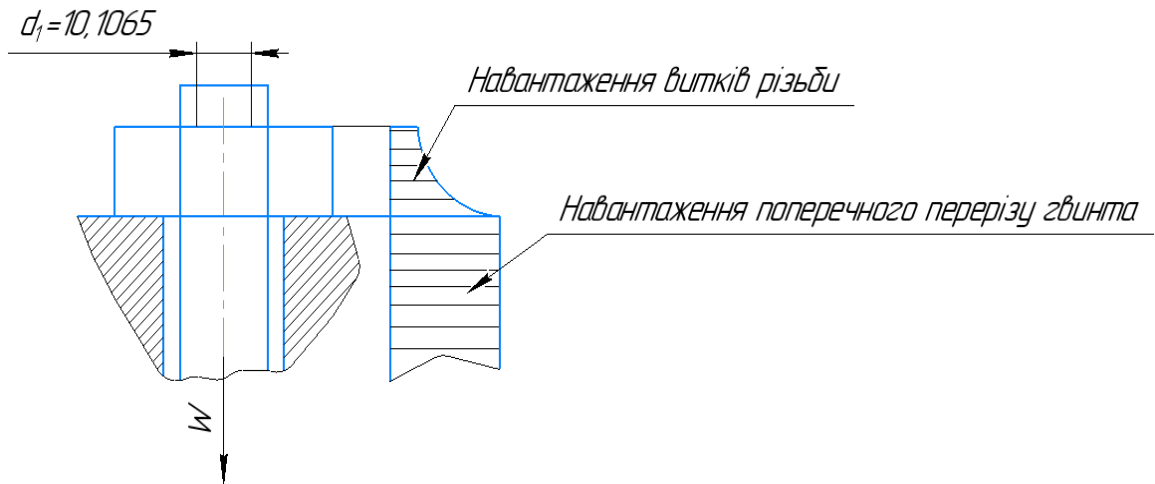


Рисунок 7.6 - Розрахункова схема навантаження різьбової ділянки штока

Обґрунтування вибору приводу

В якості механізованого приводу закріплення заготовки пропонується використовувати пневмоциліндр двосторонньої дії. При цьому тягнуче робоче зусилля на штоку приводу, що визначає силу закріплення заготовки, буде забезпечуватися при подачі стисненого повітря в штокову порожнину циліндра. Повернення поршня зі штоком приводу в початковий стан буде також забезпечуватися стисненим повітрям, що подається з пневмомережі в безштокові порожнину циліндра.

Згідно [3] діаметр пневмоциліндра двосторонньої дії при подачі стисненого повітря в штокову порожнину можна розрахувати за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2} , \quad (7.19)$$

де Q – сила на штоку пневмоциліндра. Приймаємо $Q = 10220 \text{ Н}$;

p – тиск повітря пневмомережі. Приймаємо $p = 0,4$ МПа;

η – ККД приводу. Приймаємо $\eta = 0,8$;

d – діаметр штока пневмоциліндра. Приймаємо із конструктивних міркувань $d = 40$ мм.

Тоді маємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10220}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,8} + 40^2} \approx 206 \text{ (мм)}.$$

Розрахункове значення діаметра циліндра округляємо в більшу сторону до найближчого стандартного значення $D_\phi = 250$ мм.

Фактичне значення сили на штоку пневмоциліндра розрахуємо за формулою:

$$Q_\phi = \frac{\pi \cdot (D_\phi^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{4} = \frac{\pi \cdot (250^2 - 40^2) \cdot 0,4 \cdot 0,8}{4} \approx 15310 \text{ (Н)}. \quad (7.20)$$

Тоді фактична сила закріплення складе:

$$P_{з.\phi} = \frac{Q_\phi}{\text{tg}(\alpha)} = \frac{15310}{\text{tg}(25^\circ)} \approx 32820 \text{ (Н)}.$$

Фактичні значення сили на штоку пневмоциліндра і сили закріплення заготовки вкажемо на складальному кресленні верстатного пристрою в технічних характеристиках.

Точнісні розрахунки приладу

При чорновому точінні заготовки до розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих допусків оброблюваних поверхонь заготовки слід віднести радіальне биття установлювальних поверхонь кулачків щодо посадкового паска патрона. Зазначена похибка може привести до підвищеного радіального биття циліндричних поверхонь деталі на токарній операції і її слід обумовити в технічних вимогах, пропонованих до точності виготовлення окремих елементів проектного патрона.

У розділі 7 цієї роботи встановлено значення допуску радіального биття 0,16 мм, що відповідає нормальній відносній точності при обробці поверхні $\varnothing 68,5h14$.

Допустиму похибку верстатного пристрою розрахуємо за формулою

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_u^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (7.21)$$

де $K = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального закону розподілу окремих складових рівняння;

$K_1 = 0,8$ – для випадків, коли $E_6 \neq 0$;

E_6 – похибка базування. При базуванні заготовки по отвору на жорсткій циліндричній оправці у вертикальній площині $E_6 = 0$ мм;

E_3 – похибка закріплення. Приймаємо $E_3 = 0$ мм;

E_y – похибка установки пристрою на шпинделі верстата. Приймаємо $E_y = 0$ мкм;

E_u – похибка, пов'язана з зносом встановлювальних елементів пристрою. З урахуванням рівномірного зносу встановлювальних елементів пристрою приймаємо $E_u = 0$ мкм;

E_n – похибка установки і прекос інструменту на верстаті; приймаємо

$E_n = 0$ мкм;

$K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\omega = 50$ мкм – середня економічна точність обробки.

Для узгодження умов отримаємо:

$$E_{np} = 0,16 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,05)^2} = 0,124 \text{ мм.}$$

З урахуванням отриманих даних приймаємо допуск радіального биття робочих поверхонь кулачків щодо посадочної поверхні корпусу патрона в розмірі 0,1 мм (як найближче менше значення допуску зі стандартного ряду).

Опис пристрою і принципу дії пристрою. Спроекований патрон являє собою корпус 1, до якого за допомогою трьох гвинтів 21 кріпиться проміжний фланець 2, що має внутрішню конічну посадочну поверхню для установки і кріплення за допомогою гвинтів 24 до шпинделя токарного верстата з ЧПК.

У середині корпусу 1 в радіальних пазах розміщені три корпуси 15, в пазах яких, в свою чергу, за допомогою шести гвинтів 22 закріплюються три кулачка 16 (по одному кулачку на кожен корпус). З іншого боку корпусу 15 по похилих напрямних входять в пази клиновий муфти 18, яка за допомогою втулки 3 з допомогою втулки 6 і гайки 11 з'єднана з тягою 7. Остання з'єднана зі штоком пневмоциліндра 28. Опорна пластина 14 закріплена гвинтами 20 на корпусі 1 патрона.

Пристрій працює наступним чином. Спочатку вручну налаштовується «розвід» кулачків 16 щодо корпусів 15 на необхідний діаметр закріплюємої заготовки. Потім оброблювана заготовка встановлюється по лівому торцю на торець кулачка 16. Після подачі повітря в праву порожнину пневмоциліндра 28, поршень останнього зі штоком і тягою 7, втулкою 3 і клинвою муфтою 18 переміщається вліво, зміщуючи по похилих пазах муфти 18 до центру корпусу 15 з кулачками 16, що і призводить до закріплення заготовки. Розкріплення заготовки відбувається в зворотній послідовності після подачі повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 28.

2.8 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Згідно з завданням, необхідно спроектувати контрольно-вимірювальне пристосування (КВП) для контролю співвісності внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 28,01$ матриці щодо базової поверхні $\varnothing 68_{-0,02}^{0,01}$ (базою є вісь деталі) з допуском 0,02 мм, див. рисунок 1.1.

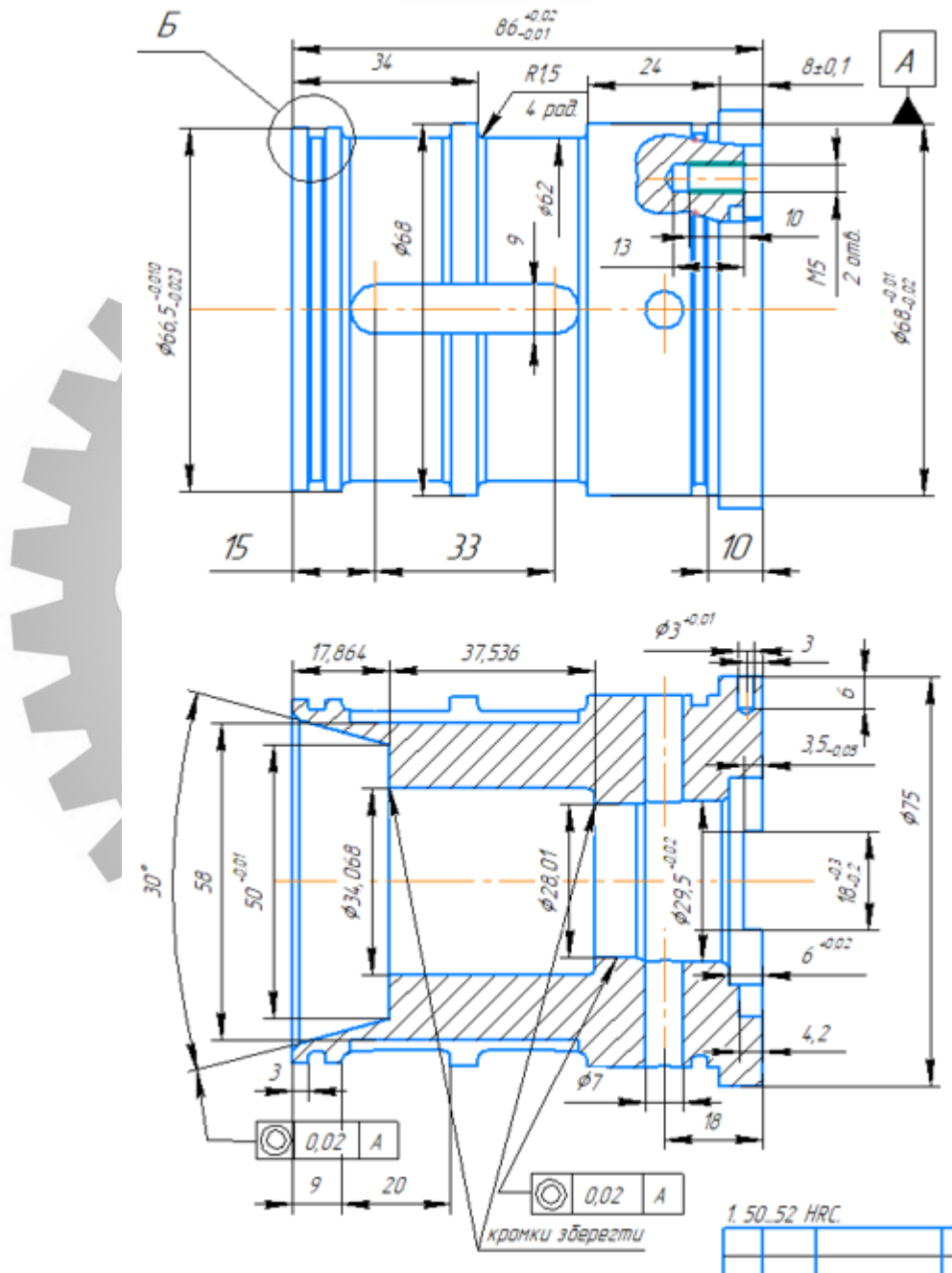


Рисунок 1.1 – Ескіз «Матриці»

Початкові дані для проектування

Річна програма випуску визначена в 2000 деталей. Це відповідає середньо серійний типу виробництва. При заданому періоді виробництва виробів в 10 років і при суцільному контролі, проєктований КВП повинен здійснити 20000 робочих циклів для перевірки запланованого обсягу випуску. Відповідно до завдання контроль співвісне биття деталі буде здійснюватися після остаточної обробки заготовки на робочому місці контролера ВТК.

Обґрунтування необхідності проектування КВП

На цей час контроль радіального биття «Матриці» здійснюється альтернативним методом із застосуванням універсальних засобів, зокрема, токарного самоцентруючого патрону і магнітної індикаторної стійки безпосередньо на токарному верстаті. Ні метод, ні засіб не можна визнати прийнятними, оскільки перевірка проводиться із залученням верстатного устаткування, розташованому на механічній дільниці далеко від ВТК і не дає необхідної інформації про стан процесу обробки і якості виробів. Крім того, великий вплив на якість контролю в даному випадку надають суб'єктивні особливості оператора, у зв'язку з чим похибка контролю може досягати 25% [1].

Відпрацювання конструкції деталі на технологічність вимірювання

В цілому контроль співвісності «Матриці» викликає деякі труднощі, оскільки проставлення відхилень розташування поверхонь є вірним але вимірювальна базова поверхня є занадто короткою для повноцінної реалізації подвійної направляючої бази, яка необхідна для точного проведення вимірювання даного відхилення розташування поверхонь. При залученні у схему базування лівого торця можлива реалізації установочної та подвійної опорної баз, що є абсолютно неприйнятним. Є можливість дотриматися принципу суміщення баз. Допуск на співвісне биття заданий в межах 0,02 мм, що відповідає 6-му ступеню точності згідно з [2].

Уточнення мети операції контролю та її організаційно-технологічних показників

Вибір категорії контролю

Продукція, що випускається за своїми техніко-економічними показниками повинна відповідати сучасним вимогам діючих стандартів. Таку продукцію відносять до 1-ї категорії якості. Обмежимося 3-й категорією контролю [3]. Виробництво подібного технологічного класу деталей можна вважати давно освоєним і усталеним. Тому приймаємо нормальний режим контролю згідно з ГОСТ 20736-75. Встановимо наступні показники операції контролю: за обсягом – суцільний контроль; за часом – постійний; за структурою – одноразовий [3].

З урахуванням цього при випуску запланованого обсягу продукції необхідно перевірити радіальне биття 20000 деталей. Виходячи з цього, спроектуємо нерозбірне спеціальне пристосування (НСП).

Вибір контрольних точок об'єкту вимірювання

Співвісне биття визначається сумарним відхиленням профілю розглянутого перетину від круглості і відхиленням його центру щодо базової осі і чисельно дорівнює різниці Δ найбільшої та найменшої відстаней від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі в перерізі площиною, перпендикулярною до базової осі. Виходячи з вищевказаного визначення, під час контролю радіального биття, останнє визначатимемо по поверхні діаметром $\varnothing 68_{-0,02}^{-0,01}$ не ближче 3 – 5 мм до кожного її краю.

Уточнення і аналіз точності параметрів контрольованої поверхні

За контрольовану поверхню приймаємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 28,01$. Визначимо кількісно параметри точності цієї поверхні.

Поверхня $\varnothing 28,01$ повинна бути виконана в номінальний розмір 28,01 мм. Допуск на розмір поверхні згідно з 14 квалітетом точності становить $\varnothing 28,01 = 0,52$ мм з розташуванням відхилень зовні. Верхнє відхилення $ES = 0$ мм, нижнє відхилення $EI = 0,52$ мм.

Точність форми контрольованої поверхні кресленням деталі не регламентовано. Тому, як точність форми, розглянемо, характерне для циліндричної поверхні її відхилення від циліндричності. Так як допуск на точність форми поверхні не вказано, то ми беремо його в межах допуску на відповідний діаметральний розмір. В цьому випадку, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск циліндричності становить 30% від допуску на діаметр:

$$T_{\odot} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 28,01} = 0,3 \cdot 0,52 = 0,156 \text{ мм,}$$

що відповідає найближчому стандартному значенню 0,2 мм та 14-му ступеню точності згідно з [2].

Визначення конструкторсько-технологічних особливостей контрольованої деталі

Контроль заданого параметра здійснюється після остаточної механічної обробки деталі на столі ВТК. Деталь за своїми конструктивними особливостями відноситься до тіл обертання, за технологічними – до класу вал. Маса деталі – 1,46 кг. Матеріал – нержавіюча сталь 40X13 ГОСТ 5950-73, призначена для виготовлення деталей, які працюють в умовах підвищених корозійних навантажень. Сталь 40X13 має середній вміст вуглецю – від 0,4%, хрому – 13 %. Крім цих елементів у розглянутій сталі може бути незначний вміст таких домішок як кремній, марганець, нікель, мідь, сірка, фосфор.

Вибір схеми контролю

З усієї сукупності поверхонь, що утворюють деталь, претендувати на базові можуть лише одна поверхня, що здатна контролювати співвідносі: зовнішній діаметр $\varnothing 68_{-0,02}^{-0,01}$ деталі. Цей вибір обумовлений можливістю поєднання конструкторської, технологічної та вимірjuвальної баз, що визначають контроль заданого параметра. Визначимо кількісно параметри точності цієї поверхні.

Циліндрична поверхня $\varnothing 68_{-0,02}^{-0,01}$ виконана за 5 квалітетом точності й допуском 0,01 мм [2]. Номінальний розмір – 68 мм. Верхнє відхилення $e_s = -0,01$ мм; нижнє відхилення $e_i = -0,02$ мм. . Так як допуск на точність форми поверхні не вказано, то ми беремо його в межах допуску на відповідний діаметральний розмір. В цьому випадку, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск циліндричності становить 30% від допуску на діаметр:

$$T_{\odot} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 68_{-0,02}^{-0,01}} = 0,3 \cdot 0,01 = 0,003 \text{ мм,}$$

що відповідає найближчому стандартному допуску в 0,003 мм та 3-му ступеню точності [2].

Шорсткість циліндру $\varnothing 68_{-0,02}^{-0,01}$ відповідає 0,4 мкм за критерієм Ra.

Обґрунтування вибору схеми базування контрольованої деталі

Аналізуючи параметри точності базових поверхонь приходимо до висновку про придатність розглянутих поверхонь на роль базових. На рисунку 5.1 представлена схема базування контрольованої деталі. З рисунка 5.1 видно, що отвір $\varnothing 45k6$ з встановленою в нього розтискною оправкою реалізує подвійну направляючу базу, яка позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності: двох

обертальних і двох поступальних переміщень навколо і уздовж осей X і Y при вертикальному розташуванні центральної осі деталі. Нижній торець деталі $\varnothing 45$ грає роль опорної бази, яка накладає на деталь ще один (п'ятий) зв'язок, позбавляючи виріб поступального переміщення уздовж осі Z. Оскільки обрана схема базування дозволяє дотриматися принципу суміщення баз для контрольованого параметра, то похибка базування $\varepsilon_{\delta \uparrow} = 0$ мм.

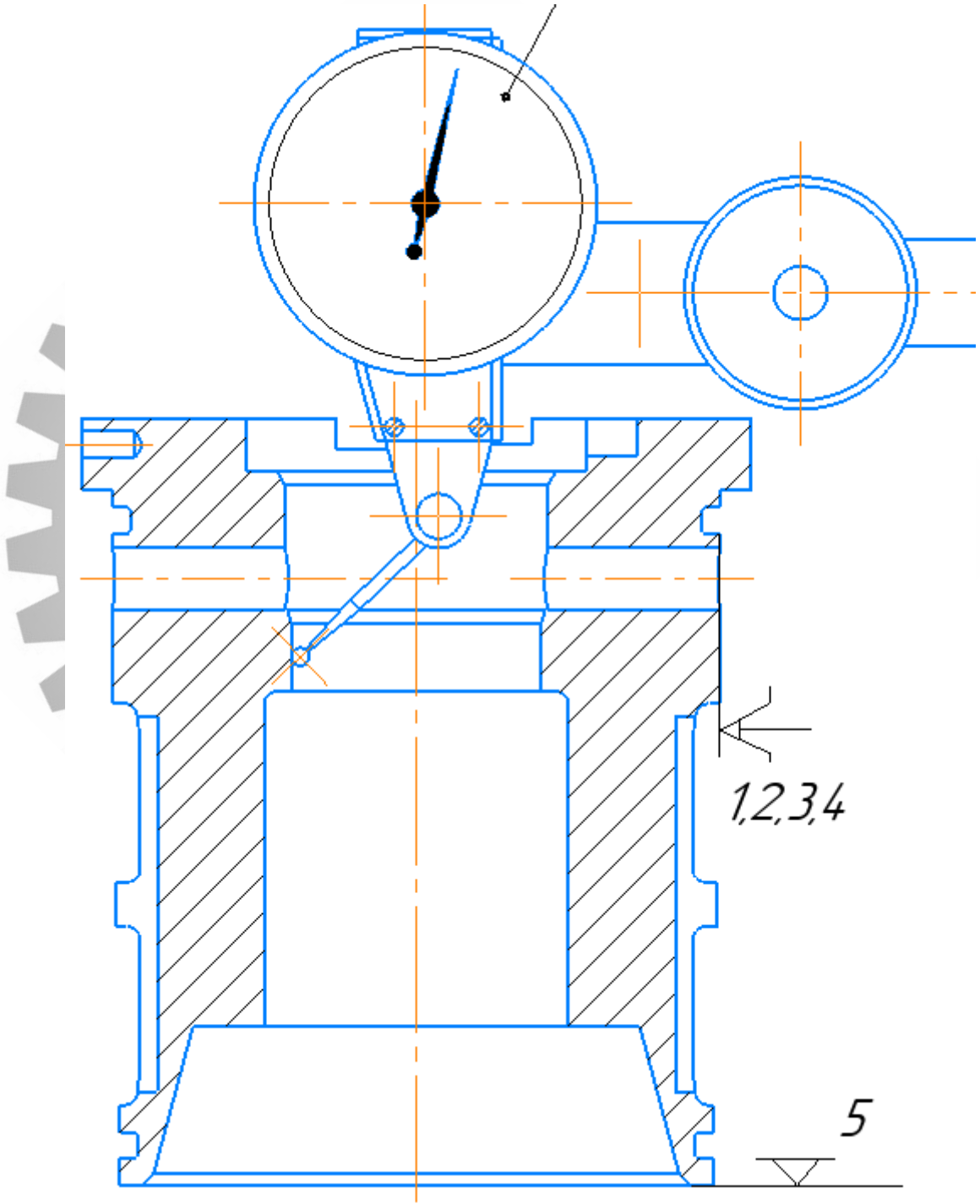


Рисунок 5.1 – Схема контролю й базування деталі

Обґрунтування вибору схеми закріплення контрольованої деталі

Під час вимірювання співвісності «матриці», вісь деталі буде розташовано вертикально, у зв'язку з чим сили гравітації будуть притискати деталь до опорних поверхонь. Під час установки виробу буде використовуватися затискна гідропластова оправка. Остання буде забезпечувати незначне зусилля затискання, що дозволить вибрати гарантований зазор між оправкою та отвором. В результаті, похибка закріплення єз виробу дорівнюватиме нулю.

Визначення умов експлуатації проектного КВП

Контроль заданого параметра буде проводитися безпосередньо на столі ВТК, розташованому поруч з механічною дільницею. Звідси можна зробити висновки про не зовсім сприятливі умови експлуатації КВП. Температура в робочій зоні – $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ (ГОСТ 12.01.005-88). Відносна вологість повітря – $\varphi_n = 80\%$. Атмосферний тиск – $P_{at} = 86 - 106$ кПа; швидкість руху повітря – 3 м. Арк. № докум. Підп. Дата Арк. $9 \text{ VB} \leq 0,5 \text{ м/с}$. Частота вібрацій, викликана верстатами $f = 20 - 30$ Гц. Основним фактором, що визначає працездатність зору, є освітленість. Тому поряд із загальним необхідно передбачити місцеве освітлення з $E_f = 1500$ люкс [4].

Складання переліку частинних функцій, які слід реалізувати в КВП. Визначення структури потоку функцій

З переліку функцій, які реалізуються в КВП, складемо набір функцій, які необхідно здійснити, щоб стала можливою операція контролю:

- 1) установка (зняття) деталі;
- 2) базування;
- 3) закріплення;
- 4) налагодження;
- 5) об'єднання;
- 6) прийом інформації;
- 7) передача і перетворення інформації;
- 8) видача (відображення) результатів вимірювання;
- 9) підведення і (відведення) засобу вимірювання.

Вибір і обґрунтування методу вимірювання

З можливих альтернатив прямого і непрямого методу віддаємо перевагу прямому методу, оскільки його простіше зробити при контролі співвісності контрольованих поверхонь «Матриці». При цьому немає необхідності в перерахунку контрольованого параметра і отримується точність цілком достатня для допуску, що перевіряється.

При виборі контактного або безконтактного способів віддаємо перевагу контактному способу. Це обумовлено тим, що характеристики міцності матеріалу деталі є досить високими (сталь 40Х13) і контрольована поверхня без деформацій і змінання може сприйняти значне вимірювальне зусилля. При цьому певне зусилля вимірювання сприятиме видалення бруду і сторонніх тіл з місця вимірювання.

Для забезпечення точкового контакту призначаємо наконечник сферичної форми з радіусом не менше 3 мм.

З огляду на значну твердість контрольованої поверхні, геометричні параметри наконечника, орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 500 сН (5 Н). В цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля визначається за формулою (6.1)

$$\Delta_{зус} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{\frac{P_{зус}^2}{r}} \quad (6.1)$$

де $\Delta_{зус}$ – величина похибки контактної деформації, мкм;

K – коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника. Для умови твердого сплаву маємо $K = 0,81$;

$P_{зус}$ – вимірювальне зусилля, Н;

r – радіус сфери наконечника, мм

$$\Delta_{\text{зус}} = 0,43 \cdot 0,81 \sqrt[3]{\frac{5^2}{3}} = 0,67 \text{ мкм}$$

Деталь контролюється при повороті на 360° , що характерно для динамічного методу контролю.

Питання про розташування деталі при контролі було вирішено в пункті 5.6 (див. рисунок 5.4), де обґрунтовано вертикальне розташування деталі.

З двох можливих методів - абсолютного і відносного - кращий другий (відносний), так як він надає більш широкі можливості для різних конструктивних рішень, дозволяє здійснити більш точні вимірювання.

Налаштування КВП буде проводитися без використання еталонної деталі.

Виходячи зі структури потоку функцій, що реалізуються КВП, встановлюємо час на контрольну операцію 2,0 хв. Така тривалість контролю не вимагає високого рівня механізації, так як може бути здійснена вручну на простому вимірювальному пристрої.

КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, який забезпечує достатню точність відліку без надмірного напруження зору.

Приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення зумовлене контактним методом контролю. На його користь говорить великий арсенал технічних засобів, що пройшли багаторічну апробацію на точність і надійність роботи на робочих місцях контролерів ВТК.

Вибір і обґрунтування засобу вимірювання (ЗВ)

Вибір засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання почнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і характеристик надійності, якими має володіти ЗВ.

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина допуску ІТ контрольованого параметра, зокрема, соосності контрольованих поверхонь:

$$[\delta_{\text{вим.}}]=K \cdot IT, \quad (7.1)$$

де K – залежить від якості або ступеня точності контрольованого параметра і може приймати від 0,2 до 0,35.

Тож для соосності маємо:

$$[\delta_{\text{вим.}}]=0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мкм},$$

Визначимо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку) для контролю співвісності [3]:

$$[\Delta_{\text{ін.}}]=0,7 \cdot [\delta_{\text{вим.}}],$$

$$[\Delta_{\text{ін.}}]=0,7 \cdot 4 = 2,8 \text{ мкм}.$$

Ціна поділки ЗВ розраховується залежно від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ. Приймаємо:

$$[c] = [\Delta_{ин}] = 3 \text{ мкм.}$$

Інтервал поділки шкали $[a]$ беремо 1,0 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показань ЗВ. Необхідно враховувати умови, в яких буде працювати КВП, і перш за все освітленість (див. пункт 5.8).

Межа вимірювання за шкалою $[A]$ повинна перевищувати допуск ІТ, щоб зняття показань не викликало труднощів[3]. Приймаємо:

$$[A] = 4 \cdot IT = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мкм} = 0,08 \text{ мм.}$$

Межа вимірювання засобу (діапазон вимірювань) визначається вимогами експлуатації. Приймаємо $[B]=0,5 \text{ мм}$.

Вимірювальне зусилля $[P_{зус}]$ обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Значення вимірювального зусилля прийнято в пункті 6. Оскільки обмеження на його величину відсутні, приймаємо $[P_{зус}] = 5 \text{ Н}$.

Допустиме коливання вимірювального зусилля обумовлюємо величиною $[\Delta P_{зус}] = 1 \text{ Н}$.

Основним нормованим показником надійності ЗВ є напрацювання $t(P)$ до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи P . Відповідно до [3] кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій (див. пункт 5.1):

$$[t(P)] = 1000 \cdot 4 = 4000 \text{ циклів.}$$

Ймовірністю безвідмовної роботи задамося $[P] = 0,85$, виходячи із можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальною галуззю машинобудування.

Згідно з усталеними цінами на контрольно-вимірювальні засоби вітчизняного і імпортного виробництва, встановимо витрати на придбання ЗВ: $[Ц] = 3000$ грн.

Пошук ЗВ по заданим обмеженням

Після того, як стали відомі допустимі значення по метрологічним, експлуатаційним і надійним показникам, можна приступити до пошуку ЗВ. Прийнятним вважається ЗВ, значення характеристик якого знаходяться в такому співвідношенні з допустимим:

$$\Delta_{in} \leq [\Delta_{in}]; P_{зус} \leq [P_{зус}]; c \leq [c]; A \geq [A]; a \geq [a];$$

$$B \geq [B]; P \geq [P]; \Delta P \leq [\Delta P]; t(P) \geq [t(P)]; Ц \leq [Ц].$$

Пошук здійснюємо відповідно до паспортів і таблиць технічних характеристик для важільно-зубчастих та інших вимірювальних голівок. Виходячи із вище перелічених допустимих метрологічних характеристик ЗВ вибираємо індикатор часового типу ИЧ 50 0.01мм IDF з ціною поділки 0,001 мм з наступними характеристиками:

$$\Delta_{in} = 0,001 \text{ мм}; c = 0,001 \text{ мм}; A = 1 \text{ мм}; B = 1,0 \text{ мм}; P_{зус} = 200 \text{ сН}; \Delta P_{зус} = 80 \text{ сН}; t(P) = 10000; P = 0,9; Ц = 3569 \text{ грн.}$$

Зіставивши ці значення з допустимими, приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються:

$$\Delta_{iH} = 0,001 < 0,006 = [\Delta_{iH}];$$

$$a = 1 \text{ мм} \geq 1 \text{ мм} = [a];$$

$$P_{зyc} = 2 \text{ Н} < 5 \text{ Н} = [P_{зyc}];$$

$$B = 1,0 \text{ мм} > 0,5 \text{ мм} = [B];$$

$$t(P) = 10000 > 8000 = [t(P)];$$

$$c = 0,001 < 0,006 = [c];$$

$$A = 1 \text{ мм} > 0,12 \text{ мм} = [A];$$

$$\Delta P = 0,8 \text{ Н} < 1,0 \text{ Н} = [\Delta P];$$

$$P = 0,9 > 0,85 = [P];$$

$$Ц = 2500 \text{ грн} < 3596 \text{ грн} = [Ц].$$

Інші ЗВ мають надлишкову точність і меншу надійність, тому для нашого КВП найбільш відповідним вважаємо індикатор часового типу моделі ИЧ 50 0.01мм IDF.

Габаритні й приєднувальні розміри $l \times \varnothing \times b = 115 \times 50 \times 35$ мм, маса – 0,2 кг.

Ескізне проектування

Розроблення кінематичної схеми КВП

На схемі необхідно навести в спрощеному вигляді основні механізми (функціональні вузли) КВП. Вона також повинна давати поняття про характер переміщення, граничні положення й види зв'язків.

8.2 Розроблення ескізної компоновки КВП

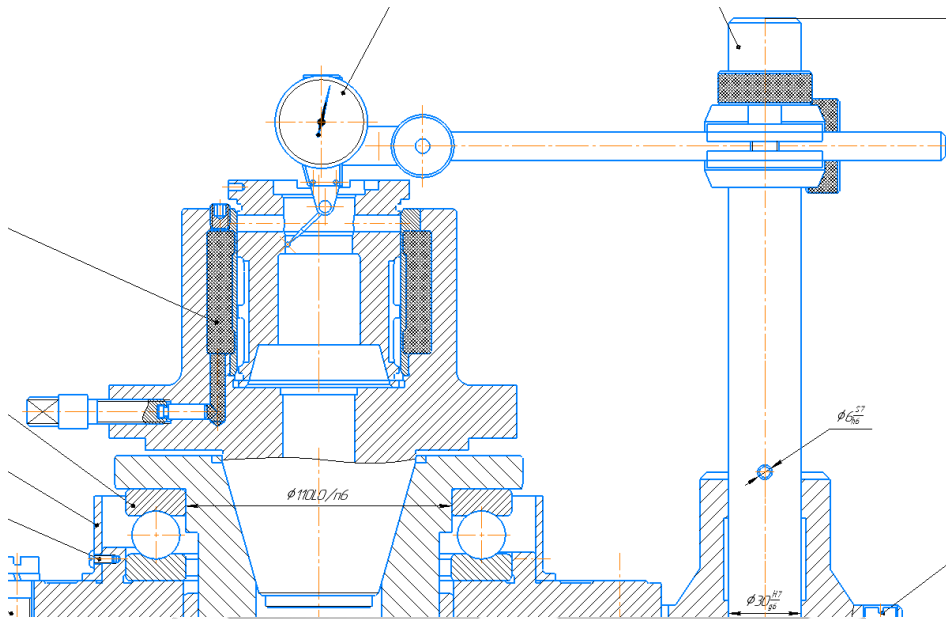


Рисунок 8.2.1 – Ескіз КВП

Рішення про компоувальну схему є результатом обробки інформації, отриманої на різних етапах проектування КВП. Так, узагальнюючи дані, що містяться в пунктах 5.6, 5.7, 7.2, 8.1, приходимо до висновку, що найбільш зручна для конкретних умов контролю вертикальна схема компоування. Вона забезпечує компактність і жорсткість пристосування. Досягається зручність установки деталі на вимірювальну позицію. Забезпечується найкоротший шлях проходження сигналу від точки вимірювання до шкали – запорука простоти і точності. Крім того, дана схема компоування дозволяє зменшити витрату металу і надати конструкції технічно доцільний, а значить естетичний вигляд.

Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП

При контролі співвісності контрольованої поверхні «Матриці» сумарну фактичну похибку КВП можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{\text{КВП}} = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\text{В}}^2 + \Delta_{\text{е}}^2 + \Delta_{\text{ін}}^2 + \Delta_{\text{т}}^2 + \Delta_{\text{зус}}^2},$$

де ε – похибка положення контрольованої деталі в пристосуванні. Вона визначається за формулою

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}$$

ε_6 – похибка базування. За умови використання розтискної оправки беремо $\varepsilon_6 = 0$ (див. п. 5.7);

ε_3 - похибка закріплення. Беремо $\varepsilon_3 = 0$ (див. п. 5.8);

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - неточність виготовлення елементів КВП, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. В нашому випадку на контроль заданих параметрів буде впливати неточність виготовлення підшипників ковзання, що використовуються в механізмі обертання деталі. Останні за умови використання селективного складання можна виготовляти з точністю 5 мкм. Беремо $\varepsilon_{\text{пр}} = 5$ мкм.

$$\varepsilon_{\text{рад}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0 + 0 + 5} = 5,0 \text{ мкм}$$

$\Delta_{\text{в}}$ – похибка передаточного пристрою. За умови відсутності в конструкції КВП передаточного пристрою беремо $\Delta_{\text{в}} = 0$;

$\Delta_{\text{е}}$ – похибка виготовлення еталонної деталі. Оскільки для вимірювання радіального биття еталонна деталь не потрібна, беремо $\Delta_{\text{е}} = 0$;

$\Delta_{\text{ін}}$ – похибка вибраного засобу вимірювання (див. п. 7.2), $\Delta_{\text{ін}} = 2$ мкм;

$\Delta_{\text{зус}}$ – похибка, викликана вимірювальним зусиллям. Беремо $\Delta_{\text{зус}} = 0,67$ мкм (див. п. 6);

$\Delta_{\text{т}}$ – похибка, викликана змінами температури навколишнього середовища. Оскільки контроль радіального биття здійснюється після вирівнювання температур контрольованого виробу та КВП, беремо $\Delta_{\text{т}} = 0$.

В результаті маємо

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \sqrt{5^2 + 0^2 + 0^2 + 2^2 + 0,67^2 + 0^2} = 5,43 \text{ мкм} < 6 \text{ мкм} = [\delta_{\text{вим}}],$$

а, значить, спроектований КВП для контролю соосного биття є працездатним.

Будова та принцип дії КВП

Спроектований пристрій складається з корпусу 9, в центральній частині якого за допомогою шести гвинтів 16 закріплено фланець 10. В останньому, в свою чергу, в двох кулькових упорних підшипниках 18 і 19 встановлений шпindel 11 з гідропластовою оправкою 1. В боковій частині оправки 1 розташовано спеціальний гвинт з плунжером під торцевий ключ, призначений для створення тиску в гідропласті і розтискання оправки. З боку корпусу 9 з чотирма гвинтами 15 закріплено індикаторну стійку 2 з індикатором 17. Спроектований КВП працює так. Контрольована деталь посадковою поверхнюю $\varnothing 68_{-0,02}^{-0,01}$ до упору в нижній торець деталі встановлюється на гідропластову оправку 1. Після закріплення деталі на оправці 1, за рахунок загвинчування торцевих ключем спеціального гвинта в боковій частині оправки, вісь останньої самовстановлюється по осі поверхні $\varnothing 68_{-0,02}^{-0,01}$ контрольованої деталі. Потім до контрольованої поверхні «Матриці» підводиться вимірювальний наконечник індикатора 17. Після повороту деталі на 360° по різниці найбільшого й найменшого показань індикатора 17 судять про величину співвісності контрольованої поверхні деталі



3 ДОСЛІДЖЕННЯ, СПРЯМОВАНЕ НА УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Згідно з запропоною, у другому розділі, модернізацією технологічного процесу виготовлення деталі “ Матриця “ темою дослідження , у третьому розділі, буде: “Впровадження роботизованої системи напилення зносостійких покриттів методом HVOF (Високошвидкісного газополум'яного напилення)”.

Використання даної технології будет розглянуто на прикладі напилення кульки кулькового запірного крану, так як впроваджувалась технологія саме для цієї деталі, але усі принципи та технології, розглянуті нижче, справедливі для будь-яких деталей (відрізняються лише розмір та форма сопла напилювача).

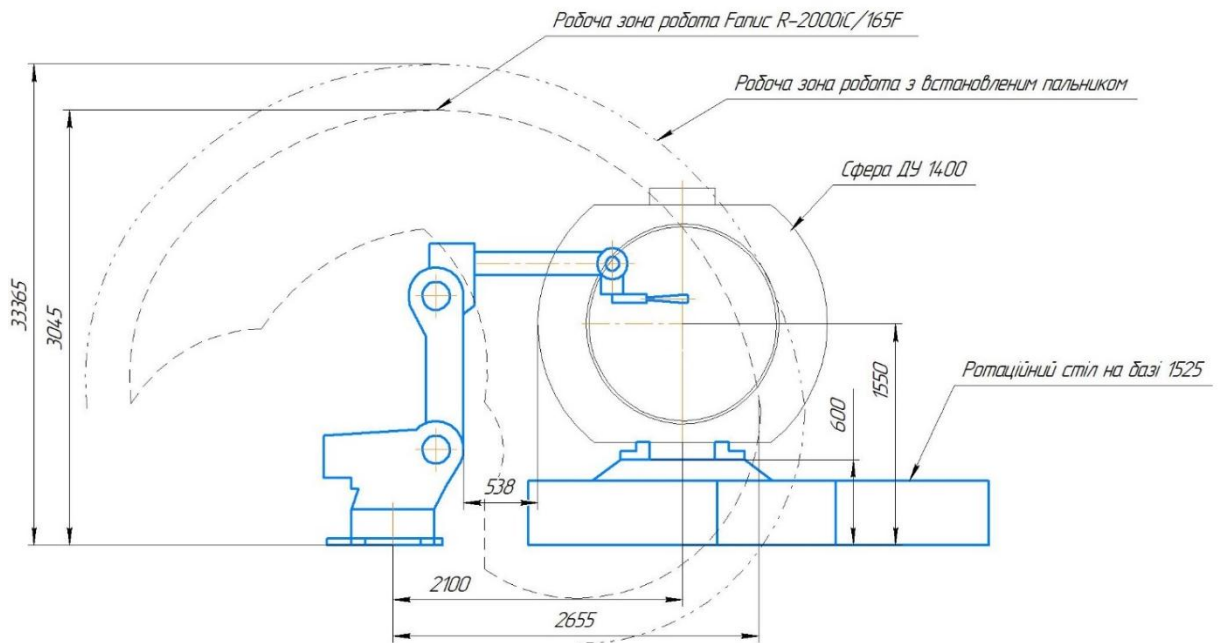


Рисунок 3.1 – Ескіз розташування деяких елементів системи.

Отже, роботизована система напылення зносостійких покриттів методом HVOF (Високошвидкісного газополум'яного напылення), відповідно, складається з:

1. Робот-маніпулятор моделі FANUC R-2000iC-165F з контролером FANUC R-30iB
2. Установка напылення моделі XPOJET-5000.
3. Установка підготовки твёрдосплавного порошку.
4. Пальник.
5. Планшайба карусельного вестрату.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд установки напылення, де 1 – палик, 2 установка напылення, 3 – установка підготовки порошку.



Рисунок 3.3 – Планшайба карусельного верстата.

Розглянемо призначення кожної з частин системи:

1. Робот-маніпулятор призначений для переміщення пальника вздовж заздалегідь запрограмованої траєкторії (особливості програмування розглянемо далі).
2. Установа напilenня призначена для сворення та контролю робочої суміші газів та твердосплавного порошку, для контролю роботи пальника (температура, тиск).
3. Установа підготовки твердосплавного порошку призначена для створення зависі порошку в азоті для подальшої його подачі в зону напilenня.
4. Пальник – це робочий орган установи напilenня, у якому відбувається змішування газів, палива та порошку. Подальше згорання палива в атмосфері кисню призводить до нагрівання порошку та спікання його с поверхнею, на яку проводиться напilenня.

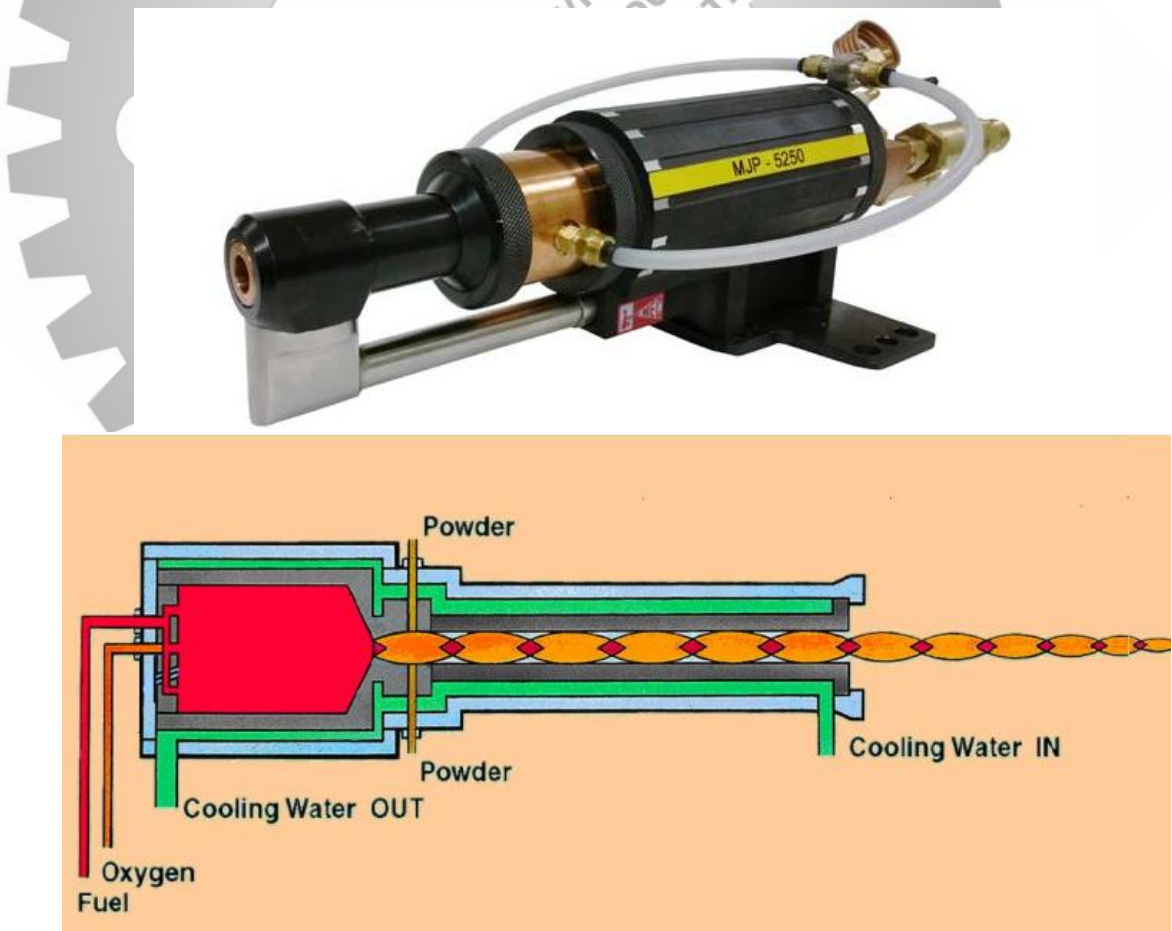


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд та схема роботи пальника.

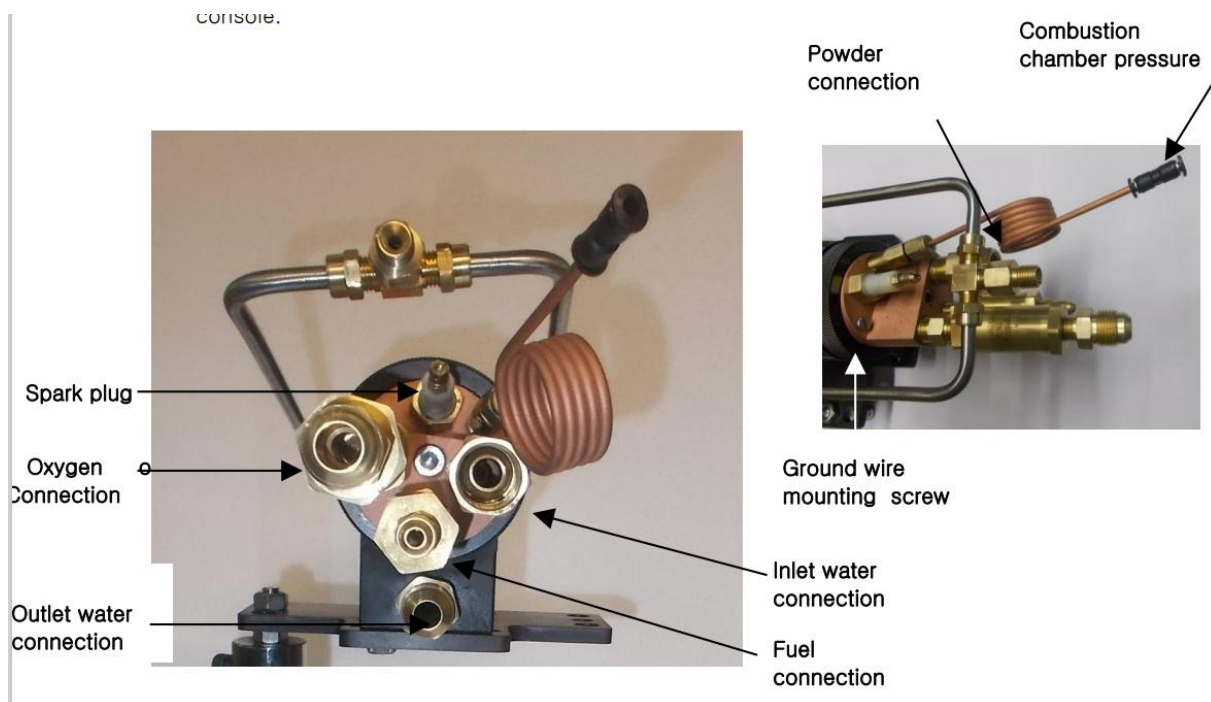


Рисунок 3.5 – Схема підключення пальника.

- Планшайба карусельного верстату забезпечує обертання заготовки. Завдяки частотному перетворювачу та програмному контролю робота планшайба підтримує постійну окружну швидкість, що важливо для рівномірного напилення.

Таблиця 1 - Основні властивості покриття карбідами:

№	Властивість	Значення
1	Швидкість покриття	0.10-0.20 кв.м/мм/год
2	Максимальна товщина	2000-4000 мкм
3	Споживання сировини(порошка)	25-33 кг/кв.м/мм
4	Адгезія	>7,000 psi
5	Мікротвердість	1000-1300 VPN(HV)
6	Вміст оксидів	<3%
7	Пористість	<1%

Розглянемо будову установки наплення. Установка наплення представляє собою шафу, з панеллю керування (рис 3.2), на якій присутні такі елементи керування процесом наплення.

Установка наплення потребує використання таких розхідник матеріалів, як:

1. Керосин.
2. Кисень.
3. Азот.
4. Твердосплавний порошок.

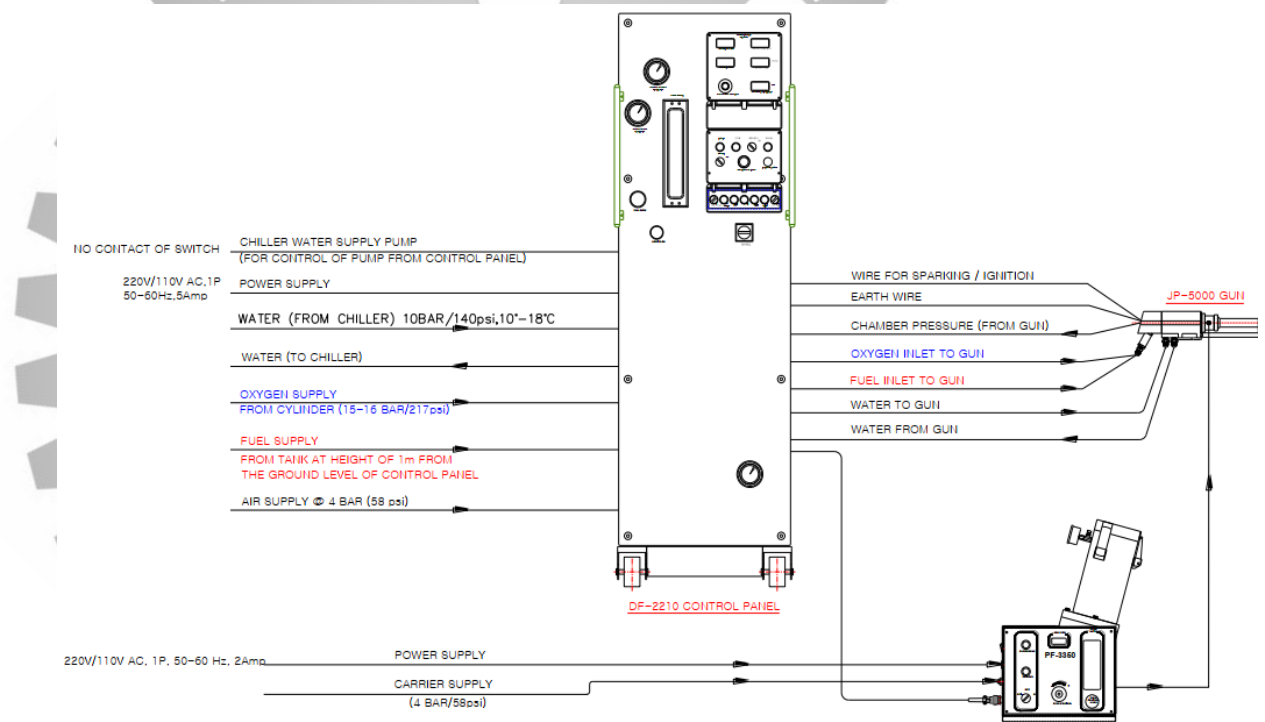


Рисунок 3.5 – Схема підключення установки наплення.

Також установка обладнана чиллером, який призначений для охолодження пальника.

Установка наплення працює у парі з установкою підготовки порошку. Вона представляє собою ємність для порошку, яка обладнана вентилятором, який створює завій з твердосплавного порошку. Водночас ємність продувається

потокм азоту, разом з яким частки порошку покидають ємність та, по спеціальному шлангу, поступають до пальника.

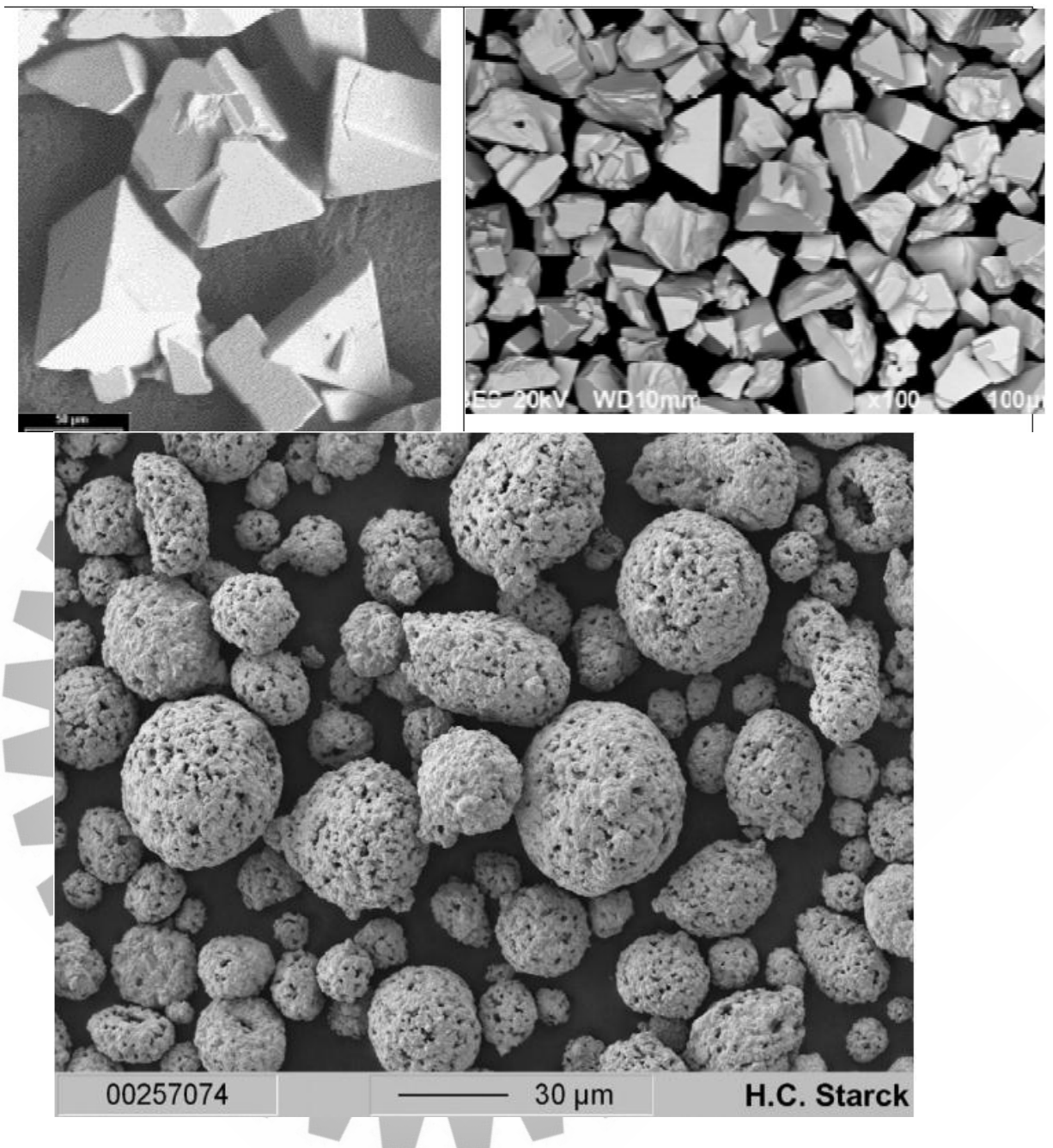


Рисунок 3.6 – Знімки отриманого покриття за допомогою електронного мікроскопа.

Отже спрощена схема роботи установки наплення виглядає так:

1. Після ввімкнення установки через пальник починає прокачуватися хладогент.

2. Після активації запалювання до пальника, по спеціальним шлангам, надходять кисень та керосин, у пропорціях, визначених налаштуваннями установки на панелі керування, відбувається підпалювання горючої суміші за рахунок свічки запалювання.
3. Відбувається прогрівання пальника до робочої температури.
4. При активації відповідної команди на панелі керування відбувається подача твёрдоспального порошку до пальника.



Рисунок 3.6 – Приклад наплення тестової деталі

Але, як видно, описані вище кроки потребують втручання людини у процес наплення. Як можна зрозуміти це не підходить для автоматизованої системи наплення, тому далі розглянемо роль робота-маніпулятора (далі Робот) в цій системі.

Сучасні роботи, одним з яких і є робот з мого прикладу, здатні не лише рухатися за заданою траєкторією, а і керувати елементами складної системи. Для здійснення цього керування система обладнується блоком входів-виходів (ІО модуль). Модуль працює з цифровими сигналами (Digital input/out). До цього модулю під'єднуються вихідні клеми з електрошафи робота та клеми, що відповідають за керування відповідних елементів системи. Це дає змогу віддавати команди до під'єднаних елементів системи безпосередньо з пульту керування роботом чи з керуючої програми робота. У нашому випадку даний модуль давав змогу керувати за допомогою робота такими системами:

- Вибір передачі на коробці передач планшайби.
- Включення/відключення обертання планшайби.
- Вмикання та запуск установки наплення та установки підготовки порошку.

Також робот обладнаний аналоговими виходами, що дає змогу керувати частотою струму, який, через частотний перетворювач, подається на асинхронний двигун, що обертає планшайбу. Це дозволяє керувати частотою обертання планшайби з дуже малою дискретністю.

Далі розглянемо особливості програмування робота, що викликали труднощі у написанні керуючої програми для наплення кульки запірного крану. Найбільші труднощі були викликані необхідністю підтримання постійної швидкості поверхні сфери відносно поточного положення пальника.

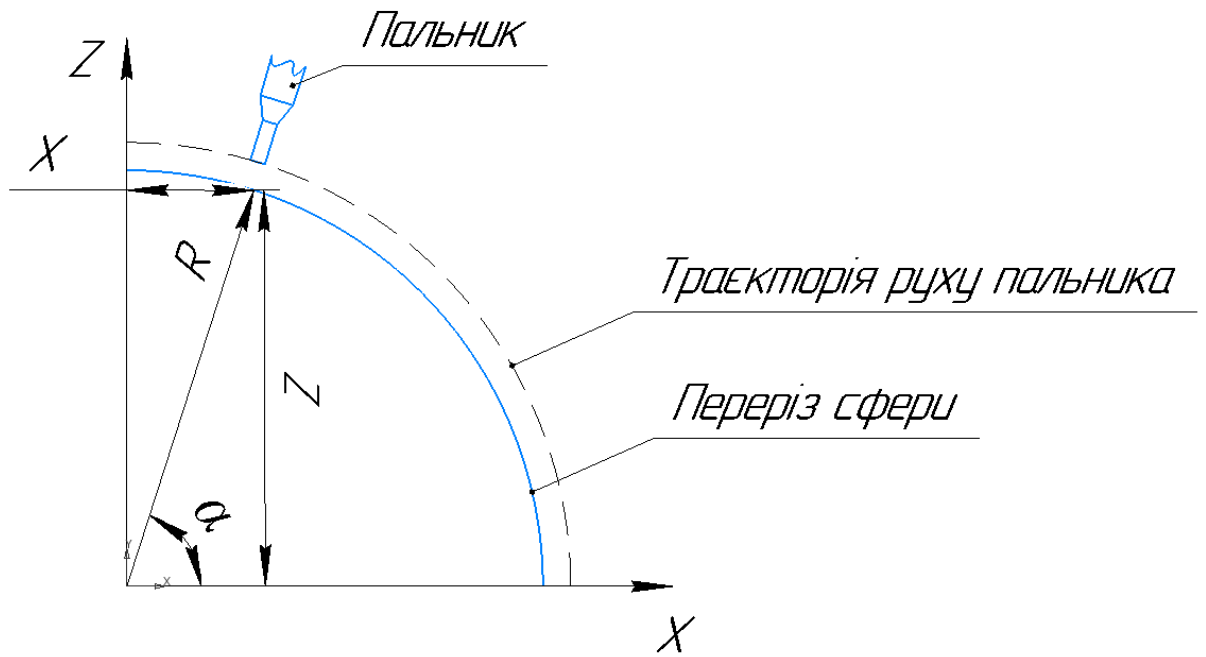


Рисунок 3.1 – Траєкторія пальника

Як видно з рисунку 3.1 для розрахунку швидкості достатньо лише знати X координату положення пальника, але реальна траєкторія являє собою тривимірну дугу, тому X координата не відображає реального радіусу, на якому відбувається напилення. Можна було б знати X за допомогою кута α . $X = R * \cos\alpha$. Але кут α теж невідомий, отже можна використовувати лише Z координату для визначення радіусу напилення. Також ситуація ускладнюється тим, що робот, у звичайному режимі не дозволяє використовувати ніякі математичні оператори, окрім +-*/*.

Отже, виходячи зі сказаного вище, було розроблено алгоритм розрахунку частоти обертання планшайби, залежно від положення пальника. Він складається з таких етапів:

1. Розрахунок максимальної частоти обертання (коли пальник на екваторі сфери). Цей розрахунок призначений для правильного вибору передачі на коробці швидкостей планшайби.

2. Розрахунок радіусу траєкторії пальника (еквідистантно до поверхності сфери, з відступом 360 мм).
3. Запис у змінну PR1 поточного положення пальника відносно системи координат, що прив'язана в центрі сфери (нас цікавить лише Z координата).
4. Зміна знаку Z координати, у тому випадку якщо вона стала від'ємною.
5. Розрахунок $\cos \alpha$. $\cos \alpha = Z/R_{\text{паль}}$.
6. Зведення отриманого значення косінусу до квадрату.
7. Знаходження $\sin^2 \alpha$. $\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$
8. Знаходження квадратного корню квадрату синуса шляхом наближення квадратного корня Ньютона, в 10 ітерацій. $A/n+1 = 0.5(A_n + X/A_n)$
9. Знаходження радіусу, на якому відбувається напилення.

$$R_{\text{нап}} = R_{\text{сфери}} * \sin \alpha$$
10. Знаходження швидкості. $n = \frac{1000V}{\pi D}$
11. Розрахунок значення аналогово виходу. Для розрахунку використовується унікальна, для кожної передачі, константа (передатне число), визначене емпірично. Ця константа визначалася емпірично, бо треба враховувати зміну величини ковзання (характерну для асинхронних двигунів) при зміні частоти струму, що подається. Різниця теоретичної і фактичної частоти обертання планшайби при 50 Гц склала приблизно 4%.

Наведений вище алгоритм повторюється незліченну кількість разів в процесі проходження пальника по траєкторії. Це забезпечує підтримання постійної окружної швидкості поверхні сфери у зоні напилення.

Висновок: екстраполюючи усе сказане вище на деталь “Матриця” можна зрозуміти, що можна використовувати дану систему напилення для нанесення твердосплавного покриття на внутрішній отвір. Для такого напилення треба лише замінити форму та розміри пальника і замінити планшайбу на токарний верстат. Відповідно подальша токарна обробка повинна виконуватися різальним інструментом із надтвердих матеріалів.

ВИСНОВОК ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

В даній дипломній роботі був виконаний аналіз службового призначення деталі, розроблений технологічний процес обробки деталі “Матриця”. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі. Був визначений тип виробництва – середньосерійний. В якості заготовки була прийнята штамповка на ГKM. Виконано аналіз існуючого типового технологічного процесу, обґрунтовано вибір металорізального верстата, вибір верстатних пристроїв металорізального та вимірювальних інструментів на операції 045 токарна з ЧПК. Були проведені розрахунки режимів різання для даних операцій та норми часу за табличним методом. Спроектовано верстатний пристрій на операцію 045 токарна з ЧПК, розроблено та обґрунтовано схему закріплення та тип силоутворюючого механізму, проаналізувано структуру полів збурюючих та зрівноважуючих сил, зробили опис пристрою та принцип його роботи. У розділі “Дослідження” було розглянуто введення у технологічний процес роботизованого напилення зносостійких покриттів методом HVOF.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів та технічних вимог до них» в обов'язковому домашньому завданні, випускній роботі магістра, курсовому проекті зі спеціальності та дипломному проекті для студентів спеціальностей: 7.090202, 6.090202, 6.090203, 6.090204, 6.090209, 6.090220, 6.090515, 6.090520 усіх форм навчання / укладачі: О.О. Топоров, О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2000. – 30 с.
2. Марочник сталей і сплавів. 2-е вид., Доп. і випр. / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширський та ін. За заг. ред. А.С. Зубченко - М.: Машинобудування, 2003. 784 с.: іл.
3. Методичні вказівки до практичних робіт із курсів «Теоретичні основи технології виготовлення та складання машин» та «Технологія машинобудування» для студентів напряму 6.0902 «Інженерна механіка» усіх форм навчання / укладачі: В. Г. Євтухов, О. У. Захаркін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2004. – 76 с.
4. Ишуткин В.И. Технологическая надежность системы СПИД. – М.:Машиностроение, 1973. – 186 с.
5. Маталин А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Ленинград: Машиностроение, 1985. – 496 с.
6. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.
7. ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения.
8. ГОСТ 2.307-68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
9. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб.пособие/ П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; под общ. Ред. В. М. Плескача. – К.: Выща шк., 1991. – 247 с.
10. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и ковальские напуски».

11. Довідник технолога - машинобудівника. У 2-х т. Т. 1 / За ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., Перероб. і доп. - М.: Машинобудування, 1985. 656 с., іл.
12. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
13. Загальномашинобудівні нормативи режимів різання для технічного нормування робіт виконуваних на металорізальних верстатах з ЧПК. - Ч.1. Токарні, карусельні, токарно-револьверні, алмазно-розточні, свердлильні, довбальні і фрезерні верстати. – Москва: Машинобудування, 1974. – 416 с.
14. Барановський Ю.В. Режими різання металів. Довідник. Вид. 3-е, пререраб. і доп. М.: Машинобудування. 1972. - 408 с., іл.
15. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічна оснастка» / Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.
16. Кирилук Ю.Е. Допуски и посадки: Справочник. 2-е изд., перераб. И доп. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. 135., 3 ил., 26 табл.
17. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983.- 464 с.
18. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – Москва : Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.
19. Лабораторний практикум з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, І.М. Дегтярьов. – Суми: Сумський державний університет, 2019.– 158с.
20. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.
21. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник /

Под ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. - Л.: Машиностроение, 1983. - 368 с.

22. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения /А.Н. Виноградов, Ю.А. Воробьев, Л.И. Воронцов и др. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1980. - 527 с.

23. Дунаев И. И., Скворцов Т.П., Чупырин В.Н. Организация проектирования системы технического контроля. - М.: Машиностроение, 1981. - 191 с.

24. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1964. - 464 с.

25. Цейтлин Я. М. Нормальные условия измерений в машиностроении, - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. - 224с.

26. Марков Н.Н., Ганевский Г.М, Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. - М.: Машиностроение, 1981. - 367 с.

27. Никадимов Е.Ф., Грановский Э.Г., Деев О.М. Выбор точности контрольных приспособлений: Методические указания / Под ред. А.Г. Косиловой. - М.; МВТУ, 1979. - 36 с.

28. Каталог твердосплавного порошку Kennametal - Tungsten Carbide Thermal Spray Powders Datasheet.-18 с.

29. Керівництво оператора FANUC R-30iB – 848с.

30. Техпаспорт Fanuc R-2000iB-165F – 1с.

31. Мануал системи напилення - XPROJET-5250 MANUAL – 40 с.