

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

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

другий (магістерський)
(освітньо-професійний рівень)

на тему *Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ7.180.187 шляхом застосування високопродуктивних інструментів та оснастки*

Виконав: студент *II* курсу, групи *ТМ.мз-11с*
спеціальності: _____

131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: _____

«Технології машинобудування»
(назва освітньої програми)

Владислав КИРИЧЕНКО
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник *Павло КУШНІРОВ*
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент *Михайло ДУМАНЧУК*
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2022 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Кириченко Владислав Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) *Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ7.180.187 шляхом застосування високопродуктивних інструментів та оснастки*

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.11.2022 року № 1111-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) *14.12.2022 року*

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) _____

3.1 Робоче креслення деталі «корпус ЦФ7.180.187».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 1500 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення деталі «корпус ЦФ7.180.187».

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

4.1 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення «Корпусу ЦФ7.180.187»

4.2 Розробка нового технологічного процесу виготовлення «Корпусу ЦФ7.180.187»

4.3 Дослідження прогнозування довговічності виробів-машин

4.4 Висновки про спроектований технологічний процес виготовлення

«Корпусу ЦФ7.180.187» та наукового дослідження довговічності виробів-машин

4.5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

4.6 Додатки (визначення типу виробництва, розрахунок припусків, специфікації, креслення, розрахунок сили закріплення в пристрої, матеріали публікації)

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

5.1 Креслення заготовки «Корпусу ЦФ7.180.187»

5.2 Креслення маршруту обробки «Корпусу ЦФ7.180.187»

5.3 Креслення операційного налагодження для вертикально-свердильної операції

5.4 Креслення верстатного пристрою для вертикально-свердильної операції

5.5 Креслення контрольно-вимірального пристрою для контролю співвісності

6. Інша конструкторська або технологічна документація

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

| 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 проєкту (роботи) | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | <i>Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЦФ7.180.187»</i> | 03.10.2022 | |
| 2 | <i>Розробка нового технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЦФ7.180.187»</i> | 28.10.2022 | |
| 3 | <i>Дослідження довговічності виробів-машин</i> | 07.11.2022 | |
| 4 | <i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i> | 18.11.2022 | |
| 5 | <i>Оформлення пояснювальної записки</i> | 23.11.2022 | |
| | <i>Оформлення публікації</i> | 29.11.2022 | |
| | <i>Оформлення креслень</i> | 08.12.2022 | |
| | <i>Оформлення презентації</i> | 14.12.2022 | |

Студент

(підпис)

Владислав КИРИЧЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

(підпис)

Павло КУШНІРОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

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
корпусу ЦФ7.180.187 шляхом застосування високопродуктивних
інструментів та оснастки**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Владислав КИРИЧЕНКО

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Консультант з розділу охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Віра ФАЛЬКО

Нормоконтроль

Олександр ІВЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Записка: 139 с., 12 табл., 21 рис., 46 джерел, 14 додатків.

Об'єкт розроблення – деталь «Корпус ЦФ7.180.187», що входить до складу електронного мікроскопу РЕММА-202М.

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, було розраховано припуски на механічне оброблення отвору $\varnothing 110H7$.

Для операцій 010 (токарної з ЧПК), 030 (фрезерної з ЧПК) та 040 (вертикально-свердлильної) проведені аналіз та обгрунтування схеми базування заготовки; обгрунтовано вибір металорізальних верстатів, технологічної оснастки, різального і вимірювального інструментів; були проведені розрахунки режимів різання і нормування розглянутих трьох операцій.

Спроектовано спеціальний механізований пристрій для вертикально-свердлильної операції. Також спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій для контролю параметра співвісності. Було досліджено довговічність виробу-машини, а саме ранні та пізні відмови під час експлуатації.

КОРПУС, ЕЛЕКТРОННИЙ МІКРОСКОП, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, АНАЛІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ПРИСТРІЙ, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ІНСТРУМЕНТ, ДОВГОВІЧНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА

SUMMARY

Report: 139 pages, 12 tables, 21 pictures, 46 sources, 14 additions.

The object of researching is part «Housing ІІΦ7.180.187», which is part of the REMMA-202M electron microscope.

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 was also justified, the allowances for the mechanical processing of the hole $\varnothing 110H7$ were calculated.

For operations 010 (turning with CNC), 030 (milling with CNC) and 040 (vertical drilling), the analysis and justification 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 the modes of cutting and normalization of the considered three operations were carried out.

A special mechanized device for vertical drilling operation has been designed. A control and measuring device was also designed to control the alignment parameter. The durability of the machine product, namely early and late failures during operation, was investigated.

HOUSING, ELECTRON MICROSCOPE, WORKPIECE,
TECHNOLOGICAL PROCESS, ANALYSIS, TECHNOLOGY, DEVICE,
MANUFACTURING TYPE, TOOL, DURABILITY, LABOR PROTECTION

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 4 |
| 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ | 8 |
| 1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис їх конструктивних особливостей та умов експлуатації | 8 |
| 1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі «Корпус ЦФ7.180.187». Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення | 14 |
| 1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва | 16 |
| 1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус ЦФ7.180.187» | 18 |
| 1.4.1 Технологічність за показниками якісними | 18 |
| 1.4.2 Технологічність за показниками кількісними | 19 |
| 1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі | 22 |
| 1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЦФ7.180.187» | 23 |
| 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ «КОРПУСУ ЦФ7.180.187» | 24 |
| 2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального | 24 |
| 2.2 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки | 27 |
| 2.3 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання $\varnothing 110H7$ | 31 |
| 2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів ... | 34 |
| 2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки «Корпус ЦФ7.180.187» | 39 |
| 2.6 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів | 45 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 2.7 | Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів | 47 |
| 2.8 | Визначення режимів різання та технічне нормування операцій ... | 48 |
| 2.8.1 | Визначення режимів різання | 48 |
| 2.8.2 | Технічне нормування операцій | 57 |
| 2.9 | Проектування засобів технологічного оснащення | 63 |
| 2.9.1 | Проектування спеціального верстатного пристрою для операції 040 (вертикально-свердлильної) | 63 |
| 2.9.2 | Проектування контрольно-вимірювального пристрою | 74 |
| 3 | НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ. ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВИРОБІВ-МАШИН | 88 |
| | ВИСНОВКИ | 94 |
| | ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ | 95 |
| | Додаток А ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 100 |
| | Додаток Б Робоче креслення деталі «Корпус ЦФ7.180.187» | 123 |
| | Додаток В Результати визначення типу виробництва | 124 |
| | Додаток Г Результати розрахунку припусків | 125 |
| | Додаток Д Специфікація на верстатний пристрій | 126 |
| | Додаток Е Специфікація на КВП | 128 |
| | Додаток Ж Креслення заготовки корпусу | 130 |
| | Додаток К Креслення маршруту обробки корпусу | 131 |
| | Додаток Л Креслення операційного налагодження | 132 |
| | Додаток М Складальне креслення верстатного пристрою | 133 |
| | Додаток Н Складальне креслення контрольно-вимірювального пристрою | 134 |
| | Додаток П Розрахунок сили закріплення в пристрої | 135 |
| | Додаток Р Розрахунок параметрів пневмоприводу | 136 |
| | Додаток С Матеріали публікації тез конференції | 137 |

ВСТУП

Машинобудівна галузь та технологія машинобудування стають головними фундаментами розвитку економіки нашої країни. Відомо, що рівень життя населення залежить від науково-технічного прогресу, і це надаватиме можливість в забезпеченні високоефективних та продуктивних методів оброблення різних типів деталей в машинобудуванні. Також відомо, що найбільший вплив на подальше зростання та розвиток галузей машинобудування відіграє підвищення рівня наукової складової сучасних досліджень в техніці та виробництві.

Завдяки творчому підходу до розробки маршрутів технологічних процесів виготовлення різних деталей, аналізу структур технологічних операцій, зменшенню величин припусків на механічне оброблення та оптимізаціям способів одержання заготовок, застосуванню прогресивного обладнання та технологічної оснастки є можливим зростання ефективності суспільного виробництва.

Саме тому на базі досягнень прикладних і фундаментальних наук мають розвиватися найновітніші технології машинобудування, що характеризуються розробленням найоптимальніших процесів механічного оброблення. Господарство, що існує на цей день, вимагає подальших зростань ролі промислового машинобудування в неуклінному піднятті матеріальної бази економіки країни. Це є можливим тільки при науковому керуванні сучасними технологічними процесами, обов'язковій автоматизації виробництва, підвищенні якості виробів та найменшій собівартості виготовленої промислової продукції.

Важливими напрямками сучасного розвитку економіки є застосування технологічних методів підвищень експлуатаційної якості виробів машинобудування, моделювання технічних систем. При цьому потрібен

подальший розвиток комп'ютерної техніки, а це є можливим при значному рівні знань та умінь випускників технічних університетів, СумДУ включно.

Актуальність проблеми.

Застосування електронних мікроскопів різних конструкцій у різноманітних галузях народного господарства та виробництва є метою підвищення якості виробів, що виготовляються. Дана випускна робота магістра розглядає питання проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЦФ7.180.187», що входить до складу растрового електронного мікроскопу РЕММА-202М. Тому дослідження, що розглядаються в наданій дослідній роботі за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістра, надають таку можливість для вирішення поставлених завдань та є наразі досить актуальними.

Зв'язок магістерської роботи з науковою програмою, темою, планами. Тема магістерської роботи пов'язана з науковими напрямками досліджень кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» СумДУ:

– з розвитком наукового напрямку «Технічні науки» Сумського державного університету» на 2022 рік в рамках договору № БФ/26-2021 від 04.08.2021 (ДР № 0121U112684);

– в рамках 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 «Корпусу ЦФ7.180.187».

Предмет дослідження - деталь «Корпус ЦФ7.180.187» виробу «РЕММА-202М».

Мета дослідження – удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ7.180.187 шляхом застосування високопродуктивних інструментів та оснастки.

Завдання досліджень:

- аналіз існуючих технологічних процесів виготовлення різних корпусів і виявлення найоптимальнішого варіанта удосконаленого технологічного процесу виготовлення «Корпусу ЦФ7.180.187»;
- обґрунтування шляхів підвищення ефективності й продуктивності технологічного процесу, що розробляється;
- розробка конструкції нового верстатного пристрою, що забезпечить високу продуктивність і якість оброблення «Корпусу ЦФ7.180.187»;
- розробка конструкції нового контрольно-вимірювального пристрою, що забезпечить точний та продуктивний контроль параметрів «Корпусу ЦФ7.180.187».

Методи дослідження, що використовувалися:

- проведення аналізу технологій і конструкцій, що існують, з наступними систематизацією і узагальненням отриманої в результаті аналізу інформації;
- комп'ютерне моделювання та 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 «Корпус ЦФ7.180.187» може бути реалізовано розробкою спеціального контрольно-вимірювального пристрою та розробкою спеціального верстатного пристрою, використанням високопродуктивних інструментів;

– визначено, що довговічність виробу-машини, електронного мікроскопу включно, характеризується двома головними чинниками:

1) відмовами ранніми, тобто виходом машини з ладу на початку своєї експлуатації через дефекти, які виявлено в цей період; вони можуть зменшуватися в міру «підробітки» виробу-машини;

2) відмовами пізніми, що викликані тривалою експлуатацією виробу-машини, кількість яких може зростати через погіршення фізичної міцності деталей, з яких складається виріб-машина.

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

Власний внесок здобувача у проведенні дослідження. Результати досліджень у випускній роботі магістра отримані здобувачем спільно з його науковим керівником.

Апробація результатів дослідження: Матеріали магістерської роботи апробовані на 28-й міжнародній науково-практичній конференції (23-25 листопада 2022 р.) «Технології XXI століття» у Сумському національному аграрному університеті (СНАУ, м. Суми).

Публікацією є тези конференції [32] (див. Додаток С):

Кириченко, В.В. Використання програми «Сила закріплення» для розрахунку сили затиску заготовки «Корпуса» / В.В. Кириченко, П.В. Кушніров, Б.А. Ступін // Технології XXI сторіччя: Збірник тез за матеріалами 28-ої міжнародної науково-практичної конференції (23-25 листопада 2022 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2022.– С. 22.

Структура магістерської роботи: вступ, 3 розділи, перелік джерел посилань з 46 найменувань, 14 додатків. Обсяг 139 сторінок.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, деталі «Корпус ЦФ7.180.187». Опис їх конструктивних особливостей і умов експлуатації

Електронний мікроскоп РЕММА-202М (див. рисунок 1.1) призначений для проведення досліджень мікроструктури та фазового складу об'єктів. За допомогою мікроскопа можна проводити візуальне спостереження та фотографування зображення об'єкта у широкому діапазоні збільшення, отримувати дифракційні картини об'єктів. Мікроскоп знаходить застосування у біології, медицині, фізиці, металознавстві та інших галузях науки.

Мікроскоп призначений для роботи в приміщеннях з кондиціонованим повітрям з температурою $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ та відносній вологості $(65\pm 15)\%$.

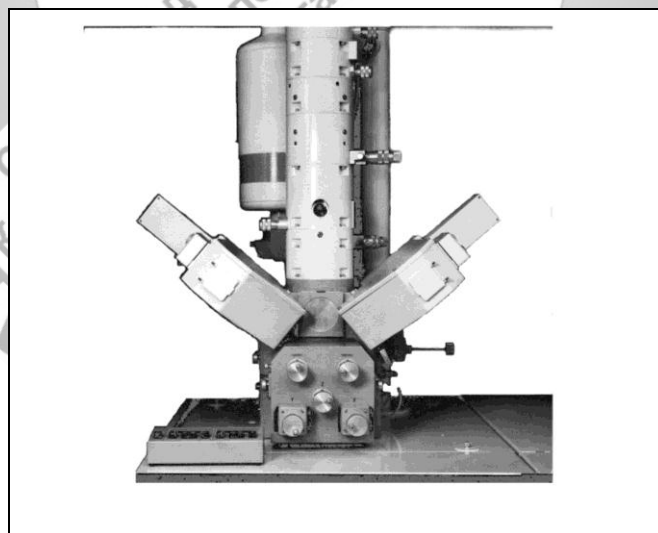


Рисунок 1.1 - Виріб «РЕММА-202М»

Середньоквадратичне значення магнітної індукції змінних магнітних полів на відстані 5см від мікроскопа (поверхні його колони) не має бути більше 0,3 мТ.

Технічна характеристика:

а) Роздільна здатність, *nm*, не більше:

- по кристалічним ґратам 0,35;
- по точкам 0,5;

б) діапазон електронно-оптичного збільшення, крат:

- - нижня межа 30 ± 3 ;
- верхня межа $400\,000 \pm 40\,00$ кут
нахилу пучка, град 0;

в) прискорююча напруга, V

- $25 \pm 0,60$;
- $50 \pm 1,30$;
- $75 \pm 1,90$;
- $100 \pm 2,50$;

г) довжина дифракційної камери, мм:

125, 250, 500, 1000, 1500, 2000;

д) відносна нестабільність точки об'єктиву лінзи, I/min, не більше:

$2,5 \cdot 10^{-6}$;

е) кут нахилу пучка, град

1,5;

ж) відносна нестабільність прискорюючої напруги

I/min, не більше:
 $5 \cdot 10^{-6}$;

з) граничний залишковий тиск у колоні мікроскопа, Па

$1,3 \cdot 10^{-4}$;

и) потужність, що споживається мікроскопом від мережі, кВт, не більше

4;

к) швидкість забруднення об'єкта nm/s, не більше

$2 \cdot 10^{-4}$;

л) маса мікроскопа, кг

400;

- блока живлення

190;

| | |
|---|------|
| джерела живлення | 160; |
| система відкачування | 40; |
| м) повний середній термін служби, років | 8. |

Вузлом, до складу якого входить деталь ЦФ7.180.187, що розглядається, є джерело електронів (див. рисунок 1.2). Джерело електронів являє собою електронну гармату, що складається з катода, керуючого електрода і анода, на яку через високовольтне введення подається напруга, що прискорює. Джерело електронів працює в наступному режимі:

- напруга 380 В;
- споживана потужність 5,5 кВт;
- створюваний вакуум $1 \cdot 10^{-4}$ МПа.

Конструктивно джерело електронів складається із введення високовольтного (поз.1), введення живлення (поз. 2), високовольтного ізолятора (поз. 3), катодного вузла (поз. 4), анода (поз. 5), механізму штовхачів (поз. 6), кронштейна з вакуумним блокуванням (поз. 7), що відхиляє систему (поз. 8).

Висока напруга в електронну гармату подається високовольтним кабелем 1. Введення 2 є проміжним внутрішнім роз'ємом, що забезпечує контакт роз'єму з катодним вузлом. Прохідний високовольтний ізолятор 3 забезпечує ізоляцію катодного вузла 4 від корпусу. Анод 5 - плоский з центральним отвором та гвинтовим регулюванням відстані «анод – циліндр». Катодний вузол накидною гайкою 3 кріпиться до ізолятора високовольтного джерела електронів. Система, що відхиляє 8, розташована під анодом, призначена для юстування електронного пучка після анода щодо осі першого конденсора.

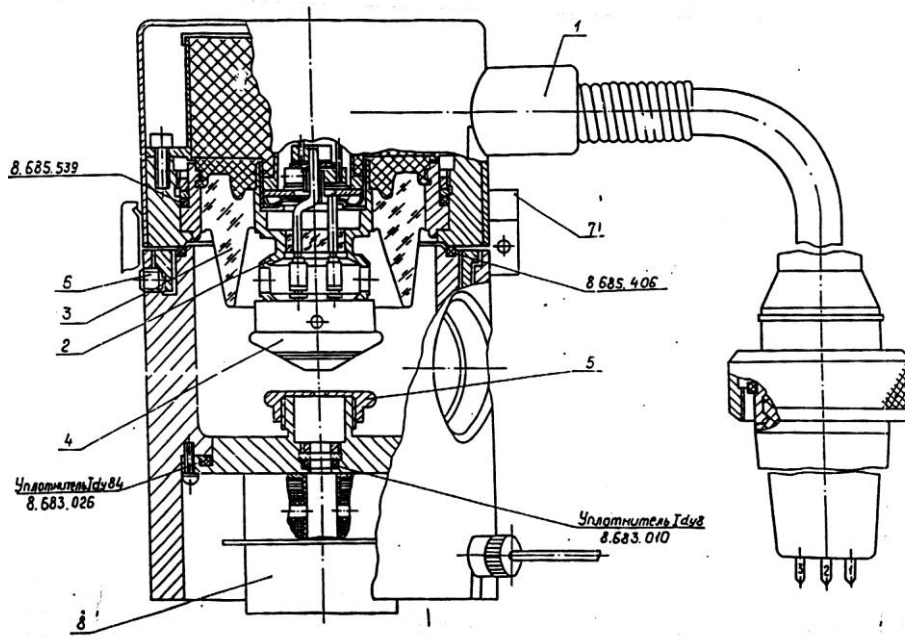


Рисунок 1.2 - Вузол (джерело електронів)

Деталь «Корпус» ЦФ7.180.187 (рисунок 1.3) є основним елементом корпусу джерела електронів і використовується для приєднання до неї різних вузлів та деталей. Корпус призначений для роботи в приміщеннях з кондиціонованим повітрям при температурі $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, відносній вологості $(65 \pm 15)\%$, без наявності вібрацій, ударів та струсів.

Основні конструкторські бази:

- деталь «Корпус» ЦФ7.180.187 встановлюється у вузлі по кільцевому виточенню $\varnothing 102/\varnothing 110$; тому торцева поверхня 17 даної виточки, розташована на відстані $2,2N_{11}$ від торця $137N_{11}$, є установлювальною базою і позбавляє деталь трьох ступенів свободи;

- циліндрична поверхня 16 виточки $\varnothing 102$ є подвійною опорною базою та позбавляє деталь двох ступенів свободи;

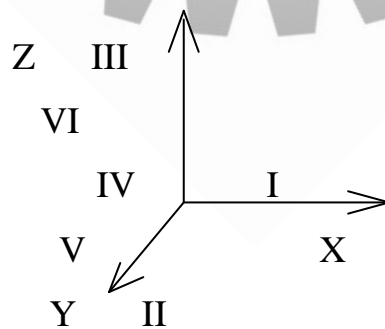
- за допомогою радіусних пазів R20 деталь ЦФ7.180.187 приєднується до колон мікроскопа; поверхня 6 одного з пазів R20 є опорною базою та позбавляє деталь одного ступеня свободи (див. таблиці 1.1 та 1.2).

Таблиця 1.1 - Таблиця відповідностей

| Зв'язки | Ступінь свобод | |
|---------|----------------|----------|
| 1, 2, 3 | IV, V, III | У(База) |
| 4, 5 | I, II | ПО(База) |
| 6 | VI | О(База) |

Таблиця 1.2 - Матриця зв'язків

| | X | Y | Z | |
|----------|---|---|---|----------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | У(База) |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | ПО(База) |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | О(База) |
| α | 0 | 0 | 1 | |



Допоміжними конструкторськими базами є такі поверхні:

- Поверхня 1 (отвір $\text{Ø}88\text{H}7$), призначеного для кріплення анода;
- Поверхня 11 (торця $\text{Ø}138$), призначеного для кріплення введення живлення;
- Поверхні 3 і 4 (канавки $\text{Ø}132/\text{Ø}124$), призначені для встановлення механізму штовхачів;
- Поверхня 9, призначена для кріплення кришки;
- Поверхні 15 і 16, призначені для юстируючих елементів.

Вільними є поверхні 7, 8, 14, 11, 19, 20, 21. Виконавчі – поверхні 1, 5, 6, 11, 12.

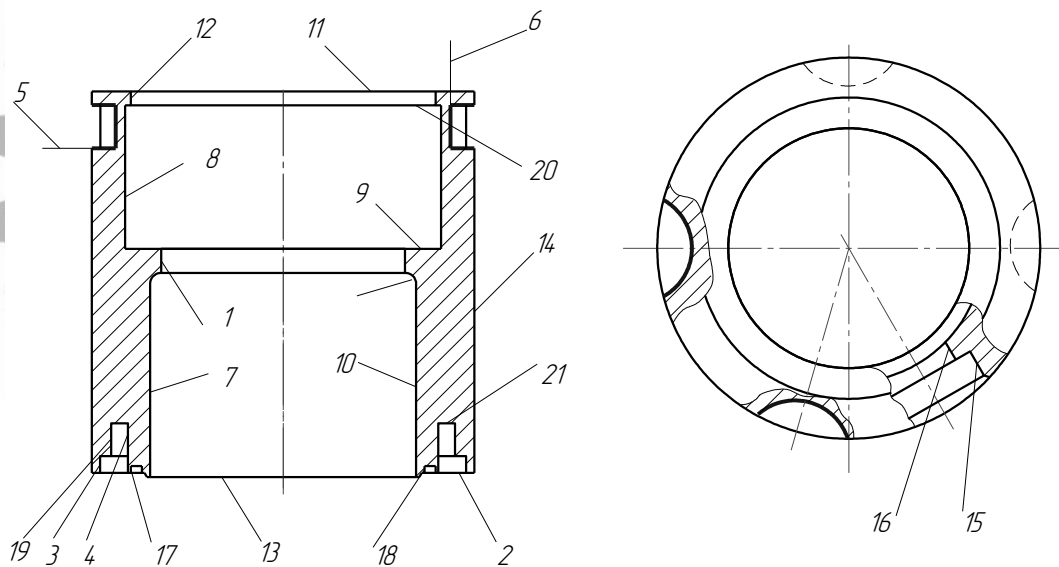


Рисунок 1.3 - Эскіз деталі «Корпус ЦФ7.180.187»

1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі «Корпус ЦФ7.180.187». Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Оформлення креслення деталі «Корпус ЦФ7.180.187» відповідає стандартам, наведена на кресленні кількість проєкцій, видів і розрізів є достатньою для розуміння конструкції деталі. Усі розміри вказані з граничними відхиленнями, за винятком кутового розміру 30° (розріз Д-Д). Для всіх основних поверхонь зазначено параметр шорсткості R_a , тобто середнє арифметичне відхилення профілю в межах базової довжини - що є кращим. Для позначення шорсткості ряду допоміжних поверхонь використано параметр шорсткості R_z , що є менш бажаним варіантом.

Оскільки деталь ЦФ7.180.187 призначена для з'єднання низки інших деталей, то виправдані задані на кресленні досить високі вимоги щодо взаємного розташування поверхонь ($T = 0,02$, $T = 0,05$, $T = 0,02$).

Для зняття внутрішніх напруг деталь піддається відпалу. Для захисту від корозії, а також з метою надання декоративного вигляду виробу деталі піддають гальванічній обробці (нікелюванню). Зовнішня поверхня $\varnothing 138$ також покривається емаллю.

Ряд розмірів деталі виконується з високою точністю (IT7). Точність розміру $\varnothing 88H7$ обґрунтована, оскільки при складанні потрібна висока точність з'єднання. Канавка 6H7 потрібна для установа елемента юстировки, тому також повинна бути виконана з високою точністю.

Вимоги до чистоти поверхні $\varnothing 96$ ($R_{a0,32}$) обумовлені тим, що вона працює в режимі високого вакууму ($1 \cdot 10^{-4}$ МПа), хоча водночас немає відповідності між ступенем шорсткості та точністю розміру (допуск має величину 350 мкм).

Можна також відзначити, що задані на кресленні технічні вимоги з термообробки (відпалити) ставлять за мету зменшити внутрішні напруги в заготовці, забезпечити більш вигідні умови оброблення.

Вимога щодо покриття поверхні «І» емаллю білою МЛ-12 обумовлена на кресленні з метою підвищення антикорозійної стійкості деталі та покращення її естетичного вигляду. Винятком при покритті емаллю є поверхні «М» (отвір $\varnothing 10$ на розрізі Ж-Ж) і поверхня платика «К» (вид «Г»). Це обгрунтовано тим, що дані поверхні служать для контакту з поверхнями інших деталей, що приєднуються.

В якості технологічних завдань при виготовленні деталі, що розглядається, які можуть викликати деякі труднощі, слід назвати необхідність забезпечення потрібних значень розмірів отворів $\varnothing 88H7$ та $\varnothing 110H7$. Необхідно також забезпечити співвісність даних отворів із допуском 0,02 мм.

Технологічно складно також забезпечити вимогу перпендикулярності нижнього торця деталі до осі отвору $\varnothing 110H7$ з допуском 0,02 мм.

Досить високу точність містить також вимогу щодо перпендикулярності дна проточки $\varnothing 132/\varnothing 112$ (відхилення - не більше 0,02 мм).

Необхідно також забезпечити при виготовленні деталі паралельність площини платика (вид «Г») та осі отвору $\varnothing 110H7$ (відхилення – не більше 0,05 мм).

1.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Шуканий тип виробництва з відповідною йому формою організації робочого процесу визначають характер самого технологічного процесу з його побудовою. Тип виробництва визначаємо за допомогою програми «tip» (див. Додаток В, роздрук).

Вихідними даними для розрахунків стали:

- значення річної програма випуску «Корпусу» – 1500 штук;
- заданий режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- значення річного дійсного фонд часу – 4015 годин.

Відповідно до результатів розрахунку комп'ютерної програми ми отримали значення коефіцієнта закріплення операцій $K_{зо} = 30,53$. Маємо $20 < K_{зо} < 40$, тому отримуємо дрібносерійний тип виробництва (див. Додаток В, роздрук розрахунків на ЕОМ).

Дрібносерійне виробництво, як частина серійного, за всіма технологічними та виробничими даними є меншим за масового і ближчим до одиничного типу. Верстати в дрібносерійному виробництві розставляють за технологічними групами з урахуваннями напрямів основних вантажопотоків механічного цеху за предметно-замкненими ділянками. Отриманий нами дрібносерійний тип виробництва характеризують обмеженою номенклатурою випущених партіями виробів, що періодично повторюються. Значення обсягів випуску підприємства з серійним типом виробництва коливається від десятків й сотень виробів - до тисяч виробів, які партіями регулярно повторюються. Використовують універсальне й спеціалізоване обладнання, разом з ними - також верстати з ЧПК. Можуть одночасно використовувати групові потокові лінії, можуть - змінно-потокові автоматичні лінії. Використовувана технологічна оснастка є універсальною або універсально-збірною. Як правило,

середня кваліфікація робітників підприємства є вищою, ніж у масовому типі виробництва, але є нижчою за одиничний тип.

При знайденій груповій формі організації існуючого виробництва запуск виробів проводять партіями, причому з певною періодичністю, і це є ознакою серійного типу виробництва. У дрібносерійному виробництві можна застосовувати наступні форми організації робіт:

- форма організації робіт за видами обладнання, і це більш характерно для одиничного типу виробництва: верстати розміщують за ознаками однорідності оброблення;

- форма організації робіт предметна, (властивим є для серійного виробництва): верстати розташовують у цеху в послідовності виконання технологічних операцій;

- форма організації робіт потоково-серійна, або змінно-потокова: верстати також мають розставити за послідовністю виконуваних технологічних операцій.

Також результатами розрахунків на ЕОМ є :

- Форма організації виробництва – групова.
- Періодичність запуску – 21 днів.
- Розмір виробничої партії – 91 шт.
- Такт випуску – 160,60 хвилин.

Таким чином, відповідно до результатів розрахунку комп'ютерної програми маємо значення коефіцієнта закріплення операцій $K_{zo} = 30,53$ і дрібносерійний тип виробництва, з розміром виробничої партії 91 шт. та груповою формою організації виробництва.

1.4 Аналіз технологічності деталі «Корпус ЦФ7.180.187»

1.4.1 Технологічність за показниками якісними

Деталь «Корпус ЦФ7.180.187» є тілом обертання і за своїми конструктивними параметрами відноситься до класу втулок. Конфігурація зовнішнього контуру та внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при отриманні заготовки та подальшого оброблення деталі. Деталь «Корпус ЦФ7.180.187» має достатню жорсткість, що полегшує процес оброблення з оптимальними режимами різання.

Матеріал, що застосовується для виготовлення деталі «Корпус ЦФ7.180.187», а саме сталь 10880 ГОСТ 11036-75, є обраним відповідно до вимог до матеріалів, що працюють у магнітних ланцюгах електричних апаратів та приладів. Цю марку сталі відносять до електротехнічних (електричних), нелегованих, сортових, гарячекатаних та каліброваних сталей. Хімічний склад сталі представлено у відповідній таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 10880 ГОСТ 11036-75

| Вміст елементів у % | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| C | Si | Mn | P | Cu | S |
| 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,02 | 0,30 | 0,02 |

Низький вміст вуглецю в даній сталі робить її легкообробною, з поліпшеною оброблюваністю (цьому сприяє наявність сірки). У сталі при цьому утворюється хрупка складова, яка у вигляді множини субмікроскопічних включень порушує цілісність фериту. Дещо знижує її оброблюваність вміст кремнію в сталі і зменшує можливість отримання необхідної шорсткості.

Аналіз конфігурації поверхонь деталі «Корпус ЦФ7.180.187» дозволяє зробити висновок, що в основному поверхні деталі є простими, тобто плоскими, циліндричними а конусними, що багато в чому полегшує їх оброблення.

До всіх поверхонь деталі «Корпус ЦФ7.180.187» можливий вільний доступ різального інструменту, і тому немає жодної необхідності застосовувати якийсь спеціальний ріжучий інструмент. Також усі отвори розташовані під прямим кутом входу та виходу, що технологічно.

Нетехнологічними елементами деталі «Корпус ЦФ7.180.187» є:

- глухі отвори з різьбленням М3-7Н, нарізання різі в цих отворах на металорізальних верстатах не рекомендується, тому це оброблення доцільніше виконувати на слюсарній операції;
- отвір М3-7Н^{-1,0} – 10^{+1,0}, - для нарезання тут різі потрібен мітчик з подовженим хвостовиком;
- паз R20±0,5, оскільки він зміщений від осьової лінії на 15°±9’;
- отвір Ø5^{+0,4} довжиною 95^{+1,6} – для його отримання необхідно використовувати подовжений свердел;
- канавка розміром 0,5×1 (вид Д);
- канавка Ø125 і шириною 2,5 (розріз К-К) – тут необхідне спеціальне заточування різців.

1.4.2 Технологічність за показниками кількісними

Коефіцієнт точності оброблення:

$$K_{\text{тч}} = 1 - 1/T_{\text{ср}} \quad , \quad (1.1)$$

де $T_{\text{середн}}$ - середній квалітет точності,

$$T_{\text{середн}} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} \quad , \quad (1.2)$$

T_i = квалітет точності,

n_i - кількість розмірів поверхонь.

$$T_{\text{середн.}} = \frac{7 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 10}{2 + 2 + 1 + 2 + 4 + 10} = 12,00$$

$$K_{\text{тч}} = 1 - (1/12,00) = 0,92 > 0,80 = [K_{\text{тч}}]_{\text{норм.}}$$

Отриманий коефіцієнт точності є більшим за нормативний коефіцієнт, тобто за точністю оброблення деталей є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості

$$K_{\text{шор}} = 1/Ш_{\text{середн.}} \quad , \quad (1.3)$$

де $Ш_{\text{середн.}}$ - середня шорсткість,

$$Ш_{\text{середн.}} = \frac{\sum Ш_i n_{4i}}{\sum n_{4i}} \quad , \quad (1.4)$$

Тоді
$$Ш_{\text{середн.}} = \frac{0,32 \cdot 3 + 1,25 \cdot 4 + 6,3 \cdot 9 + 12,5 \cdot 7}{2 + 5 + 8 + 7} = 3,07 > 0,32 = [K_{\text{шор}}]_{\text{н}}$$

Коефіцієнт шорсткості є меншим припустимого, тобто деталь «ЦФ7.180.187» технологічна за шорсткістю.

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{ВМ}} = m_{\text{детал}}/m_{\text{загот}} \quad , \quad (1.5)$$

де $m_{\text{детал}}$ - маса деталі, кг,


$m_{\text{загот}}$ - маса заготовки, кг.

$$K_{\text{ВМ}} = 2,02/6 = 0,341 < 0,64 = [K_{\text{ВМ}}]_{\text{норм.}}$$

Коефіцієнт використання матеріалає меншим за нормативний, тобто деталь «Корпус ЦФ7.180.187» за цим параметром є нетехнологічною.

Виходячи зі службового призначення, а також виходячи з умов роботи виробу та деталі, можна зробити висновки, що спрощення конструкції деталі «Корпус ЦФ7.180.187» неможливе. З метою збереження жорсткості заданої деталі є недоцільним замінення її конструкції на збірну, зварену або армовану. Більшість поверхонь «Корпусу ЦФ7.180.187» є відкритими й доступними для механічного оброблення та базування.

Тому виходячи з наведеного аналізу технологічності (якісного та кількісного) можна зробити висновок, що в цілому деталь «Корпус ЦФ7.180.187» є технологічною, проте присутні окремі нетехнологічності, які неможливо усунути через конструктивні особливості деталі «Корпус ЦФ7.180.187».



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

Існуючий технологічний процес обробки деталі «Корпус ЦФ7.180.187» загалом відповідає типовим технологічним процесам оброблення деталей такого профілю.

Послідовність операцій механічної обробки відповідає етапам оброблення: чорновий етап (токарні операції 005 і 010), напівчистовий етап (токарна операція 015, свердлильно-фрезерно-розточувальна 020, вертикально-свердлувальні операції 030 і 035), чистовий етап (доводочна операція).

Викликає заперечення лише послідовність виконання операції 025 (вертикально-фрезерної): операція йде після свердлильно-фрезерно-розточувальної 020, а доцільніше було б виконання її до операції 020.

На першій операції токарній чорновій обробляються поверхні (торець $143,6_{-1,6}$ та $\varnothing 85,6^{+0,87}$), які є базовими для другої операції механічної обробки. Таким чином, чернові бази першої операції використовуються тільки один раз і на першій операції готуються бази наступної операції.

На операції 015 токарній з ЧПК обробляються поверхні $138_{-0,4}$, $\varnothing 110H7$ та $\varnothing 138_{-0,4}$, які служать базою на наступній операції 020 (свердлильно-фрезерно-розточувальною) та для подальших операцій (030 та 035). Таким чином, витримується принцип сталості баз, що призводить до підвищення точності обробки.

Методи обробки поверхонь переважно відповідають рекомендованим:

і зовнішні циліндричні поверхні деталі деталі ($\varnothing 138_{-0,4}$ і $\varnothing 100_{-0,35}$) та внутрішні циліндричні поверхні ($\varnothing 112^{+0,35}$, $\varnothing 100H7$, $\varnothing 88H7$, $\varnothing 96^{+0,35}$) отримують шляхом триразового точіння (або розточування) на токарному устаткуванні; отвори $\varnothing 52H9$ і $\varnothing 5^{-0,4}$ - шляхом свердління; пази $R20 \pm 0,5$ - шляхом фрезерування.

Обладнання, що застосовується на операціях більшою мірою універсальне (токарно-гвинторізні, вертикально-фрезерний, вертикально-свердлильний), що більше підходить до одиничного типу виробництва, ніж дрібносерійного.

Матеріал ріжучої частини інструментів в основному відповідає рекомендованому: для точення використовується твердий сплав Т5К10 і Т30К4, для свердління - Р6М5, що є швидкорізальною сталлю. Не зовсім доцільно використання на операціях 020 (свердлильно-фрезерно-розточувальній) і 025 (вертикально-фрезерній) фрез зі швидкорізальної сталі Р6М5.

1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

Таким чином, для проектного технологічного процесу можна поставити такі завдання:

- устаткування - необхідно використовувати переважно верстати з ЧПК, що більше відповідає дрібносерійному типу виробництва;
- ширше використовувати твердосплавний ріжучий інструмент, що дозволяє здійснювати вищі режими різання;
- змінити нумерацію операцій технологічного процесу (операцією 005 слід назвати заготівельну операцію, а не токарну, як це прийнято в існуючому технологічному процесі).

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ «КОРПУСУ ЦФ7.180.187»

2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Задані конструкторські вимоги на кресленні деталі за точністю розмірів, форми та шорсткості обробки можна забезпечувати різними технологічними методами, що свідчить про багатоваріантність технологічного проектування.

Зокрема, отримання точних циліндричних поверхонь 7-го кватитету (задані $\varnothing 110H7$, $\varnothing 88H7$) з шорсткістю Ra 0,32 можливе такими методами:

- зенкерування або розточування та дворазове розгортання;
- зенкерування або двократне розточування та двократне розгортання або тонке розточування;
- прогресивне протягування та шліфування.

Виходячи з наявності на підприємстві токарного обладнання (токарний верстат з ЧПУ мод.16K20PФ3) доцільним є другий метод із наведених вище: дворазове розточування та тонке розточування.

Торцеві поверхні деталі (розміри $138_{-0,4}$, $57^{+0,3}$, $74^{+0,0,3}$) відносяться до 12 квалітету. Для отримання заданої точності IT12 достатньо дворазового підрізування торця на токарній операції. Оскільки зовнішні торцеві поверхні $138_{-0,4}$ можуть теоретично бути оброблені іншими методами (стругання або фрезерування торцевими фрезами) з параметрами IT12...IT11 і Ra3,2...1,6 при напівчистовій або одноразовій обробці, необхідно віддати перевагу методу токарної обробки, оскільки при цьому з одного установа формуються і циліндричні поверхні разом з торцями, що веде до підвищення точності оброблення.

Отримання різьблення М4-7Н і М3-7Н досягається при способі обробки мітчиками (поле допуску 6Н при параметрі шорсткості Ra6,3 ... 3,2).

Радіусні пази $R20 \pm 0,5$ та висотою $18^{+0,4}$ виконуються за грубим квалітетом IT14 і можуть бути оброблені тільки одним способом - радіальним врізанням спеціальної подовженої фрези. Застосування розточувального інструменту в даному випадку недоцільне через несприятливі умови його роботи (переривчасте різання «на удар»), що призведе до зниження режимів різання і зниження стійкості інструменту.

Вихідними для складання варіантів маршрутного технологічного процесу та вибору оптимального є розглянуті раніше варіанти оброблення поверхонь деталі.

З іншого боку, потрібно витримувати принцип поетапності, тобто. спочатку необхідно зробити всі «чорнові» операції, потім - «чистові» тощо. При цьому враховуються такі вимоги:

- насамперед обробляємо базові поверхні для другої операції;
- обробляємо поверхні з найбільшим припуском;
- далі йдуть операції, де найбільша ймовірність появи браку.

Результати оформлюємо як таблицю-матрицю технологічного процесу (див. таблицю 2.1).

Черновий етап (Е1) включає дві токарно-гвинторізні операції (010 і 015).

Напівчистовий етап (Е2) включає третю токарно-гвинторізну операцію (020), комплексну на обробних центрах з ЧПК (025), вертикально-фрезерну (030), вертикально-свердлильну (035) і вертикально-свердлильну операцію 040.

Чистовий етап включає доводочну операцію 045.

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

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми та точності заготовки до форми готової деталі «Корпус ЦФ7.180.187». Вид заготівлі зазвичай встановлюється в результаті аналізу креслення деталі «Корпус ЦФ7.180.187», її матеріалу, програми випуску, габаритів й маси. Вибір способу отримання заготовки робимо розрахунковим методом порівнянням вартості двох варіантів.

Вихідними даними для розрахунків є такі:

- матеріал – сталь 10880 ГОСТ11036-75;
- Маса деталі «Корпус ЦФ7.180.187» (2,02 кг);
- Діаметр, ширина (138 мм).
- Форма деталі «Корпус ЦФ7.180.187» (тіло обертання);
- Річна програма випуску деталі «Корпус ЦФ7.180.187» (1500 шт.);

Необхідно відзначити, що доцільність та економічна ефективність того чи іншого способу отримання заготовки залежать від багатьох факторів, зокрема, від типу виробництва. Відповідно до рекомендацій для заданої деталі «Корпус ЦФ7.180.187» можна використовувати також кування (річний випуск поковок $1500 < 10000$ шт. для дрібносерійного типу виробництва при масі деталі до 10 кг). Також згідно при масі до 200 кг й найменшій товщині стінок 2,50 мм можна використовувати штампування на пресах і молотах. Тому порівнюємо два види виготовлення: кування на плоских бойках й штампування у підкладних штампах.

Вартість заготовки визначаємо за такими формулами:

$$S_{заг.} = \left(\frac{C_{i4}}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_s \cdot K_c \cdot K_n \cdot K_m \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{сидх.4}}{1000}, \quad (2.1)$$

де C_{i4} - базова собівартість однієї тони заготовок деталей «Корпус ЦФ7.180.187», у гривнях;

$S_{\text{відх4}}$ – вартість відходів при обробленні заготовок,

K_T - коефіцієнт, що залежить від класу точності заготовок,

K_C - коефіцієнт, що залежить від групи складності заготовок,

K_B - коефіцієнт, що залежить від маси заготовок,

K_M - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу заготовок.

K_P - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва,

q – маса готової деталі «Корпус ЦФ7.180.187».

Значення коефіцієнтів обох варіантів визначаємо з урахуванням розцінок.

Собівартість C_1 при масі поковки $Q_{\text{загото}} = 6-10$ кг буде $C_1=14$ грн/кг.

При визначенні собівартості заготовки, одержуваної різними способами, необхідно врахувати, що припуски на заготовку «Корпусу ЦФ7.180.187» ковану збільшені у порівнянні з припусками на штамповану заготовку, тобто маса поковки буде більше маси штампованої заготовки не менше, ніж на 40%. Тоді

$$Q_{\text{штам}}=6 \text{ кг},$$

$$Q_{\text{поко}}=9 \text{ кг}.$$

Собівартість поковки в загальному випадку можна визначити за формулою

$$C_{\text{поко}} = C_1 \cdot S \cdot z \cdot G_d, \quad (2.2)$$

де C_1 – собівартість 1 кг штампованих поковок,

S – коефіцієнт складності конфігурації поковки,

z – поправковий коефіцієнт для деталей із кованих поковок,

G_d – маса заготовки.

Для штампованих поковок

$$C_{\text{штам}} = C_1 \cdot S \cdot K_N - G_d, \quad (2.3)$$

де K_N – коефіцієнт, що враховує програму.

Для заготовок 1-ї групи складності (тіло обертання чи близьке до них)

$$z=0,57, S=1, K_N=1.$$

Тоді

$$C_{\text{поко}} = 14 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 9 = 72 \text{ (грн/кг)},$$

$$C_{\text{штам}} = 14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6 = 84 \text{ (грн/кг)}.$$

Вартість відходів визначаємо з урахуванням розцінок на даний час:

$$S_{\text{відх}} = 2500 \text{ грн/т.}$$

Підставляємо отримані значення та визначаємо вартості обох варіантів отримання заготовки:

$$S_{\text{штам}} = (84 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,87 \cdot 1) - (6 - 2,02) \cdot \frac{2500}{1000} = 319 \text{ грн}$$

Для кованої заготовки:

$$S_{\text{поко}} = (72 \cdot 9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,87 \cdot 1) - (9 - 2,02) \cdot \frac{2500}{1000} = 405 \text{ грн}$$

Собівартість штампованої заготовки нижче за собівартість заготовки, що отримується куванням:

$$319 \text{ грн} < 405 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від застосування штампування замість кування:

$$E_3 = (S_{\text{поко}} - S_{\text{штам}}) \cdot N = (405 - 319) \cdot 1500 = 129000 \text{ (грн)}.$$

Для заданого дрібносерійного типу виробництва найбільш поширеним є штампування на молотах для гарячого штампування переважно у відкритих штампах. Штампування у відкритих штампах характеризується тим, що зазор між верхньою та нижньою частинами штампу є змінним та зменшується у процесі деформації матеріалу. У зазор витікає надлишок матеріалу, який утворює задирок. Останній є небажаним відходом, проте він необхідний для повного заповнення струмка штампу. Положення роз'єму штампу вибирається таким чином, щоб була можливість вільного виходу поковки із порожнини штампу. Для деталі «Корпус ЦФ7.180.187» доцільно встановити площину роз'єму у перерізі перемички ($\varnothing 88\text{H}7$). Загальний вид заготовки представлений на рисунку 2.1.

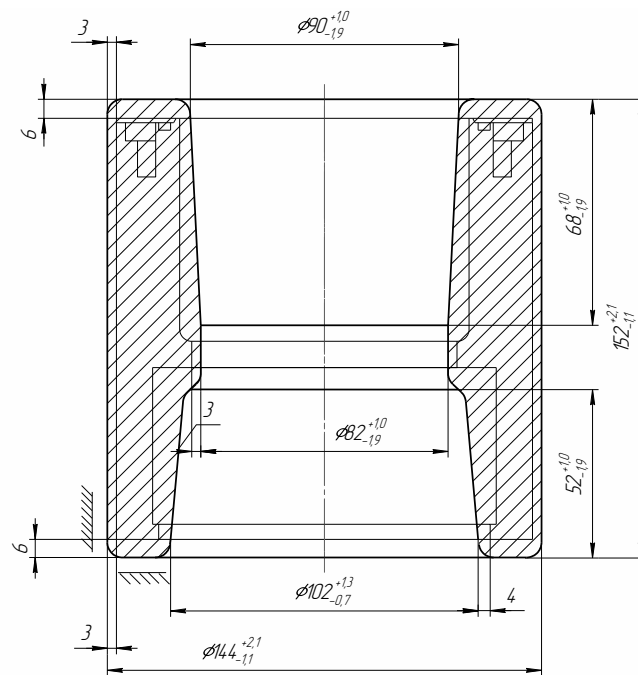


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки «Корпусу ЦФ7.180.187»

По таблицям стандарту знаходимо, що штампувальні уклони такі:
 зовнішні – $1 \dots 7^\circ$
 внутрішні – $3 \dots 10^\circ$

В залежності від маси поковки й глибини порожнини штамп знаходимо радіуси заокруглень зовнішніх кутів поковки: $R = 4,0$ мм.

На робочому кресленні заготовки корпусу вказуємо технічні вимоги:

- штампувальні уклони - $3 \dots 10^\circ$;
- штампувальні радіуси - R4;
- група точності виготовлення – 3;
- група сталі – M1;
- ступінь складності – C2.

2.3 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання $\varnothing 110H7$

Розрахунок припусків робиться для одного з найбільш точних діаметральних розмірів $\varnothing 110H7$ деталі «Корпус ЦФ7.180.187». Цей розрахунок проводиться за допомогою комп'ютерів відповідно до програми «PRIPUSK», розрахунково-аналітичним методом професора В.М.Кована.

Початковими даними для розрахунку є:

- маршрут оброблення поверхні:

Чорнове розточування (IT12, Ra6,3),

Чистове розточування (IT8, Ra3,2),

Тонке розточування (IT7, Ra1,25),

- Параметри поверхні після оброблення (для поковки якість поверхні визначається відповідно до таблиць-підказок програми : Rz=160 мкм, T=200 мкм; після чорнового розточування Rz=40, глибина дефектного шару T=50 мкм; після чистового розточування Rz=20 мкм, T=20 мкм; після тонкого розточування Rz=5 мкм, T=5 мкм;

- просторові відхилення: для штампованих заготовок:

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{из}^2} \quad (2.4)$$

Маємо: зміщення $\rho_{зм}=0,5$ мм, кривизна: $\rho_{из}=0,6$ мм.

$$\text{Тоді: } \rho = \sqrt{500^2 + 600^2} = 781 \text{ мкм}$$

Залишкове просторове відхилення після переходу визначається наступним чином:

$$\rho_{ост} = K_{ц4} \cdot \rho_{заг} \quad (2.5)$$

де $K_{ц4}$ – коефіцієнт уточнення,

$\rho_{заг}$ – кривизна заготовки.

Після чорнового розточування: $\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_{заг} = 0,06 \cdot 781 = 47$ мкм;

після чистового розточування: $\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_{заг} = 0,02 \cdot 781 = 2$ мкм.

Похибка встановлення включає похибку базування та похибку закріплення. При встановленні в трикулачковому патроні під час чорнового розточування похибка базування дорівнює: $\varepsilon_{61}=200$ мкм; при чистовому розточуванні (установлення в трикулачковому патроні, базова поверхня – попередньо оброблена): $\varepsilon_{62}=150$ мкм; оскільки чистове і тонке розточування роблять на одній операції з одного установа, то $\varepsilon_{63}=0$ мкм. Похибка закріплення в радіальному напрямку: $\varepsilon_{31}=90,0$ мкм; $\varepsilon_{32}=45,0$ мкм; $\varepsilon_{33}=0$ мкм.

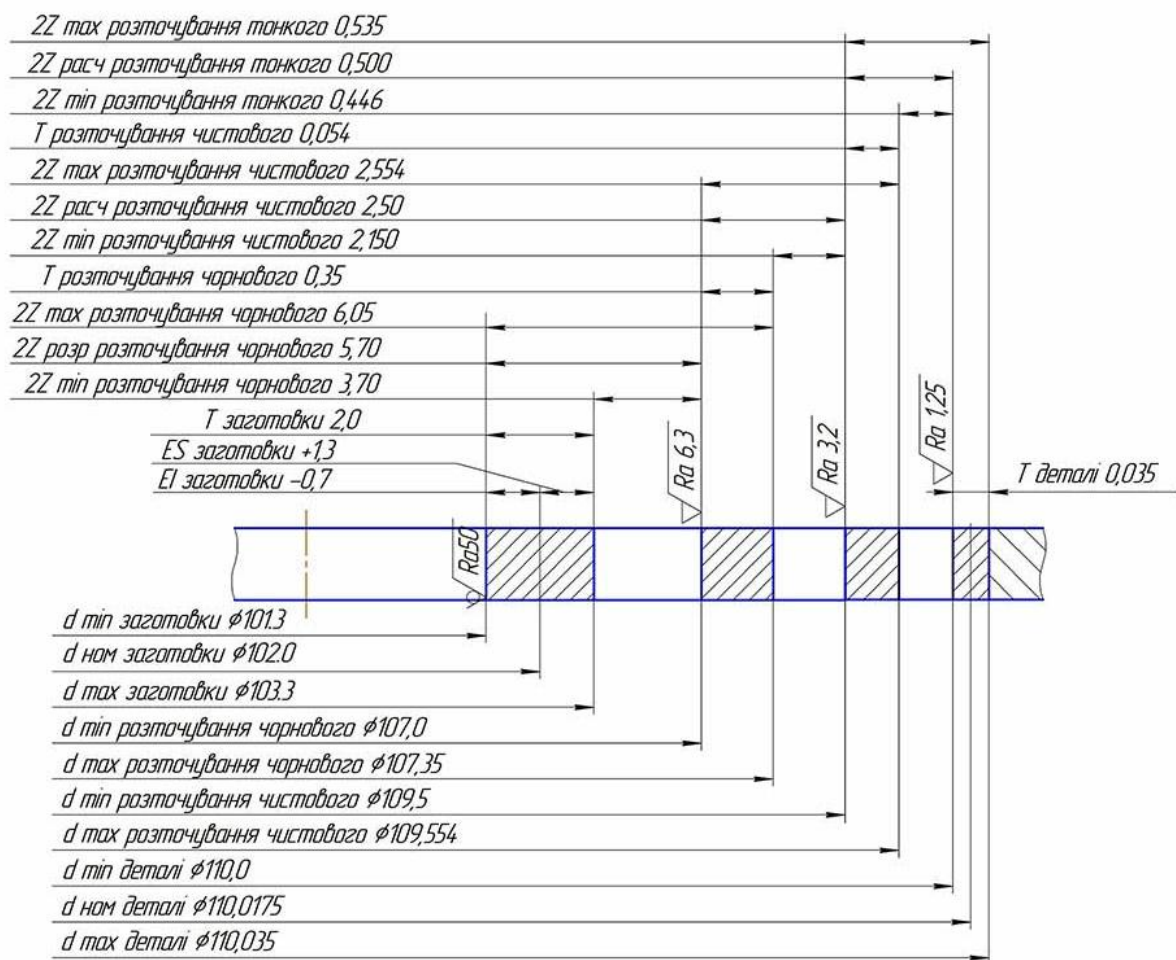


Рисунок 2.2 - Схема розміщення допусків, припусків на отвір $\varnothing 110H7(+0,035)$.

Результати розрахунків на комп'ютері відповідно до програми «PRIPUSK (копія роздруку) наведено у «Додатку Г Результати розрахунку припусків».

2.4 Розмірний аналіз технологічного процесу для лінійних розмірів

Задані на кресленні конструкторські лінійні розміри $138_{-0,4}$, $57^{+0,3}$, $74^{+0,3}$ отримуємо шляхом обробки торцевих поверхонь на трьох операціях 010, 015, 020: чорнове точіння, напівчистове точіння, чистове точіння.

Технологічні розміри A_i повинні бути обчислені таким чином, щоб очікувана (розрахункова) похибка конструкторських розмірів ρ_{si} не перевищувала їх допуска, а розрахункові розміри S_{max} та S_{min} не виходили за межі заданих. Крім того, технологічні розміри повинні бути такими, щоб гарантувати видалення всіх мікронерівностей (Rz_{max}) та дефектного шару (h), що залишився після попередньої обробки з обробленої поверхні. Таким чином, слід зняти припуск, мінімальне значення якого є:

$$Z_{mini} = Rz_{maxi-1} + T_{i-1}$$

де i - індекс поточного переходу.

Для виявлення розмірних ланцюгів складемо схему оброблення (рисунок 2.3). Для цього:

- намалюємо контур деталі та на торцевій її поверхні, ми прикріплюємо її стільки припусків, скільки разів ця поверхня обробляється. Оскільки деталь є симетричною, ми зображуємо лише верхню половину деталі до осьової лінії;
- вказуємо номери поверхонь зліва направо;
- знаходимо поверхню на заготовці, яка на першій операції є технологічною базою;
- починаючи з цієї поверхні (корінь), ми проводимо однобічні стрілки розмірів заготовки таким чином, щоб до кожної її поверхні підходила тільки одна стрілка, а до корневої - ні одної, причому, всі розміри схеми відповідають тим, що вказані на ескізі заготовки;
- наносимо на схему усі розміри механічної обробки однобічними стрілками в порядку виконання операцій та переходів в напрямку від вимірювальних баз до оброблюваних поверхонь і в той же час відзначаємо на

контурі заготовки припуски, що знімаємо, та технологічні бази; технологічні розміри індексуємо номером операції і переходу; припуски отримують індекси розмірів, при формуванні яких зрізають цей припуск;

- наносимо на схему всі конструкторські розміри.

Перевіряємо правильність побудови схеми оброблення:

- кількість технологічних розмірів A_i повинно дорівнювати загальній кількості конструкторських розмірів S_i та припусків Z_i ;

$$A_i=15; S_i=3; Z_i=12$$

$$15 = 3+12 \text{ – умова виконується;}$$

- до кожної поверхні, крім кореневої, повинна підходити тільки одна стрілка (умова виконується, тому схема обробки побудована правильно).

Побудова дерева технологічних розмірів та графа розмірних ланцюгів ТП (рисунок 2.4):

- малюємо вершину - корінь дерева, від неї проводимо ребра – розміри заготовки. Продовжуємо побудову, поки на дерево не буде нанесено всі поверхні (вершини) та ребра (розміри) заготовки у відповідності зі схемою оброблення;

- продовжуємо побудову дерева, наносимо на нього розміри механічної обробки так, як вони вказані на схемі обробки;

- між відповідними вершинами дерева проводимо потовщеними лініями ребра – конструкторські розміри та хвилястими – припуски;

- на всіх ребрах проставляємо індекс розмірів та припусків, на ребрах конструкторських розмірів – величину їх допусків.

Знаходимо величину допусків на технологічні розміри та заповнемо таблицю розрахунків допусків (таблиця 2.2).

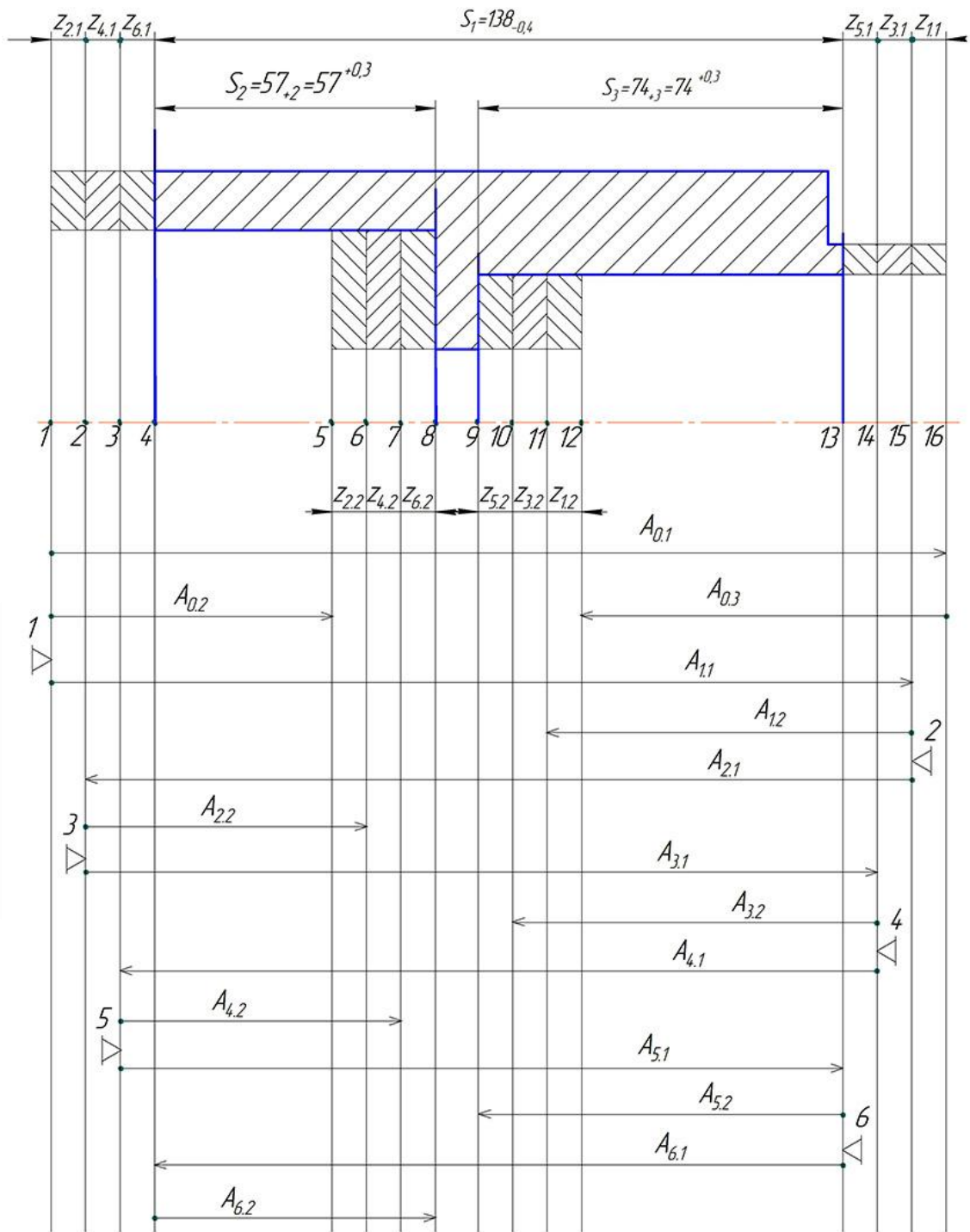


Рисунок 2.3 - Схема обработки

Таблиця 2.2 - Розрахунок допусків для технологічних розмірів

| Індекс розміра | Спосіб обробки | Точність розмерів | Качество пов. (Rz+T), мкм | Величина розміра, мм | Величина допуска, мм | Домінуюча погрешність, мм | Расчетный допуск, мм |
|------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A _{0.1} | Штампування | 3 ГОСТ 7505- 89 | 500+ 1200 | св.120 до180 | +2,1 -1,1 | - | 3,2 |
| A _{0.2} | -//- | -//- | 500+ 1200 | св. 50 до 120 | +1,0 -1,9 | - | 2,9 |
| A _{0.3} | -//- | -//- | 500+ 1200 | св. 50 до 120 | +1,0 -1,9 | - | 2,9 |
| A _{1.1} | Точіння чорнове | 15 | 250+ 240 | 120- 180 | 1,6 | $\rho_{кор} =$ $= 0,7$ | 2,3 |
| A _{1.2} | Точіння чорнове | 15 | 250+ 240 | св. 50 до 80 | 1,2 | 0,7 | 1,9 |
| A _{2.1} | Точіння чорнове | 15 | 250+ 240 | 120- 180 | 1,6 | | 1,6 |
| A _{2.2} | Точіння чорнове | 15 | 250+ 240 | 50-80 | 1,2 | | 1,2 |
| A _{3.1} | Точіння напівчистове | 14 | 125+ 120 | 120- 180 | 0,25 | - | 0,25 |
| A _{3.2} | Точіння напівчистове | 14 | 125+ 120 | 50-80 | 0,74 | - | 0,74 |
| A _{4.1} | Точіння напівчистове | 14 | 125+ 120 | 120- 180 | 1,0 | - | 1,0 |

Продовження таблиці 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------|----------------------|----|-------------|-------------|------|---|------|
| A _{4.2} | Точіння напівчистове | 14 | 125+ 120 | 50-80 | 0,74 | – | 0,74 |
| A _{5.1} | Точіння чистове | 12 | 40+ 40 | 120- 180 | 0,4 | – | 0,4 |
| A _{5.2} | Точіння чистове | 12 | 40+ 40 | 50-80 | 0,3 | | 0,3 |
| A _{6.1} | Точіння чистове | 12 | 40+ 40 | 120- 180 | 0,4 | | 0,4 |
| A _{6.2} | Точіння чистове | 12 | 40+ 40 | 50-80 | 0,3 | | 0,3 |

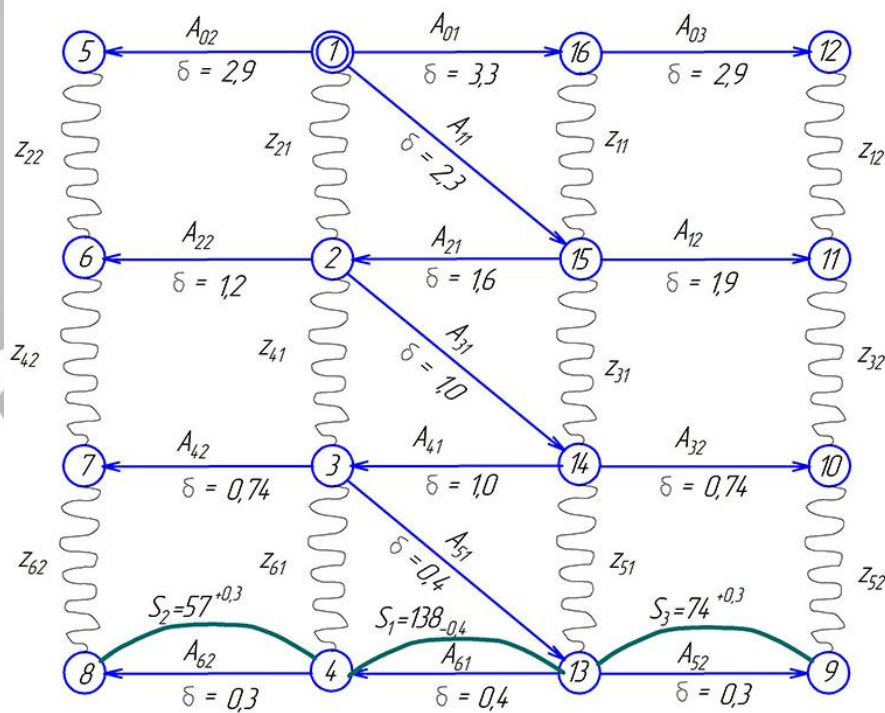


Рисунок 2.4 - Граф розмірних ланцюгів ТП

Розрахунок технологічних розмірів здійснюємо, використовуючи таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок технологічних розмірів

| Відомі (задані) розміри | | | | | | Невідомі (ті, що шукаємо) розміри | | | | | | |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|--|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Розміри | Величина та допуск | Очікувана похибка | Середній розрахунковий | Допустиме коректування | Середній відкорегований розмір | Розмір | Допуск | Рівняння контура | Середній розрахунковий розмір | Номинальний розрахунковий розмір | Номинальний скорректированный размер | Средний скорректированный размер |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| S_1 | $138_{-0,4}$ | 0,4 | 137,8 | 0 | | $A_{6,1}$ | -0,4 | $-A_{16,1}+S_1=0$ | 137,8 | $138_{-0,4}$ | $138_{-0,4}$ | 137,8 |
| S_2 | $57^{+0,3}$ | 0,3 | 57,15 | 0 | | $A_{6,2}$ | +0,3 | $A_{6,2}-S_2=0$ | 57,15 | $57^{+0,3}$ | $57^{+0,3}$ | 57,15 |
| S_3 | $74^{+0,3}$ | 0,3 | 74,15 | 0 | | $A_{5,2}$ | +0,3 | $-A_{5,2}+S_3=0$ | 74,15 | $74^{+0,3}$ | $74^{+0,3}$ | 74,15 |
| $Z_{1,1}$ | 0,1 | 5,6 | 2,9 | $+\infty$ | | $A_{5,1}$ | -0,4 | $A_{5,1}-A_{6,1}-Z_{6,1}=0$ | 138,7 | $138,9_{-0,4}$ | $139_{-0,4}$ | 138,8 |
| $Z_{1,2}$ | 0,1 | 10,4 | 5,3 | $+\infty$ | | $A_{4,2}$ | +0,74 | $A_{4,2}+Z_{6,2}-A_{6,2}+A_{6,1}-A_{5,1}=0$ | 56,73 | $56,36^{+0,74}$ | $56,3^{+0,74}$ | 56,67 |
| $Z_{2,1}$ | 0,1 | 3,9 | 2,05 | $+\infty$ | | $A_{4,1}$ | -1,0 | $A_{4,1}-Z_{5,1}-A_{5,1}=0$ | 140 | $140,5_{-1,0}$ | $140,5_{-1,0}$ | 140 |
| $Z_{2,2}$ | 0,1 | 8 | 4,1 | $+\infty$ | | $A_{3,2}$ | +0,74 | $-A_{3,2}-Z_{5,2}+A_{5,2}-A_{5,1}+A_{4,1}=0$ | 73,63 | $73,26^{+0,74}$ | $73,2^{+0,74}$ | 73,57 |
| $Z_{3,1}$ | 0,62 | 2,6 | 1,92 | $+\infty$ | | $A_{3,1}$ | -1,0 | $A_{3,1}-A_{4,1}-Z_{4,1}=0$ | 141,62 | $142,12_{-1,0}$ | $142,2_{-1,0}$ | 141,7 |
| $Z_{3,2}$ | 0,62 | 5,24 | 3,24 | $+\infty$ | | $A_{2,2}$ | +1,2 | $A_{2,2}+Z_{4,2}-A_{4,2}+A_{4,1}-A_{3,1}=0$ | 55,78 | $55,15^{+1,2}$ | $55,1^{+1,2}$ | 55,7 |
| $Z_{4,1}$ | 0,62 | 2,0 | 1,62 | $+\infty$ | | $A_{2,1}$ | -1,6 | $-A_{2,1}+A_{3,1}+Z_{3,1}=0$ | 143,62 | $144,42_{-1,6}$ | $144,5_{-1,6}$ | 143,7 |
| $Z_{4,2}$ | 0,62 | 3,94 | 2,59 | $+\infty$ | | $A_{1,2}$ | +1,9 | $A_{1,2}-A_{2,1}+A_{3,1}-A_{3,2}+Z_{3,2}=0$ | 72,33 | $71,38^{+1,9}$ | $71,3^{+1,9}$ | 72,25 |
| $Z_{5,1}$ | 0,5 | 1,4 | 1,2 | $+\infty$ | | $A_{1,1}$ | -2,3 | $A_{1,1}-A_{2,1}-Z_{2,1}=0$ | 145,75 | $146,9_{-2,3}$ | $147_{-2,3}$ | 145,85 |
| $Z_{5,2}$ | 0,5 | 2,44 | 1,72 | $+\infty$ | | $A_{0,1}$ | $\begin{matrix} +2,1 \\ -1,1 \end{matrix}$ | $A_{0,1}-Z_{1,1}-A_{1,1}=0$ | 148,75 | $148,2_{-1,1}^{+2,1}$ | $149_{-1,1}^{+2,1}$ | 148,45 |
| $Z_{6,1}$ | 0,5 | 0,8 | 0,9 | $+\infty$ | | $A_{0,2}$ | $\begin{matrix} +1,0 \\ -1,9 \end{matrix}$ | $A_{0,2}+Z_{2,2}-A_{2,2}+A_{2,1}-A_{1,1}=0$ | 53,75 | $52,8_{-1,9}^{+1,0}$ | $52_{-1,9}^{+1,0}$ | 52,95 |
| $Z_{6,2}$ | 0,5 | 1,84 | 1,42 | $+\infty$ | | $A_{0,3}$ | $\begin{matrix} +1,0 \\ -1,9 \end{matrix}$ | $A_{0,3}-A_{0,1}+A_{1,1}-A_{1,2}+Z_{1,2}=0$ | 69,55 | $68,6_{-1,9}^{+1,0}$ | $68_{-1,9}^{+1,0}$ | 68,95 |

2.5 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки «Корпус ЦФ7.180.187»

Зазначений аналіз та обґрунтування схеми базування та закріплення заготовки здійснюємо відповідно до вимог для трьох технологічних операцій – 010 (токарної з ЧПК), 030 (фрезерної з ЧПК) та 040 (вертикально-свердлильної).

Операція 010 (токарна з ЧПК).

На даній операції на установі А проводиться чорнове обточування одного з торців заготовки розміром $147_{-2,3}$ і розточування отвору $\varnothing 93,6^{+0,74}$ на довжині $71,3^{+1,9}$. При виборі схеми базування керуємося принципами, що в першу чергу потрібно обробляти ті поверхні, які будуть базовими на другій операції (або другому установі), а чорнову базу можна використовувати лише один раз. Тому як головною базовою поверхнею на установі А використовуємо лівий торець заготовки (установча база, позбавляє заготовку трьох ступенів свободи), а як допоміжна базова поверхня – зовнішня поверхня заготовки (подвійна опорна база, позбавляє заготовку двох ступенів свободи, див. рисунок 2.5).

На установі Б проводиться обточування зовнішньої поверхні в розмір $\varnothing 140,4_{-1,0}$, розточування отворів у розмір $\varnothing 85,6^{+0,87}$ і $\varnothing 107^{+0,35}$, а також обробка другого торця при витримуванні розмірів $144,5_{-1,6}$ и $55,1^{+1,2}$. На установі Б операції 010 використовуємо оброблену на попередньому установі А поверхню торця заготовки як установчої бази (позбавляє заготовку трьох ступенів свободи 1,2,3) і раніше оброблену поверхню $\varnothing 93,6^{+0,74}$ як подвійну опорну базу, що позбавляє заготовку двох ступенів свободи (4,5). Застосування зазначених поверхонь як базових не перешкоджає доступу ріжучого інструменту при обробці.

Оскільки при даному варіанті базування для лінійного розміру

147_{-2,3} (установ А) й у розміру 144,5_{-1,6} (установ Б) дотримується принцип суміщення баз (збігаються вимірвальна і технологічна бази), то похибка базування дорівнюватиме нулю, тобто.

$$\varepsilon_{б\ 147} = 0, \quad \varepsilon_{б\ 144,5} = 0 .$$

Для діаметральних розмірів величина похибки базування дорівнюватиме установ А і Б - допуску радіального биття трикулачкового патрона, тобто $\varepsilon_{б} = T_{бит.} = 200$ мкм.

$$\varepsilon_{б} = 200 \text{ мкм.}$$

Інших варіантів базування на цій операції через конструктивні особливості деталі і застосовуваного методу обробки - немає.

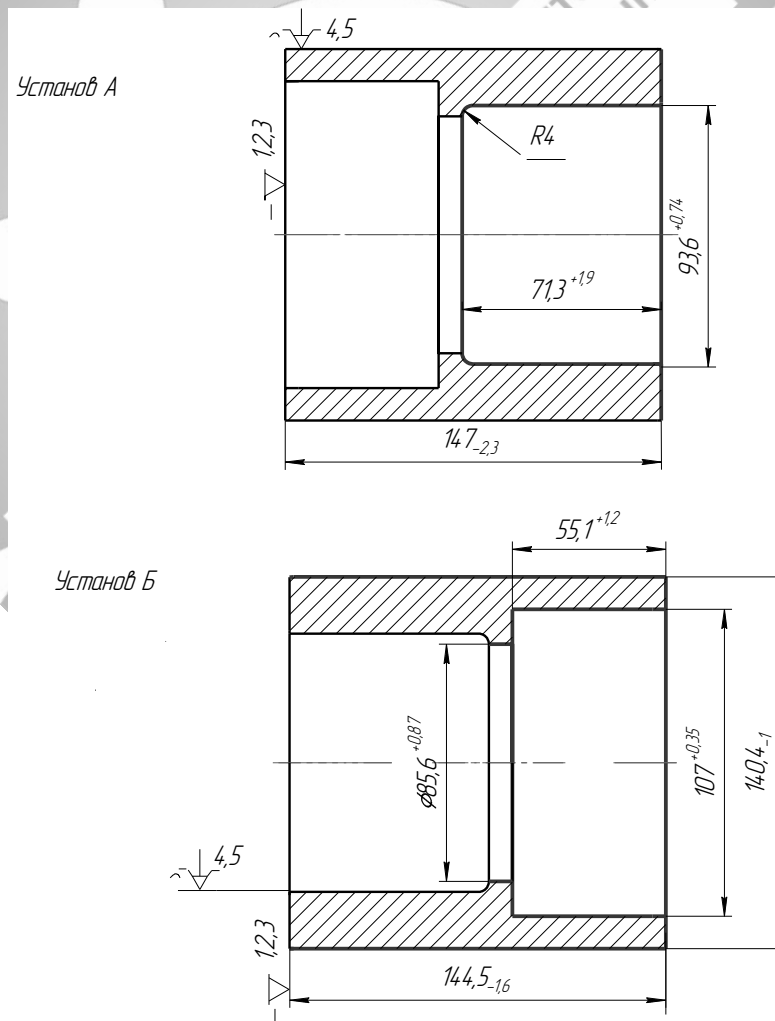


Рисунок 2.5 – Схема базування на операції 010

У таблицях 2.4, 2.5 представлено ступені відповідності й матриця зв'язків для базування по рис. 2.5.

Таблиця 2.4 - Ступені відповідності при базуванні

| Зв'язок | Степінь свободи | |
|---------|-----------------|----------|
| 2, 3, 1 | VI, V, I | У(База) |
| 5, 4 | III, II | ПО(База) |
| 6 | IV | О(База) |

Таблиця 2.5 - Матриця зв'язків при базуванні

| | X | Y | Z | |
|----------|---|---|---|------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 0 | Встановлювальна (База) |
| α | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | Подвійна опорна (База) |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | Ваканс. |
| α | 0 | 0 | 0 | |

Операція 030 (фрезерна з ЧПК).

На цій операції в якості головної базової поверхні виступає нижній торець (установча база, позбавляє заготовку трьох ступенів свободи), а як допоміжні – внутрішня виточка $\varnothing 88H7$ (подвійна опорна база) і упор у радіальний отвір $\varnothing 52$ (опорна база, позбавляє 1 ступені свободи, див. рисунок 2.6).

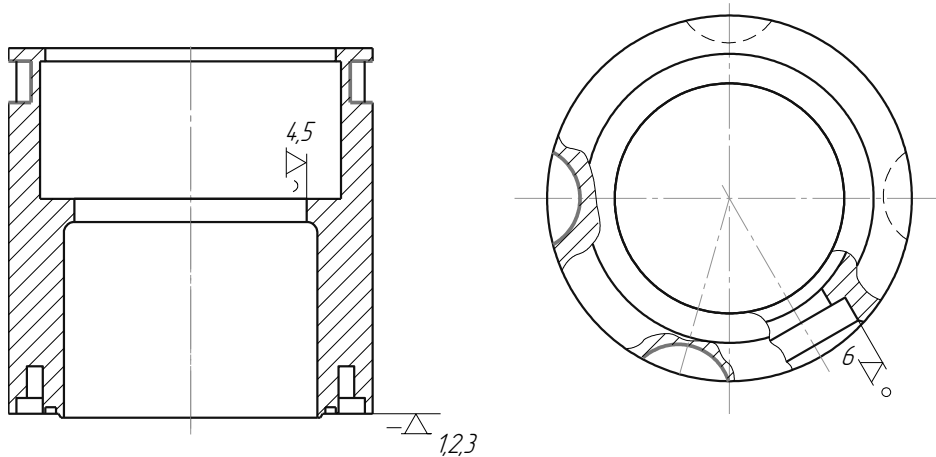


Рисунок 2.6 – Схема базування на операції 030

Матриця зв'язків при базуванні и ступені відповідності при базуванні для операції 030 представлено в таблицях 2.6 та 2.7).

Таблиця 2.6 - Ступені відповідності при базуванні

| Зв'язок | Степінь свободи | |
|---------|-----------------|----------|
| 1, 3, 2 | III, V, IV | У(База) |
| 4, 5 | I, II | ПО(База) |
| 6 | VI | О(База) |

Таблиця 2.7 - Матриця зв'язків

| | X | Y | Z | |
|----------|---|---|---|----------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | У(База) |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | ПО(База) |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | О(База) |
| α | 0 | 0 | 1 | |

Як альтернативний варіант розглядається базування в радіальному напрямку по $\varnothing 96^{+0,35}$ (подвійна опорна база, див. рисунок 2.7).

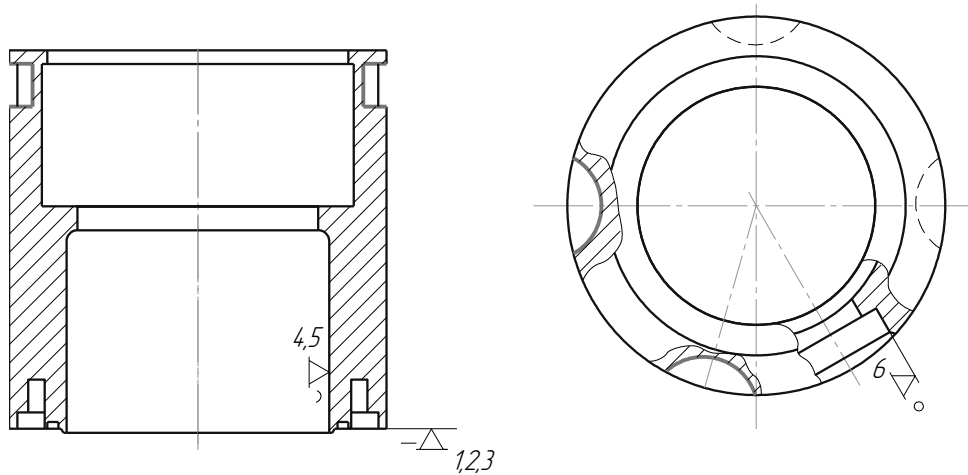


Рисунок 2.7 – Другий варіант схеми базування на операції 030

Матриця зв'язків та таблиця відповідності для другого варіанта базування на операції 030 представлена в таблицях 2.8 та 2.9.

Таблиця 2.8 - Ступені відповідності при базуванні

| Зв'язок | Степінь свободи | |
|---------|-----------------|----------|
| 1, 3, 2 | III, V, IV | У(База) |
| 4, 5 | I, II | ПО(База) |
| 6 | VI | О(База) |

Таблиця 2.9 - Матриця зв'язків

| | X | Y | Z | |
|----------|---|---|---|----------|
| 1 | 0 | 0 | 1 | У(База) |
| α | 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | ПО(База) |
| α | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | О(База) |
| α | 0 | 0 | 1 | |

Другий варіант базування менш переважний, оскільки при цьому базування в радіальному напрямку проводиться за отвором, виконаним по

грубішому квалітету з великим допуском ($T=0,35$ мм) і грубішою шорсткістю ($Ra 0,32$). При першому варіанті базування допуск отвору дорівнює $T=0,035$ мм і шорсткість обробки $Ra 1,25$. Тому похибка базування для радіальних розмірів при другому варіанті буде більшою: $\varepsilon_{\sigma 2} = \frac{0,35}{2} = 0,175(\text{мм})$, а за першим варіантом - $\varepsilon_{\sigma 1} = \frac{0,035}{2} = 0,0175(\text{мм})$. Отже, перший варіант базування кращий.

Операція 040 (вертикально-свердлильна). Як головна базова поверхня виступає торець $\varnothing 138$ (установча база, позбавляє заготовку трьох ступенів свободи), а як допоміжна - $\varnothing 110H7$ (подвійна опорна база, позбавляє заготовку двох ступенів свободи). Для повного базування заготовки залишається вакантним одне обертання заготовки - навколо власної осі. З цією метою як опорну базу можна використовувати поверхню паза $5^{+0,4}$ (вид Б, див. рисунок 2.8).

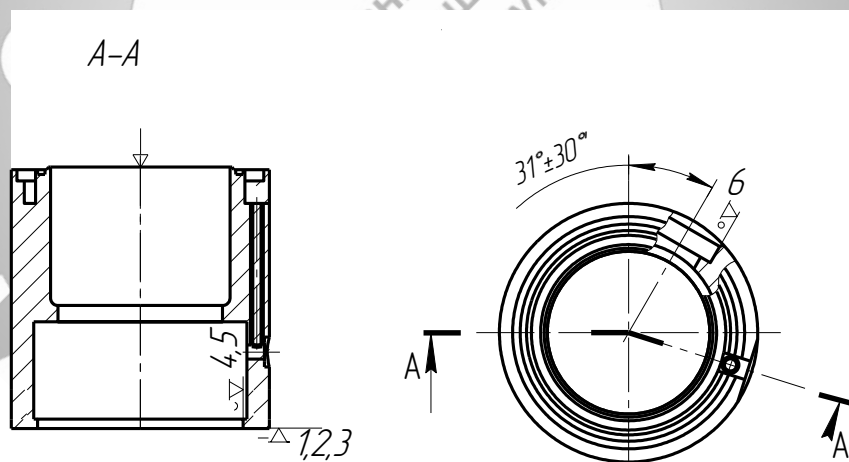


Рисунок 2.8 - Базування на операції 040

Як альтернативний варіант базування на даній операції 040 можна запропонувати використання в якості подвійної опорної бази зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 138_{-0,4}$ (див. рис. 2.9). Визначимо, який варіант кращий, шляхом розрахунку похибки базування за обома варіантами.

При першому варіанті похибка базування ε_6 у радіальному напрямку дорівнюватиме допуску на виготовлення отвору $\varnothing 110H7$, тобто

$$\varepsilon_{6\uparrow} = T_{\varnothing 100} = 35 \text{ мкм.}$$

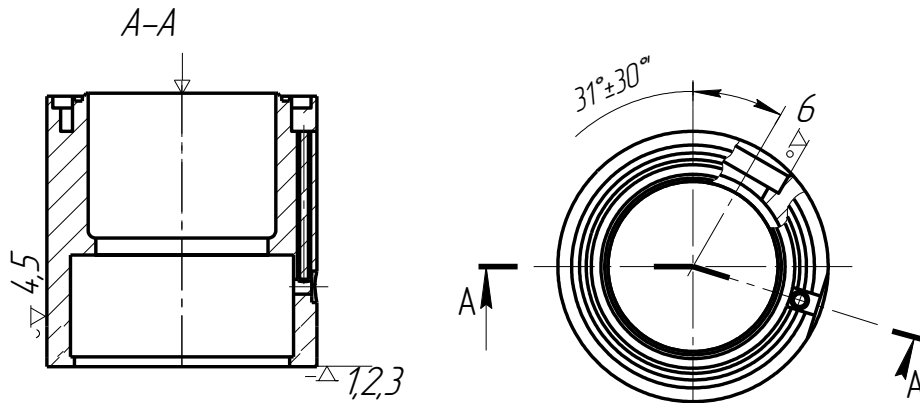


Рисунок 2.9 - Другий варіант базування на операції 040

При другому варіанті похибка базування дорівнюватиме допуску на виготовлення зовнішнього діаметра $\varnothing 138$:

$$\varepsilon_{6\uparrow} = T_{\varnothing 138} = 400 \text{ мкм.}$$

Як видно з порівняння, перший варіант має менше значення ε_6 тому він більш кращий.

2.6 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

На операції 010 (токарна з ЧПК) використовується токарний верстат з ЧПУ 16Б16Т1, виконаний з двома керуючими координатами за програмою. Дискретність системи управління при заданні розмірів: поздовжніх – 0,01, поперечних 0,005 мм. Вказаний верстат дозволяє зробити обробку необхідних поверхонь заготовки на установках А і Б. Найбільший діаметр заготовки, що обробляється, – 320 мм над станиною, що більше необхідного $\varnothing 144$ за

кресленням деталі. Найбільша довжина оброблюваної заготовки – 750мм, що перевищує необхідні 152 мм. Частота обертання шпинделя – 20-2000 об/хв, що забезпечує потрібний діапазон швидкостей різання. Кількість швидкостей шпинделя – 18. Найбільше переміщення супорта: поздовжнє 750 мм, поперечне 210 мм. Подача супорта: поздовжня 2-1200 мм/хв, поперечна 1-1200 мм/хв. Є безступінчасте регулювання. Потужність електродвигуна головного приводу – 7,1 квт. Габаритні розміри (без ЧПК) – довжина – 3100 мм, ширина 1390 мм, висота 1870 мм. Маса 2350 кг.

На операції 030 застосовується фрезерний консольний верстат із ЧПК мод. 6P13PФ3. Верстат дозволяє встановлювати заготовку, що має габарити на столі з робочою поверхнею 400x1600 мм, найбільше переміщення столу поздовжнє – 1000 мм, поперечне – 400 мм, вертикальне – 380 мм. Внутрішній конус шпинделя верстата (конусність 7:24) – 50. Верстат має 18 швидкостей головного руху із частотою обертання 10-2000 об/хв. Подачі столу – з безступінчастим регулюванням: поздовжня та поперечна – 10-1200 мм/хв. Вертикальна подача повзуна 10-1200 мм/хв. Потужність електродвигуна приводу головного руху – 7,5 квт. Габаритні розміри: довжина 3425 мм, ширина 3200 мм, висота 2520 мм. Маса без виносного обладнання – 6700 кг. Зазначений верстат дозволяти встановлювати заготовку корпусу ЦФ7.180.187 за габаритами робочого простору і дозволяє також реалізувати необхідні режими обробки для цієї операції.

На операції 040 застосовується вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н125. Даний верстат має найбільший умовний діаметр свердління в сталі 25мм (у нас - 5 мм, тобто свердління можна здійснити). Робоча поверхня столу має розміри 400x450 мм, тобто задана деталь з розміром торця $\varnothing 138$ може бути встановлена на цьому столі. Найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу – 700 мм, що дозволяє обробляти отвір завглибшки 95 мм при

висоті заготовки 138 мм. Верстат має найбільший хід шпинделя 200 мм, найбільше вертикальне переміщення столу 270 мм. Конус Морзе отвору шпинделя - 3. Діапазон частот обертання шпинделя - 45...2000 об/хв. Діапазон подач шпинделя - 0,1 - 1,6 мм/об. Потужність електродвигуна головного руху $N=2,2$ кВт. Габаритні розміри: довжина 915 мм, ширина 785 мм, висота 2350 мм. Маса 880 кг.

2.7 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

На операції 010 токарній з ЧПК оброблювану заготовку на установі А встановлюють по зовнішній поверхні у спеціальному трикулачковому патроні, що самоцентрує.

Для обробки зовнішньої поверхні $\varnothing 140$ торців заготовки застосовують різець токарний прохідний відігнутий 2102-0055. Для розточування отворів $\varnothing 93,6$, $\varnothing 85,6$ і $\varnothing 104,4$ застосовуємо як ріжучий інструмент різець токарний розточувальний 2141-0010. Матеріал різальної частини різців – твердий сплав Т5К10. Конфігурація зазначених різців дозволяє формувати задані за кресленням поверхні. Також для розточування внутрішніх поверхонь використовується як допоміжний інструмент подовжений різцетримач з циліндричним хвостовиком 1-30 ОСТ 2П15-5-84. На установі Б операції 010 заготовка встановлюється у тому ж самому патроні, але на розтиск – по внутрішній поверхні $\varnothing 93,6$. Як вимірювальний інструмент на операції використовується штангенциркуль ШЦ-ІІ 160 0,05.

На операції 030 фрезерній з ЧПК використовується спеціальний верстатний пристрій з механізованим пневмоприводом, в якому встановлюється оброблена заготовка. Ріжучим інструментом на операції є

фреза $\varnothing 40$ 2252-0162, що встановлюється в шпинделі верстата через оправку 40-3 ОСТ 2П12-7-84. Налаштування на розмір здійснюється за допомогою центру настроювального, що встановлюється в патроні 10-16. Вимірювальним інструментом на операції використовується штангенциркуль ШЦ-I 125 0,1.

На операції 040 вертикально-свердлильній використовується спеціальний пристрій з пневмоприводом. Ріжучим інструментом є свердло 2300-0034 (свердло спіральне з циліндричним хвостовиком, довга серія, загального призначення, виконання 1, $d = 5,0$ мм, $L = 132$ мм, $l = 95$ мм. Свердло встановлюється в свердлильному патроні 6-B10. Патрон встановлюється у шпинделі верстата за допомогою оправки 40-3 ОСТ П12-7-84. Вимірювальним інструментом виступає штангенциркуль ШЦ-I-125 0,1 і кутомір 4-4УМ.

2.8 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій

2.8.1 Визначення режимів різання

Операція 010, токарна з ЧПК, установ Б, перехід 2– точіння поверхні $\varnothing 140,4_{-1}$

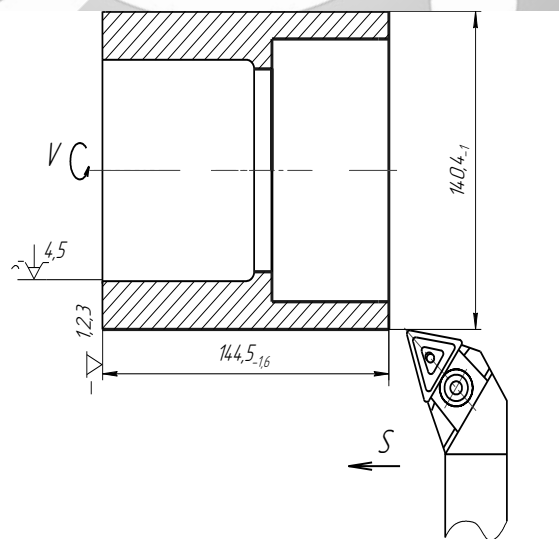


Рисунок 2.10 – Ескіз до розрахунку режимів різання операції 010

Відповідно до стандартів вибираємо марку твердого сплаву: Т15К6. Визначаємо форму робочої поверхні та геометричні параметри різця: для точення та розточування сталі рекомендується форма передньої поверхні радіусна з фаскою – для завивання стружки.

Геометричні параметри:

- а) головний кут в плані: $\varphi=95^\circ$;
- б) допоміжний кут у плані $\varphi_1=10^\circ$;
- в) задній кут $\alpha=12^\circ$;
- г) передній кут $\gamma=10^\circ$;
- д) кут нахилу головної ріжучої кромки $\lambda=-2^\circ$;
- е) радіус при вершині різця: $r=1,0$ мм;
- ж) ширина і кут фаски $f=0,4$ $\gamma_f=-5^\circ$;
- к) розміри радіусної лунки $R=5$ мм, $B=2,5$ мм, $h=0,1$ мм.

Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{144,9-140,4}{2} = 2,25(\text{мм})$$

Величина подачі відповідно до таблиць

$$S=0,7 - 1,2 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S=0,7$ мм/об.

Швидкість різання визначаємо так:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \quad (2.6)$$

де T – стійкість інструмента; значення коефіцієнта C_v та показників ступеня x , y , m визначимо за таблицями.

$$C_v=350; x=0,15; y=0,35; m=0,20$$

Визначимо значення коефіцієнта K_v :

$$K_v=K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} \quad (2.7)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

K_{nv} – коефіцієнт враховує стан поверхонь заготовки;

K_{iv} – коефіцієнт, що залежить від матеріалу інструменту,

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{h_v}, \quad (2.8)$$

де K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі

$$K_r=1,00; n_v=1,00$$

$$\text{Тоді } K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{550} \right)^1 = 1,36$$

$$K_{nv}=1,00, K_{iv}=1,00$$

$$\text{Тоді } K_v = 1,36 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 1,360.$$

Швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,25^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 1,36 = 155 (\text{м/мин})$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 155}{3,14 \cdot 140,4} = 351 (\text{об/мин})$$

Згідно з паспортними даними верстата $n=320$ об/хв. Тоді фактична швидкість різання V_f

$$V_f = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 140,4 \cdot 320}{1000} = 141 (\text{м/мин})$$

Визначимо силу різання:

$$P_z = 10 C_p t^x S^y v^n K_p \quad (2.9)$$

Значення коефіцієнта та показників знаходимо по таблицям:

$$C_p=300; x=1,0; y=0,75; n=0,15,$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n, \quad (2.10)$$

де $n=0,75$.

$$\text{Тоді } K_{mp} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,79.$$

Значення коефіцієнтів $K_{\phi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} :

$$K_{\phi p}=1,0; K_{\gamma p}=1,0; K_{\lambda p}=1,0; K_{rp}=0,93.$$

Тоді:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,25^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 141^{0,15} \cdot 0,79 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 2431 (H)$$

Потужність споживана на різання:

$$N_p = \frac{Pz \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (2.11)$$

$$N_p = \frac{2431 \cdot 141}{1020 \cdot 60} = 5,6 (\text{кВт})$$

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta \quad (2.12)$$

$$N_{\text{шп}} = 7,1 \cdot 0,9 = 6,4 \text{ кВт}$$

Оскільки $5,6 < 6,4$, то вибраний режим різання за потужністю можебути здійсненим.

Операція 030, фрезерна з ЧПК, фрезерування 4-х пазів R20 у розмір $11,5^{+0,2}$ (див. рисунок 2.11).

Визначаємо матеріал різальної частини фрези: швидкорізальна сталь Р6М5.

Геометричні параметри фрези:

$$\gamma = 10^\circ, \alpha = 5^\circ.$$

Глибина різання дорівнює глибині паза.

Розмір подачі: $S_0 = 0,23 \div 0,5$ мм/об.

Приймаємо $S_0 = 0,3$ мм/об.

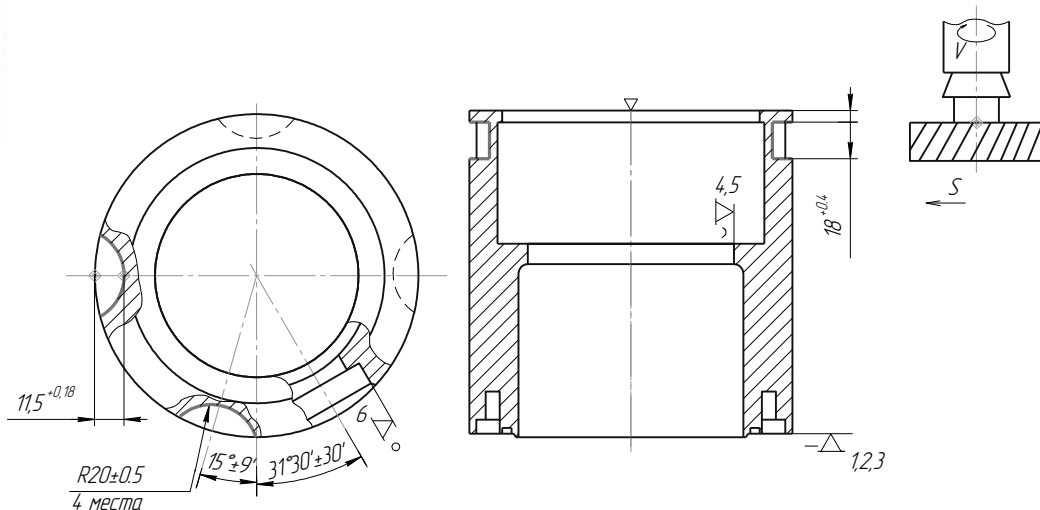


Рисунок 2.11 – Ескіз до розрахунку режимів різання операції 030

Визначимо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_t^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (2.13)$$

де $B = 18$ мм - ширина фрезерування,
 $z=6$ – число зубів фрези.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (2.14)$$

$$K_{mv} = K_T \left(\frac{750}{550} \right)^{n_v} \quad (2.15)$$

Маємо: $K_T=1$; $n_v=-0,9$.

Тоді

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750,0}{550} \right)^{-0,9} = 0,750.$$

$K_{nv}=1,0$; $K_{uv}=1,0$;

Значення коефіцієнта C_v та показників ступеня визначаємо за таблицями:

$$C_v=68,5; q=0,25; x=0,3; y=0,2; u=0,1; p=0,1; m=0,2.$$

Маємо $T=120$ хв.

Величина подачі на зуб:

$$S_z = \frac{S_0}{Z} = \frac{0,3}{6} = 0,05 \text{ (мм/зуб)}$$

Тоді

$$V = \frac{68,5 \cdot 40^{0,25}}{120^{0,20} \cdot 11,50^{0,3} \cdot 0,05^{0,20} \cdot 18^{0,1} \cdot 6^{0,10}} \cdot 0,750 \cdot 1 \cdot 1 = 27,10 \text{ (м/хв.)}$$

Визначимо кількість оборотів, що відповідає знайденій швидкості різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 27,10}{3,14 \cdot 40,0} = 216 \text{ (об/хв.)}$$

Коригуємо за паспортом верстата:

$n=200$ об/хв.

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 200}{1000} = 25,1 \text{ (м/хв.)}$$

Величина хвилинної подачі:

$$S_{мин} = S_0 \cdot n = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ (мм/хв.)}$$

Згідно з паспортними даними, $S_{XB} = 60$ мм/хв можна здійснити механізмом подачі верстата.

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.16)$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (2.17)$$

Маємо $C_p=68,20$; $x=0,860$; $q=0,860$; $y=0,72$; $u=1,0$; $w=0$.

$$K_{mp} = (\sigma_s / 750)^n; \quad n=0,3$$

Тоді

$$K_{mp} = (550/750,0)^{0,30} = 0,910;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,20 \cdot 11,5^{0,17} \cdot 0,05^{0,720} \cdot 18^1 \cdot 6,0}{40,0^{0,86} \cdot 200^0} \cdot 0,91 = 2654,0 \text{ (Н)}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{2654,0 \cdot 25,10}{1020 \cdot 60} = 1,090 \text{ (кВт)}$$

Потужність на шпинделі верстата

$$N_{un.} = N_{ос.} \cdot \eta = 7,50 \cdot 0,90 = 6,750 \text{ (кВт)}$$

Оскільки $1,090 < 6,750$, то обраний режим різання за потужністю здійснений.

Операція 040 (вертикально-свердлильна).

Початкові дані:

верстат вертикально-свердлильний моделі 2Н125;

матеріал заготовки – сталь 10880;

діаметр отвору - $\varnothing 5^{+0,4}$;

довжина отвору – 77 мм;

розмір, що витримується - $95^{+1,6}$ мм.

Заготовка – штампування.

Охолодження – емульсія.

Вибираємо свердло спіральне з циліндричним хвостовиком, довга серія (загального призначення) діаметром $\varnothing 5$ зі швидкорізальної сталі. Позначення

свердла: свердло 2300-0034. Довжина робочої частини свердла $l_{\text{св}} = 87$ мм, загальна довжина свердла $L_{\text{св}} = 132$ мм. Марка швидкорізальної сталі – Р6М5. Відповідно до таблиць, вибираємо форму заточування свердла при обробці сталей нормальну (Н).

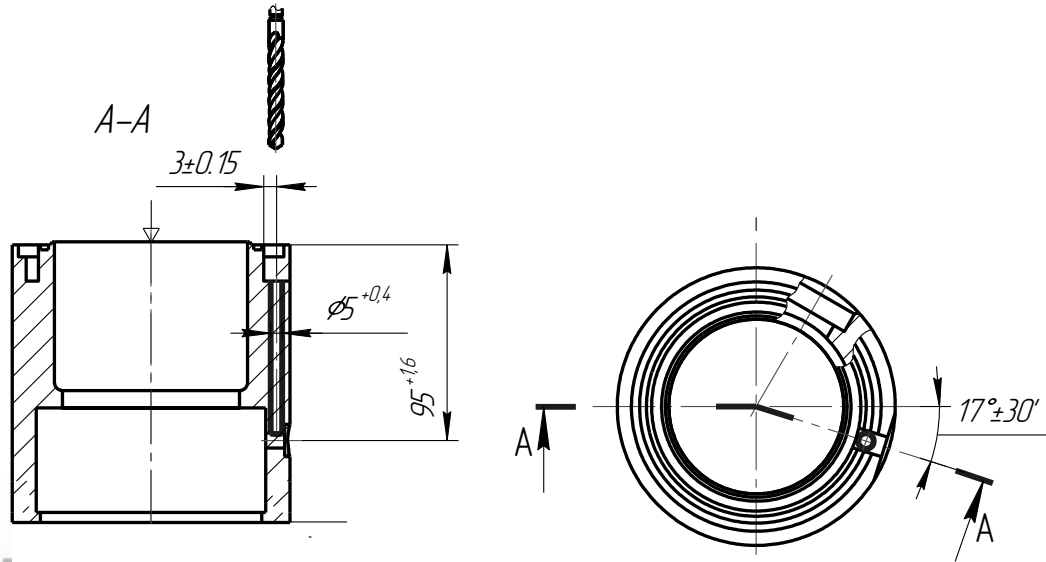


Рисунок 2.12 - Ескіз обробки отвору $\varnothing 5^{+0.4}$

Геометричні параметри свердла:

$2\varphi = 118^\circ$, кут нахилу поперечної кромки $\psi = 40^\circ \div 60^\circ$, задній кут $\alpha = 16^\circ$, розмір поперечної кромки $a = 2,0$ мм; $l = 3,5$ мм.

Визначаємо глибину різання.

$$t = \frac{D}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ (мм)}.$$

Призначаємо період стійкості свердла: при обробці конструкційної вуглецевої та легованої сталі спіральним свердлом $\varnothing 5$ із швидкорізальної сталі рекомендований період стійкості $T = 15$ хв.

Визначаємо величину подачі.

Згідно з таблицями при свердлінні сталі з НВ 240-300 для діаметра свердла $4 \div 6$ мм. із швидкорізальної сталі при точності не вище IT12 в умовах жорсткої технологічної системи рекомендований діапазон подач $0,07 \div 0,11$ мм/об.

Маємо відношення глибини свердління до діаметра: $\frac{77}{5} \approx 15$. Тоді поправочний коефіцієнт на подачу при $l > 10D$:

$K_{ls} = 0,75$. Приймаємо $S_{табл.} = 0,1$ мм/об. Тоді розрахункова величина подачі:

$$S_{расч.} = S_{табл.} \cdot K_{ls} = 0,1 \cdot 0,75 \approx 0,08 \text{ (мм/об.)}$$

Коригуємо величину подачі за паспортом верстата: $S = 0,1$ мм/об.

Перевіряємо прийняту величину подачі за міцністю свердла:

$$S_{np.св.} = C_s \cdot D^{0,6} \cdot K_{ls}, \quad (2.18)$$

де $S_{np.св.}$ - у мм/об, $C_s = 0,075$;

тоді $S_{np.св.} = 0,075 \cdot 5^{0,6} \cdot 0,75 = 0,11$ мм/об.

Оскільки $S < S_{np.св.}$ ($0,10 < 0,110$), то умова міцності свердла витримується.

Перевіряємо прийняту величину подачі за величиною осьової сили, що допускається міцністю механізму подачі верстата.

Визначаємо величину осьової сили:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (2.19)$$

Приймаємо наступні коефіцієнти та показники ступенів: $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$. Поправочний коефіцієнт $K_p = K_{mp}$, що враховує вплив якості матеріалу, що обробляється на силові залежності, визначаємо по таблицям:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_e}{750} \right)^n = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,80.$$

Тоді осьова сила:

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,80 = 700,4 \text{ (Н)}.$$

Умова міцності механізму подачі дотримується:

$$P_0 < P_{max4} \text{ (} 700,4 < 20 \cdot 100 \text{ Н)}.$$

Таким чином прийнята подача $S = 0,1$ мм/об. допустима за критерієм, що розглядається.

Визначаємо швидкість різання, що допускається ріжучими властивостями інструменту:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.20)$$

де $C_{v4} = 7$; $q = 0,40$; $y = 0,7$; $m = 0,20$

Враховуємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{eV} \quad (2.21)$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{550} \right)^{-0,9} = 0,8.$$

де $K_r = 1,0$ (обробка сталі $\sigma_B = 550$;

$n_v = -0,9$ (обробка свердлами зі швидкорізальної сталі).

$K_{MV} = 1,00$; $K_{nV} = 0,8$; $K_{eV} = 1,0$.

$$\text{Тоді } V_p = \frac{7 \cdot 5^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 25,1 \text{ (м/хв.)}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25,1}{3,14 \cdot 5} = 1598 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n_d = 1400$ об/хв.

Тоді фактична швидкість різання:

$$V_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 1400}{1000} = 21,98 \approx 22 \text{ (м/хв.)}$$

Визначаємо крутний момент і потужність, що витрачається на різання:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ (Нм)},$$

Маємо:

$$C_M = 0,03450$$
; $q = 2$; $K_p = 0,8$; $y = 0,8$.

$$\text{Тоді } M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,8 = 1,38 \text{ (Нм)}.$$

Потужність різання:

$$N_{рез.} = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{1,38 \cdot 1400}{9750} = 0,198 \text{ (кВт)}.$$

Визначимо достатність потужності приводу.

Потужність на приводі верстата:

$$N_{шт} = \eta \cdot N_M = 0,8 \cdot 2,2 = 1,76 \text{ (кВт)}.$$

Оскільки $N_{різ} < N_{шти}$ ($0,1980 < 1,760$), то потужності приводу верстата вистачає для оброблення.

2.8.2 Технічне нормування операцій

Операція 010.

Установ А.

1) Для переходу - розточування отвору $\varnothing 93,6$ на довжині 71,30:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_0} \cdot i, \quad (2.22)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу,,

$$L_{p.x.} = l_{рез} + l_1 + l_2, \quad (2.23)$$

де $l_{рез} = 71,3$;

$l_1 = 2$ мм – величина врізання інструмента,

$l_2 = 0$ – величина перебігу інструмента (обробка в упор).

Тоді
$$T_{01} = \frac{71,3 + 2 + 0}{320 \cdot 0,7} = 0,33 \text{ (хв.)}$$

2) Для переходу - обточування торця $\varnothing 144/\varnothing 93,6$ в розмір $147_{-2,3}$ довжина обробки:

$$l' = (D - d_0)/2 = (144,0 - 93,60)/2 = 25,20 \text{ мм.}$$

Величина врізання при глибині різання до 4 мм - $l_1 = 3,0$ мм;

Тоді основний час:
$$T_{02} = (l' + l_1)/n \cdot S = \frac{25,2 + 3}{320 \cdot 0,7} = 0,13 \text{ (хв.)}$$

Установ Б.

3) Для переходу - обточування торця $\varnothing 144/\varnothing 107$ в розмір $144,5_{-2,6}$ довжина обробки:

$$l' = (D - d_0)/2 = (144 - 107)/2 = 18,50 \text{ мм.}$$

Величина врізання $l_1 = 3,0$ мм;

Тоді основний час:
$$T_{03} = (l' + l_1)/n \cdot S_0 = \frac{18,5 + 3}{320 \cdot 0,7} = 0,10 \text{ (хв.)}$$

4) Для переходу - точінне $\varnothing 140,4_{-1}$ основний час:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_0} \cdot i, \quad (2.24)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу,

$$L_{p.x.} = l_{pez} + l_1 + l_2, \quad (2.25)$$

де l_1 – величина врізання інструмента,

l_2 – величина перебігу інструмента,

$$l_{pez} = 144,5; l_1 = 2,0 \text{ мм}; l_2 = 1,0 \text{ мм.}$$

$$i = 1.$$

$$\text{Тоді } T_{04} = \frac{144,5 + 2 + 1}{320 \cdot 0,7} = 0,66 \text{ (хв.)}$$

5) Для переходу - розточування отвору $\varnothing 107^{+0,35}$ на довжині 55,10:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_0} \cdot i, \quad (2.26)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу,

$$L_{p.x.} = l_{piza} + l_1 + l_2, \quad (2.27)$$

$$\text{де } l_{pez} = 55,1;$$

$l_1 = 2,0$ мм – величина врізання інструмента,

$l_2 = 0$ – величина перебігу інструмента (обробка в упор).

$$\text{Тоді } T_{05} = \frac{55,1 + 2 + 0}{320 \cdot 0,7} = 0,25 \text{ (хв.)}$$

б) Для переходу - розточування отвору $\varnothing 85,6^{+0,87}$ на довжині 20,60:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_0} \cdot i, \quad (8.25)$$

де $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу,

$$L_{p.x.} = l_{piza} + l_1 + l_2, \quad (2.28)$$

$$\text{де } l_{pez} = 20,6;$$

$l_1 = 2,0$ мм – величина врізання інструмента,

$l_2 = 3,0$ мм – величина перебігу інструмента.

$$\text{Тоді } T_{06} = \frac{20,6 + 2 + 3}{320 \cdot 0,7} = 0,12 \text{ (хв.)}$$

Сумарний основний час:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4} + T_{o5} + T_{o6} = 0,330 + 0,130 + 0,10 + 0,660 + 0,25 + 0,120 = 1,59 \text{ (хв.)}$$

Розмір допоміжного часу:

- час на встановлення та зняття деталі: $t_{в1} = 1,2$ хв.;

- час, пов'язаний із переходом, $t_{в2} = 0,15$ хв.;

- час на контрольні проміри: $t_{в3} = 0,21$ хв.

Загальний допоміжний час на переході:

$$T_e = 1,2 + 0,15 + 0,21 = 1,56 \text{ (хв.)}$$

Визначимо підготовчо-заключний час:

- на налагодження верстата, інструменту та пристроїв [20, карта 47, с.132]: $t_{п.з.1} = 8$ хв.;

- на додаткові прийоми: $t_{п.з.2} = 2$ хв.;

- на отримання інструменту та пристроїв до початку та здавання після закінчення обробки: $t_{п.з.3} = 10$ хв.;

Сумарний підготовчо-заключний час на операцію

$$T_{п.з.} = \sum t_{п.з.i} = 8 + 2 + 10 = 20 \text{ (хв.)}$$

Час обслуговування робочого місця відповідно до карт: $t_{обс.} = 2,5\% T_{оп.}$

Час перерв на відпочинок та природні потреби згідно з картою: $t_{отд.} = 4\% T_{оп.}$

Оперативний час:

$$T_{оп.} = T_0 + T_e = 1,59 + 1,56 = 3,15 \text{ (мин)}$$

Штучний час на операцію:

$$T_{шт.-к.} = (T_o + T_e) \left(1 + \frac{t_{обсл.} + t_{отд.}}{100} \right), \quad (2.29)$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт.-к.} = (T_o + T_e) \left(1 + \frac{t_{обсл.} + t_{отд.}}{100} \right) + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (2.30)$$

або

$$T_{шт.-к.} = T_{оп.} + \left(T_{оп.} \cdot \frac{t_{обсл.} + t_{отд.}}{100} \right) + \frac{T_{п.з.}}{n} \quad (2.31)$$

маємо,

$n = 91$ – кількість деталей у партії для одночасного запуску,

тоді

$$T_{\phi \partial . - \dot{e}} = 3,15 + \left(3,15 \cdot \frac{2,5 + 4}{100} \right) + \frac{20}{91} = 3,45 \text{ (хв.)}$$

Операція 030.

Основний час

$$T_0 = \left(\frac{L}{S_{xв.}} \right) \cdot i, \quad (2.32)$$

де

$$L = l_{p.x.} + l_1, \quad (2.33)$$

$l_1 = 20$ мм – величина врізання та перебігу;

Маємо для обробки одного паза: $T_{o1} = \frac{11,5 + 20}{60} \cdot 4 = 2,12$ (хв.).

Тоді загальний основний час для обробки чотирьох пазів:

$$T_o = 2,120 \cdot 4 = 8,48 \text{ (хв.)}$$

Визначаємо величину допоміжного часу:

- час на встановлення та зняття деталі - згідно [20], таблиця 79, с.239
маємо $t_{b1} = 0,19$ хв.;

- час на закріплення та відкріплення деталі $t_{b2} = 0,04$ хв.;

- час на керування верстатом:

1) включити верстат, вимкнути $t_b = 0,04$ хв.

2) відкрити загороджувальний щиток та закрити $t_b = 0,03$ хв.

3) включити пульт стрічкопротяжного механізму включити $t_b = 0,04$ хв.

4) просунути стрічку у вихідне положення $t_b = 0,5$ хв.

5) встановити координати X, Y: $t_b = 0,25$ хв.

6) час на перемотування стрічки: $t_b = 0,2$ хв.

- час на контрольні виміри (вимірюються розміри: $5_{-0,2}$; $18^{+0,4}$; $11,5^{+0,2}$): $t_b = 0,16 \cdot 3 = 0,48$ (хв.).

Допоміжний час на операцію

$$T_g = \sum t_g = 0,19 + 0,04 + 0,04 + 0,03 + 0,04 + 0,5 + 0,25 + 0,21 + 0,48 = 1,77 \text{ (хв.)}$$

Тоді оперативний час:

$$T_{on.} = T_o + T_g = 8,48 + 1,77 = 10,25 \text{ (хв.)}$$

Час на обслуговування робочого місця [19, с.246]: $t_{обс.} = 2,5\% T_{on.}$

Час перерв на відпочинок та природні потреби визначаємо згідно [19, с.247]: $t_{відпо} = 4\% T_{on.}$

Підготовчо-заклучний час:

- на організаційну підготовку $t_{п.3.1} = 10$ хв.

- на ознайомлення з роботою, кресленням, технічною документацією
 $t_{п.3.2} = 2$ хв.

- інструктаж майстра $t_{п.3.3} = 3$ хв.

- на встановлення та зняття пристрою $t_{п.3.4} = 16$ хв.

- на встановлення та зняття ріжучого інструменту $t_{п.3.5} = 1,2$ хв.

- встановити вихідні режими роботи $t_{п.3.6} = 0,3$ хв.

- встановити програмоносій $t_{п.3.7} = 1$ хв.

- встановити вихідні координати $t_{п.3.8} = 1,5$ хв.

- набір програми на пульті управління $t_{п.3.9} = 0,5$ хв.

Загальний підготовчо-заклучний час на операцію:

$$T_{n.з.} = \sum t_{n.з.} \cdot i = 10 + 2 + 3 + 16 + 1,2 + 0,3 + 1 + 1,5 + 0,5 = 35,5 \text{ (хв.)}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію:

$$T_{\phi \delta .-\dot{e}.} = (8,48 + 1,77) \left(1 + \frac{2,5 + 4}{100} \right) + \frac{35,5}{91} = 11,09 \text{ (і є і)}$$

Операція 040.

Основний (машинний) час при свердлінні у хвилинах згідно з [20, с. 227] розраховується за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{S_{\text{мин.}}} \cdot i = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l}{n \cdot S_0} \cdot i \quad (2.34)$$

де L – розрахункова довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l = 95$ – довжина отвору, що обробляється;

l_1 – величина врізання ріжучого інструменту, мм;

l_2 – величина перебігу, мм;

l_3 – дополнительная длина на взятие пробных стружек.

$S = 0,10$ мм/об – подача свердла.

$n = 1400$ об/хв. – число оборотів свердла за хвилину;

Згідно [20, с. 224]:

$$l_1 = 0,31 \cdot D = 0,31 \cdot 5 = 1,55 \text{ (мм)}.$$

Згідно [20, с. 231], розрахункову величину врізання збільшуємо на $0,5 \div 2$ мм. Маємо: $l_1 = 3$ мм.

Величина переходу на прохід.

$$l_1 = 2,0 \text{ мм [20, табл. 62, с. 231]}$$

$$l_1 = 0.$$

$$\text{Тоді: } T_0 = \frac{95 + 3 + 2 + 0}{1400 \cdot 0,1} \cdot 1 = 0,72 \text{ (хв.)}$$

Розмір допоміжного часу:

1) час на встановлення та зняття деталі, згідно [20, с. 233]:

$$t_{B1} = 0,20 \text{ хв.};$$

2) час, пов'язаний із переходом, згідно з [20, с. 233]:

$$t_{B2} = 0,08 \text{ хв.};$$

3) час на прийоми, пов'язані з переходом, згідно з [20, с. 234]:

$$t_{B3} = 0,05 \text{ хв.};$$

4) час на керування верстатом, згідно [20, с. 235]:

$$t_{B4} = 0,03 \text{ хв.};$$

5) час на контрольні проміри, згідно з [20, с. 235]:

$$t_{B5} = 0,25 \text{ хв.};$$

Загальний допоміжний час на перехід:

$$T_B = t_{B1} + t_{B2} + t_{B3} + t_{B4} + t_{B5} = 0,20 + 0,08 + 0,051 + 0,03 + 0,25 = 0,610 \text{ (хв.)}$$

Визначимо підготовчо–заключний час.

Відповідно до [20, с. 235], для деталі, що встановлюється у пристрої, при кількості ріжучих інструментів 1÷5, для найбільшого діаметра отвору до 25 мм маємо:

$$T_{П.-з} = 9 \text{ хв.}$$

Розмір оперативного часу:

$$T_{оп} = T_o + T_B = 0,72 + 0,61 = 1,33 \text{ (хв.)}$$

Час обслуговування робочого місця, відповідно [20, с. 237]:

$$t_{обсл} = 2\% \text{ від } T_{оп};$$

Час на перерву та особисті потреби, згідно [20, с. 237]:

$$t_{потреби} = 4\% \text{ від } T_{оп};$$

Норма штучного часу:

$$T = (T_{шт} + T_B) \cdot \left(1 + \frac{t_{обсл.} + t_{отд.}}{100} \right) = T_{оп} + T_{оп} \cdot \frac{2+4}{100} = 1,33 + 1,33 \cdot 0,06 = 1,43 \text{ (хв.)}$$

$$T_{\phi \text{ д.-\dot{E}}} = T_{\phi} + \frac{T_{i.c}}{n} = 1,41 + \frac{9}{91} = 1,48 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.10 – Результати нормування

| № та найменування операції | T_o | T_B | $T_{оп.}$ | $T_{підго.-за.}$ | n | $T_{штуч.}$ | $T_{штуч-ка.}$ |
|-----------------------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|-------------|----------------|
| 010 токарна з ЧПК | 1,58 | 1,58 | 3,14 | 20,0 | 91,0 | 3,39 | 3,47 |
| 030 вертикально-фрезерна з ЧПК | 8,48 | 1,79 | 10,22 | 35,5 | 91,0 | 10,92 | 11,07 |
| 040 вертикально-свердлильна | 0,71 | 0,62 | 1,32 | 9,0 | 92 | 1,43 | 1,48 |

2.9 Проектування засобів технологічного оснащення

2.9.1 Проектування спеціального верстатного пристрою для операції 040 (вертикально-свердлильної)

Завдання: спроектувати верстатній пристрій для свердління отвору $\varnothing 5$ мм.

Уточнення мети технологічної операції 040, визначення кількісних та якісних результатів виконання операції 040.

Точність розмірів.

На цій операції формуються такі лінійні розміри:

1) діаметр отвору $\varnothing 5$ мм. Допуск розміру за кресленням дорівнює 400 мкм. Це відповідає IT14, причому задане значення не збігається з табличним, рівним 300 мкм.

2) Крім того, на даній операції витримується лінійний розмір глибини отвору величиною 95 мм. Допуск у своїй дорівнює 1600 мкм. Це відповідає IT15, причому дане значення не відповідає стандартному, що дорівнює 1400 мкм .

3) Витримується також лінійний розмір 3 мм. Допуск при цьому дорівнює 300 мкм. Це відповідає IT14, причому дане значення не відповідає стандартному, що дорівнює 250 мкм.

Точність форми.

Аналізується циліндрична поверхня отвору $\varnothing 5$ мм. Спотворення форми даної поверхні характеризується відхиленням від циліндричності та круглості. Величина допуску похибки форми не обумовлена на кресленні. Відповідно до стандартів для даного квалітету IT14 і рівня геометричної точності А маємо ступінь точності 13. Для заданого номінального розміру 5 мм величина допуску циліндричності становить 100 мкм.

Точність розташування.

Розглядаємо допуск паралельності осі отвору $\varnothing 5$ мм та поверхні стінки паза. Величина допуску не обумовлена на кресленні, значить вона може знаходитися в межах допуску на розмір 95 мм, тобто. $T = 870$ мкм. Відповідно до стандарту це відповідає 15 ступеню точності, табличне значення допуску при цьому становить 800 мкм.

Шорсткість.

Відповідно до креслення деталі шорсткість поверхні отвору $\varnothing 5$ мм становить $Ra=6,3$ мкм.

З'ясування кількісних й якісних даних про заготовку корпусу, що надходить на операцію 040; уточнення параметрів поверхонь, які можуть стати базовими.

На цю операцію заготовка корпусу надходить попередньо обробленою по зовнішній поверхні. Маса заготовки корпусу – 2 кг. Матеріал – Сталь 10880. Заготовка корпусу є тіло обертання, жорстка, оброблюваність її досить задовільна. Є розвинені поверхні, які можуть бути прийняті за базові, до яких можна віднести отвір $\varnothing 110H7$ і торець $\varnothing 138_{-0,4}$. Уточнимо точнісні параметри заготовки, які можуть стати базовими.

Точність розмірів

Діаметр отвору (номінальна величина) дорівнює 110 мм. Для квалітету 7 це відповідає допуску $T = 35$ мкм. Довжина поверхні $L=5$ мм. Відношення $L/d = 5/110 < 2$, отже поверхня може бути використана як подвійна опорна база. Торець має діаметр здебільшки 138 мм. Допуск діаметра за кресленням дорівнює 400 мкм. Це відповідає IT12, причому задане значення допуску збігається з табличним.

Точність форми.

Проведемо аналіз точності форми базових поверхонь.

Спотворення форми циліндричної поверхні отвору $\varnothing 110$ характеризується відхиленням від циліндричності та круглості. Величина допуску похибки форми не обумовлена на кресленні. Відповідно стандартів для даного квалітету IT7 і рівня геометричної точності А маємо ступінь точності 6. Для заданого номінального розміру 110 величина допуску циліндричності становить 10 мкм.

Спотворення форми розглянутого торця $\varnothing 138$ мм характеризується відхиленням від площинності. Величина допуску похибки форми не обумовлена на кресленні. Відповідно до ГОСТ 24643-81 для даного квалітету IT12 і рівня геометричної точності А маємо ступінь точності 11. Для заданого розміру 138 мм величина допуску площинності становить 100 мкм.

Точність розташування

Як можливе відхилення розташування розглянемо радіальне биття циліндричної поверхні отвору $\varnothing 110$. Допуск биття не обумовлений на кресленні, отже його величина може бути в межах допуску розміром 110, тобто. $T = 35$ мкм. Це означає, що він визначається 6 ступенем точності. Табличне значення допуску при цьому становить 25 мкм.

Шорсткість

Шорсткість поверхонь отвору $\varnothing 110$ та торця $\varnothing 138$ позначена на кресленні параметром $Ra = 2,5$ мкм. Це відповідає точнісним вимогам до базових поверхонь.

У цьому пристрої планується обробляти заготовки з базовими поверхнями тільки таких розмірів і з зазначеними точними параметрами, тобто. адаптивні властивості встановлювальних елементів пристрою повинні бути в межах зміни зазначених розмірів.

Визначення умов, в яких буде виготовлятися й експлуатуватися пристрій, що проектується

Річну програму випуска задано в 1500 деталей. Така програма із урахуванням трудомісткості виготовлення відповідатиме дрібносерійному виробництву. Тому пристрій будуть використовувати з невеликою інтенсивністю. В цілому за термін виготовлення деталі «Корпус ЦФ7.180.187» (2 роки) пристрій повинен буде здійснити 3000 робочих циклів.

Складання переліку функцій, які реалізовано

- 0 Переміщення і попередня орієнтація заготовки корпусу ЦФ7.180.187;
- 1 Базування заготовки корпусу ЦФ7.180.187;
- 2 Закріплення заготовки корпусу ЦФ7.180.187;
- 3 Базування пристрою на верстаті;
- 4 Закріплення пристрою на верстаті;
- 5 Підведення і відведення енергоносія до пристрою;
- 6 Утворення вихідної сили для закріплення заготовки корпусу;
- 7 Керування енергоносієм;
- 8 Об'єднання функціональних вузлів пристрою;
- 9 Обробка отвору D5;
- 10 Створення безпечних умов праці з пристроєм.

Розробка та обґрунтування схеми базування корпусу.

Вибір встановлювальної базової поверхні.

Як встановлювальна базова поверхня виступає торець $\varnothing 138$ мм. Шорсткість її поверхні $Ra=2,5$ мкм. База позбавляє заготовку корпусу трьох ступенів свободи, тобто є встановлювальною базою. Застосування цієї поверхні як базової не перешкоджає доступу інструментам до оброблюваних поверхонь

корпусу. Від цієї поверхні заданий точності параметр перпендикулярності торця до поверхні $\varnothing 110H7$, таким чином вдається поєднати установчу базу з вимірювальною за параметром перпендикулярності.

Вибір подвійної опорної базової поверхні.

Як подвійна опорна база виступає циліндричний отвір $\varnothing 110H7$. Вона точно оброблена - IT7, шорсткість поверхні Ra2,5 мкм. База позбавляє заготовку корпусу двох ступенів свободи. Застосування цієї поверхні як базової також не перешкоджає доступам різальних інструментів до поверхонь корпусу, що обробляється.

Вибір опорної базової поверхні

Функцію бази може виконувати поверхню паза $5^{+0,4}$, отриманого попередньої операції. Похибка базування для радіального розміру 3 мм положення осі отвору дорівнюватиме величині допуску розмір отвору $\varnothing 110H7$, тобто $T=35\text{мкм}$: $\varepsilon_{\sigma 3} = 35\text{мкм}$.

Точнісні параметри базових поверхонь, визначені раніше, можна порівняти з точними параметрами оброблюваних, що забезпечує виконання точнісних вимог, що пред'являються до оброблення. Аналіз структури зв'язків, які виникають під час базування заготовки корпусу, можна здійснити, побудувавши таблицю однобічних зв'язків (див. таблицю 2.11).

Таблиця 2.11 – Індеси та зв'язки

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

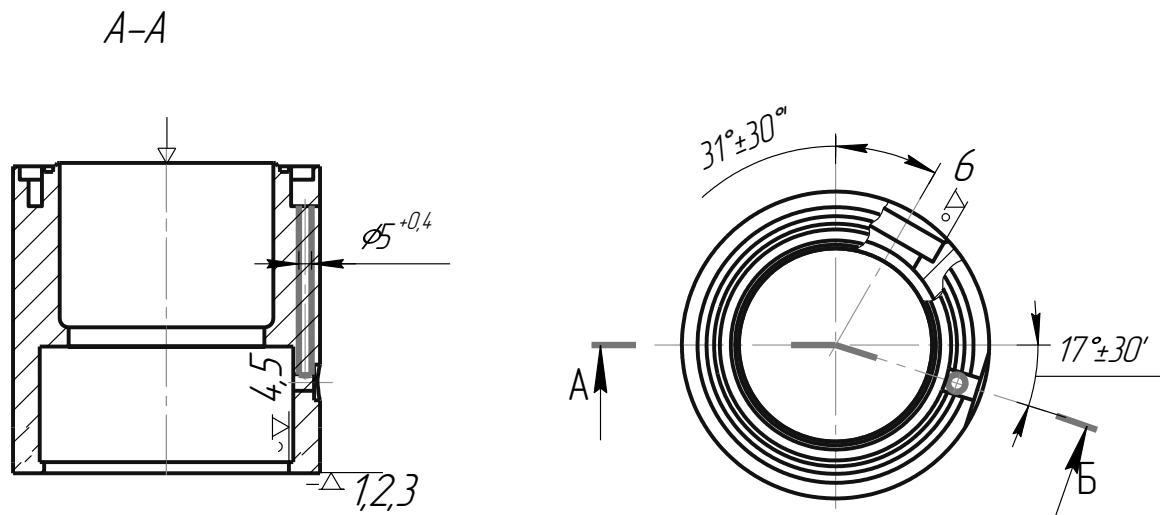


Рисунок 2.13 – Базування заготовки на операції 040

З таблиці 2.11 видно, що на заготовку корпусу накладено 11 однобічних зв'язків. Тільки дві з них повні, решта - неповні, що обумовлено наявністю зазору між посадковою поверхнею $\varnothing 110H7$ та оправкою. Щоб заготовка корпусу була врівноважена під час оброблення, необхідно позбавити заготовку можливості переміщатися координатою z.

Функціональна структура розробленого пристрою

Функціональна структура розробленого пристрою наведена на наступному рисунку.

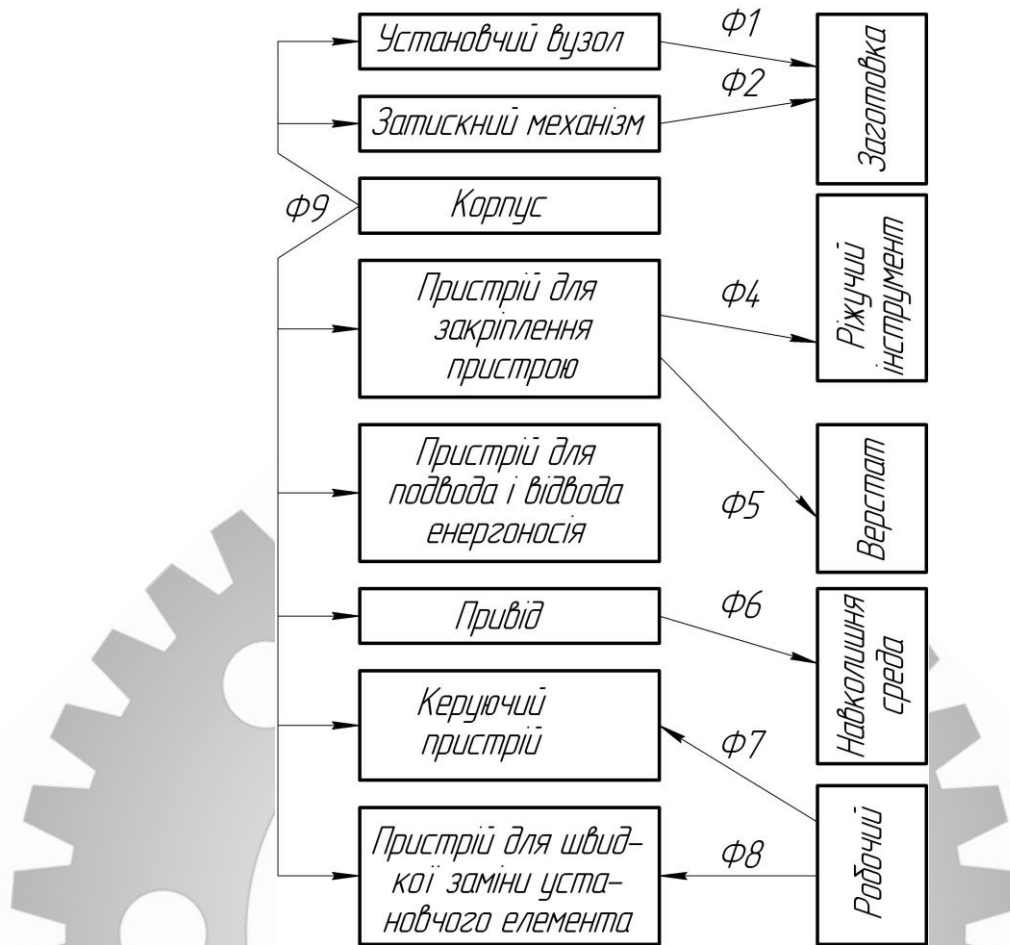


Рисунок 2.14 – Функціональна структура розробленого пристрою

Розробка та обґрунтування схеми закріплення.

Для визначення взаємного впливу поля збурювальних сил (ПЗБС) та поля зрівноважувальних сил (ПЗВС) побудуємо графічну модель збурювальних сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування. З рисунка видно, що складові поля збурювальних сил не врівноважені та вимагають додаткових сил закріплення.

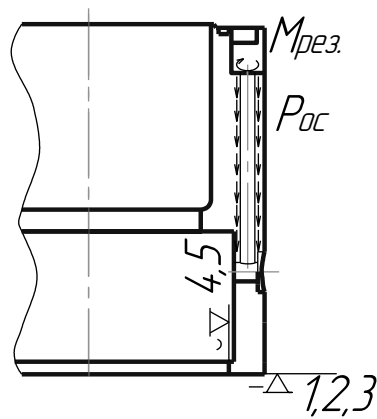


Рисунок 2.15 - Структура поля збудювальних сил (ПЗбС)

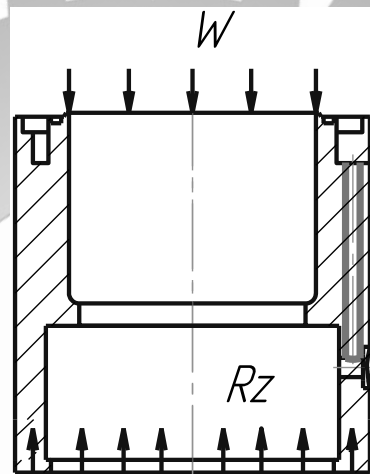


Рисунок 2.16 - Структура поля зрівноважувальних сил (ПЗвС) затискного механізму

З рисунків 2.15 і 2.16 видно, що вертикальна складова складова ПВС не врівноважена і вимагає застосування додаткових сил закріплення. За даної схеми базування доцільно застосувати установа на оправку, що дозволить створити ПЗрС, представлене рисунку 2.16.

В умовах немає особливих вимог до структурної однорідності силових полів. При цьому можна огрубувати структуру ПЗрС до локально-дискретної. Це спрощує конструкцію затискного пристрою, оскільки поле такої структури, що врівноважує, може бути створене закріпленням через швидкознімну шайбу при дії сили затиску вздовж осі заготовки. Оскільки напрямок дії сили закріплення - паралельно осі отвору і паралельно стінці паза корпусу - не

збігається з напрямком допуску на розмір отвору (у площині перпендикулярної осі отвору), то похибка закріплення заготовки в даному напрямку дорівнює нулю: $\varepsilon_3 = 0$.

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, збудуємо таблицю однобічних зв'язків (таблиця 2.12).

Таблиця 2.12 – Однобічні зв'язки

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

Додаток сили закріплення виключає зазор і перетворює зв'язки $x, x', y, y', z', \omega_x, \omega'_x, \omega_y, \omega'_y, \omega_z, \omega'_z$ з неповних на повні, а також створює недостатній до комплекту зв'язок z .

Розмір сили закріплення W розраховується з умови непровертання від крутного моменту $M_{р13}$. Вказану величину сили закріплення розраховуємо за допомогою програми для ЕОМ «Розрахунок сил закріплення» [17], розробленої на кафедрі ТМВІ СумДУ. Отримане значення сили закріплення $W = 122,5$ Н (див. копію роздруку у Додатку П).

Розрахунок пневматичного діафрагмового приводу.

Параметри пневматичного діафрагмового приводу визначаємо за допомогою програми для ЕОМ «PRIVOD» [16] (див. роздрук у Додатку Р).

Маємо:

- діаметр мембрани – 125 мм,
- діаметр опорного диска - 87 мм,
- діаметр штока - 16 мм.

Точнісні розрахунки пристрою.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристрою є перетворенням інформації про точність оброблення поверхонь корпусу ЦФ7.180.187 на даній операції в точнісні вимоги до пристрою. Визначимо розрахункові параметри, тобто ті параметри, які найбільше впливають на досягнення заданих допусків оброблюваного корпусу ЦФ7.180.187. У даному випадку до розрахункового параметра можна віднести величину, рівну половині поля допуску від витримуваного на цій операції розміру 3 мм: $T=0,5 \cdot 250=125$ мкм. Тоді допустима похибка виготовлення вказаних елементів пристрою дорівнює [3]:

$$\varepsilon_{\text{пристр}} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\text{баз}})^2 + \varepsilon_{\text{зно}}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{\text{вимір}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2}, \quad (2.35)$$

де $T = 125$ мкм - величина, що дорівнює половині поля допуску від витримуваного на цій операції розміру 3;

$K_T=1,20$ - коефіцієнт, що враховує можливі відступи від нормального розподілу окремих складових;

$K_{T1}=0,80$ – коефіцієнт, що беремо до уваги, коли похибка базування не дорівнює нулю;

$\varepsilon_{\text{баз}}=35$ (похибка базування);

$\varepsilon_{\text{зно}}=0$ – похибка закріплення заготовки корпусу;

$\varepsilon_{\text{уст}}=20$ мкм – похибка установлення пристрою на свердлильному верстаті;

$\varepsilon_n=50$ мкм (маємо глибоке свердління) – похибка перекосу свердла;

$\varepsilon_{\text{зно}}=0$ мкм (рівномірний знос) – похибка, що виникає внаслідок зношення установчих елементів;

$\omega=75$ мкм – середня економічна точність оброблення (ІТ11 для свердління отвору $\varnothing 5$ мм;

$K_{T2}=0,6$ - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибок оброблення;

$\varepsilon_{\text{поз}}=0$ – це похибка позиціонування.

Маємо:

$$\varepsilon_{\text{присл}} = 125 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 35)^2 + 0^2 + 50^2 + 20^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 75)^2 + 0^2} = 34 \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо прийmemo: $\varepsilon_{\text{присл}} = 30 \text{ мкм}$

Отриманий допуск розділяємо по елементах пристрою наступним чином: допуск паралельності поверхні встановлювальних елементів пристрою та встановлювальної поверхні основи пристрою - не більше 0,03 мм.

Опис пристрою та принципу дії пристрою.

Розроблений пристрій працює наступним чином. Оброблювану заготовку корпусу ЦФ7.180.187 встановлюють на кільцеву встановлювальну поверхню 6 пристрою, яку в свою чергу кріплять до плити 4 за допомогою гвинтів 13. Закріплення заготовки корпусу ЦФ7.180.187 здійснюють при подачі стисненого повітря в штокову порожнину пневмокамери 1, при цьому діафрагма разом зі штоком переміщується вниз. Розкріплення заготовки проводиться при виключенні подачі стиснутого повітря в штокову порожнину, при цьому шток разом з діафрагмою і тягою 9 під дією зворотної пружини піднімається вгору, швидкознімна шайба піднімається, після цього швидкознімну шайбу знімають та заготовка корпусу може бути вийнята. Пристрій встановлюється на столі верстата, в повздожньому напрямку він базується в Т-подібних пазах по шпонкам 14. Закріплення пристрою здійснюють через провущини з шириною паза 20 мм.

2.9.2 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Проектується КВП для вимірюння співвісності отвору $\text{Ø}88\text{H}7$ відносно базового отвору $\text{Ø}110\text{H}7$.

У відповідності із завданням контроль параметра буде здійснюватися після завершення циклу обробки на контрольному столу ВТК, при цьому при заданному періоді виробництва 3 роки (36 місяців) КВП повинен здійснити 4500 циклів для перевірки запланованого випуску.

Уточнення цілі операції контролю та її організаційно-технологічних показників

Вибір категорії контролю.

Продукція за своїми техніко-економічними показниками відповідає сучасним вимогам діючих стандартів, то така продукція відноситься до 1 категорії якості.

Маємо підготовку виробів у відповідності з вимогами оптимальної якості з урахуванням економічності та найбільшої рентабельності, тому обираємо 3 категорію технічної підготовки виробництва.

Для оснастки приймаємо 3 категорію технічного контролю.

Таке виробництво класу деталей можна вважати давно засвоєним та сталим. Тому приймаємо нормальний режим контролю.

Встановлюємо такі показники операції контролю: за об'ємом – вибіркового контролю; за часом – періодичний; за структурою – одноразовий.

Приймаємо, що в цих умовах рентабельною є система нерозбірного спеціального пристрою (НСП).

Вибір контрольних точок об'єкта вимірів.

Параметр співвсності характеризує концентричність діаметральних поверхонь $\text{Ø}88\text{H}7$ та $\text{Ø}110\text{H}7$. Ширина поверхні $\text{Ø}88\text{H}7$ має 6 мм, тому найбільш раціональним є вимірювання співвсності цього діаметра здійснювати на середині цієї поверхні, тобто на відстані 3 мм від одного з торців $\text{Ø}88\text{H}7$.

Точність розміру.

Номинал розміра, що контролюється, складає 88 мм. Він повинен відповідати точності 7 квалітету (IT7). Верхнє відхилення $e_s = 35$ мкм, нижнє відхилення $e_i = 0$. Відповідно, величина допуску $T = 35$ мкм.

Точність форми.

Відхиленнями форми отвору $\text{Ø}88\text{H}7$ можуть бути відхилення від круглості: овальність (а) та огранка (б) (рисунок 2.17).

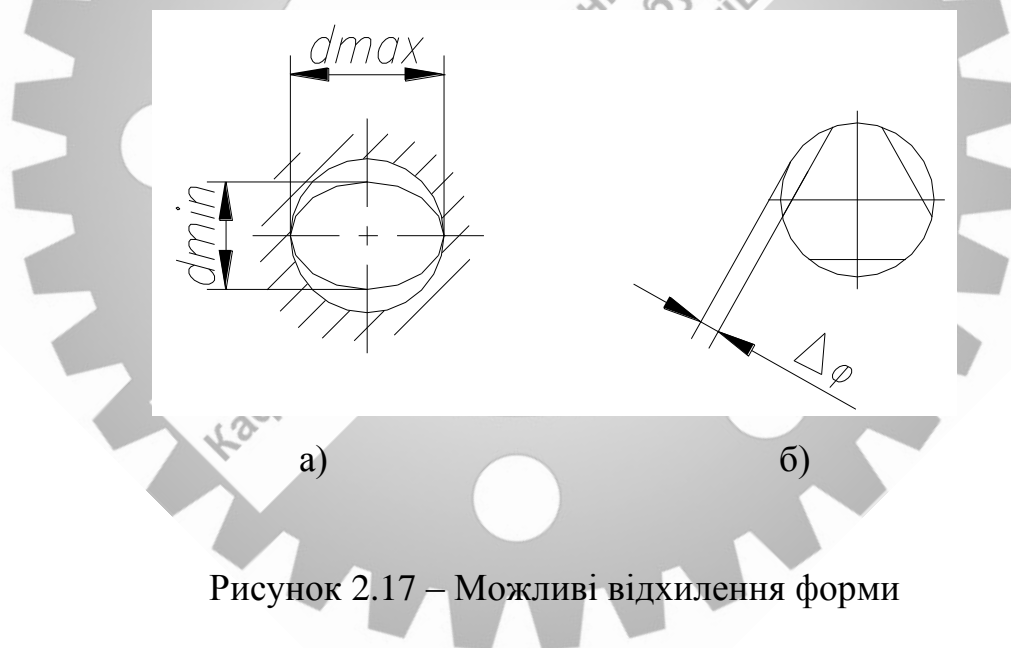


Рисунок 2.17 – Можливі відхилення форми

Відхилення форми профіля поздовжнього січення можуть бути такими: конусоподібність (а), бочкоподібність (б) и сідлоподібність (в) (рисунок 2.18).

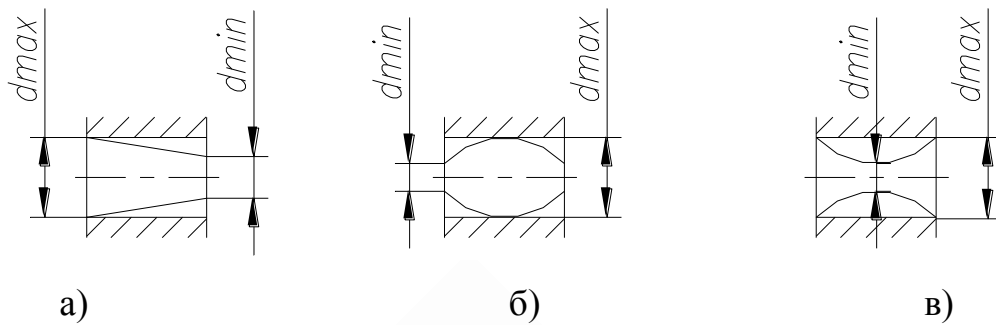


Рисунок 2.18 - Можливі відхилення форми

Оскільки креслення не надає відхилення форми, то вони тоді в межах поля допуску на діаметр: $\Delta_{\phi} = 25$ мкм, що відповідає 8-й ступені точності.

Точність розташування.

Згідно з кресленням деталі задане відхилення від співвісності $\text{Ø}88\text{H}7$ відносно $\text{Ø}110\text{H}7$ – не більш 0,02 мм або 20 мкм. Для інтервала розмірів $50 \div 120$ мм маємо такі значення допусків співвісності:

- $\Delta_{\odot} = 16$ мкм (5 ступінь точності),
- $\Delta_{\odot} = 25$ мкм (6 ступінь точності),

тобто задане значення 20 мкм не відповідає стандартному.

Шорсткість.

Вона відповідає $Ra\ 2,5$ згідно з кресленням.

Вибір схеми контролю.

Претендувати на базові можуть дві: отвір $\text{Ø}110\text{H}7$ та нижній торець цього отвору. Цей вибір заданий конструктором: діаметр $\text{Ø}110\text{H}7$ є базою «Л», відносно якої задано допуск співвісності з отвером $\text{Ø}88\text{H}7$. Проведемо уточнення та аналіз точнісних параметрів цих поверхонь.

Точність розмірів.

Діаметр отвору $d = 110H7$. Ступінь точності IT7. Нижнє відхилення EI = 0, верхнє ES = +35 мкм. Величина допуску T = 35 мкм.

Точність форми.

Можливі відхилення форми базового отвору відповідають тим, що розглянуті раніше. Величина допуску круглості складає 25 мкм, що відповідає 8 ступені точності.

Відхилення форми торця $\varnothing 138/\varnothing 110$ є відхиленням від площинності. Приймаємо $\Delta \square = 16$ мкм, що відповідає 8 ступені точності.

Точність розташування.

На кресленні деталі задано допуск перпендикулярності торця до осі отвору $\varnothing 110H7$, що дорівнює $0,02 \text{ мм} = 20 \text{ мкм}$. Це значення не відповідає стандартному: для інтервалу розмірів $100 \div 160 \text{ мм}$, маємо $\Delta_{\perp} = 16 \text{ мкм}$ (6 ступінь точності) та $\Delta_{\perp} = 25 \text{ мкм}$ (7 ступінь точності).

Шорсткість.

Шорсткість поверхні отвору $\varnothing 110H7$ складає Ra 1,25, а поверхні торця $\varnothing 138/\varnothing 110$ – Ra 2,5.

Вибір схеми базування.

Складемо таблицю точнісних параметрів базових та контрольованої поверхонь. Зіставляючи точнісні дані (таблиця 2.13), приходим до висновку, що якість базових поверхонь забезпечує задану точність положення контрольованої деталі в ході контролю.

Таблиця 2.13

| Найменування точнісного параметра | Параметр, що виміряють (співвісність отвору $\varnothing 88$) | Базові поверхні | |
|--|--|-------------------------|--------|
| | | Отвір $\varnothing 110$ | Торець |
| Точність розміру (квалітет) | 7 | 7 | 8 |
| Точність форми (ступінь точності) | 8 | 8 | 7 |
| Точність розташування (ступінь точності) | 5 | 6 | 6 |
| Шорсткість (висота мікронерівностей Ra) | 2,5 | 1,25 | 2,5 |

На рисунку 2.19 представлено схему базування деталі, що контролюється.

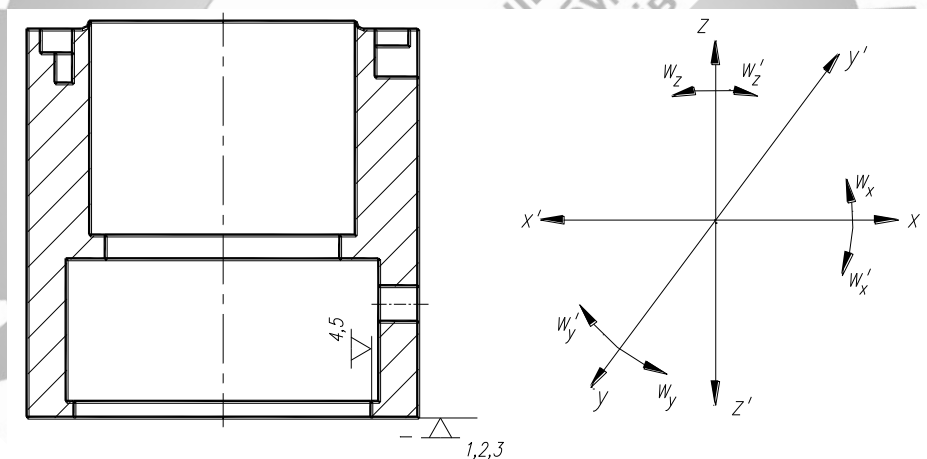


Рисунок 2.19 – Схема базування

Побудуємо таблицю жорстких однобічних координатних зв'язків (таблиця 2.14), де видно, що деталь позбавлена 9 однобічних зв'язків ($x, x', y, y', z, z', \omega_x, \omega_x', \omega_y, \omega_y'$), залишились тільки три з них (z, ω_z, ω_z'). Оскільки обрана схема базирования дозволила поєднати технологічну та вимірювальну базу для вимірювального параметра, то $\varepsilon_6 = 0$.

Таблиця 2.14

| Характер зв'язку | Індекс однобічної координати | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------------|----|---|----|---|----|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | x | x' | y | y' | z | z' | ω_x | ω_x' | ω_y | ω_y' | ω_z | ω_z' |
| Реакція опори | R | R | R | R | - | R | R | R | R | R | - | - |

Вибір схеми закріплення.

Деталь, що контролюється, буде встановлена вертикально, сили гравітації будуть притискати деталь до встановлювальної поверхні пристрою. Однак доцільно виконати закріплення деталі, оскільки вимірювальна сила буде намагатися кинути деталь. Для зменшення похибки установа деталі використаємо гідропластову розтискну оправку, по якій деталь буде встановлюватися поверхнею $\text{Ø}110\text{H}7$. Тоді похибка закріплення $\varepsilon_3 = 5$ мкм.

Умови, в яких буде експлуатуватися КВП.

Контроль заданого параметра буде робитися на ділянці ВТК, тому умови експлуатації КВП будуть досить нормальними. Температура повітря $t = 20^\circ \pm 5^\circ \text{C}$. Відносна вологість повітря $\varphi_{\text{н}} = 80\%$. Атмосферний тиск $p_{\text{ат}} = 86 \dots 106$ кПа. Швидкість руху повітря $V_{\text{в}} \leq 0,5$ м/с. Вібрації від верстатів відсутні. Не плануються при експлуатації КВП струси та удари. Планується місцеве освітлення $E_{\text{ф}} = 1000$ люкс. Все це не потребує від конструктора планувати які-небудь спеціальні конструктивно-технічні заходи по захисту КВП від впливу навколишнього середовища.

Перелік функцій, що потрібно реалізувати в КВП.

З переліка функцій, що реалізують в КВП, складемо набір функцій, що потрібно здійснити для операції контролю:

- (1) установа (зняття);
- (2) базуровання;

- (3) настроювання;
- (4) об'єднання;
- (5) приймання інформації;
- (6) передавання та перетворення інформації;
- (7) видача (відображення) результатів вимірів;
- (8) відведення та підведення засобів вимірювання.

Вибір методу вимірювання.

З прямого та непрямого (косвенного) методів обираємо прямий, оскільки цього простіше провести, й при цьому немає необхідності в перерахунку розміра, отримана точність достатня для параметра, що вимірюється.

З контактного й безконтактного обираємо контактний метод. Це потрібно тому, що прочність матеріалу деталі є великою та контрольована поверхня без деформацій може зустрічати вимірювальне зусилля. В реальних умовах, коли можливим є попадання мастила, МОР та стружки, вимірювальне зусилля буде допомогати видаленню бруду та стружки з місця вимірювання.

Для забезпечення точкового контакту приймаємо накінецьник сферичної форми з радіусом сфери не менше 5 мм (рисунок 2.20).

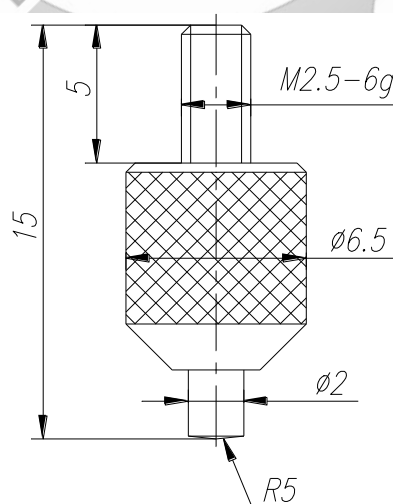


Рисунок 2.20 - Накінецьник

Накінечник типу НР має твердосплавну вставку. При значній твердості вимірювальної поверхні й досить великий допуск параметра $T=30$ мкм, орієнтовно назначаємо зусилля 5Н. В цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля знаходиться по формулі Герца:

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot K \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}}, \quad (2.36)$$

де Δ_{yc} – величина похибки при контактній деформації, мкм.

K - коефіцієнт, що залежить від матеріала вимірювального накінечника (для твердого сплаву $K=0,8$);

$P_{зyc}$ – вимірювальне зусилля, Н ($P_{зyc} = 1$ Н).

R - радіус сфери накінечника, мм ($r = 5$ мм)

Тоді

$$\Delta_{yc} = 0,430 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{1^2/5} = 0,159 \text{ (мкм)}$$

Деталь контролюють тільки в стані переміщення – динамічний метод.

Питання про розташування деталі розглянуто раніше, де сказано про вертикальну вісь деталі, оскільки це дозволяє облегшити центрування деталі.

З двох методів – абсолютного й відносного – перевага за абсолютним методом (робота без еталона), хоча він і дає менш точні результати, але для дрібносерійного типу виробництва більше підходить саме він.

Використовуємо пасивний метод контролю, що дає можливість запобігати появі брака при формуванні якості.

Розрахунковий час контролю - 1 хвилина.

КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, що забезпечує достатню точність відліку без напруження очей.

Приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення витікає з контактного методу контролю. На його

користь - значний арсенал технічних засобів, що пройшли багаторічну апробацію на точність.

Вибір засобу вимірювання (ЗВ).

Знаходимо оптимальні метрологічні, експлуатаційні та надійнісні характеристики, котрі має (ЗВ):

- Сумарна похибка, що допускається, вимірювання КВП. Вона знаходиться як частина допуску T параметра, що контролюється (співвідношення 0,02 мм).

$$[\delta_{\text{вим}}] = \kappa \cdot T \quad (2.37)$$

де κ - залежить від якості або ступеню точності контролюваного параметра.

Для 6-й ступені точності $\kappa = 0,30$:

$$[\delta_{\text{вим}}] = 0,30 \cdot 0,02 = 0,006 \text{ (мм)} = 6 \text{ (мкм)}$$

У відповідності зі стандартами рекомендовано прийняти $[\delta_{\text{вим}}] = 10 \text{ мкм}$.

- Знаходжу похибку, що допускається, засобу вимірювання (інструментальна похибка)

$$[\Delta_{\text{ін}}] = 0,70 \cdot [\delta_{\text{вим}}] \quad (2.38)$$

$$[\Delta_{\text{ін}}] = 0,70 \cdot 10 = 7 \text{ (мкм)}.$$

- Ціну ділення знаходимо в залежності від інструментальної похибки ЗВ що допускається,. Приймаю $C = \Delta_{\text{ін}} = 7 \text{ мкм}$

- Інтервал ділення шкали (a) беру 2 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами може ускладнити зчитування показань ЗВ.

- Межа вимірювання за шкалою (a) повинен перевищувати допуск на параметр, що вимірюється, щоб зчитування показань було без ускладнень. Приймаю $A = 4 \cdot IT = 2 \cdot 30 \cdot 2 = 120 \text{ (мкм)}$.

- Межа вимірювання засобу (діапазон вимірювань) знаходимо з умов вимірювання. Приймаю $B = 2 \text{ мм}$.

- Вимірюване зусилля $P_{зус}$, обумовлено характером вимірювань, характером контролюючих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску контрольованого параметра. Значення вимірювального зусилля прийнято раніше. Оскільки обмежень на його величину відсутні, приймаємо $P_{зус} = 500$ сН. Допущене коливання вимірювального зусилля обмежено величиною $\Delta P_{зус} = 100$ сН.

- Головним нормуємим показником надійності ЗВ є наработка $t(P)$ до першого відмовлення при вірогідності безвідмовної роботи P . Приймаємо кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій:

$$[t(p)] = 1500 \cdot 3 = 4500 \text{ (циклів)}$$

Вірогідність безвідмовної роботи задається $P = 0,85$, виходячи з можливостей вимірюваних засобів, що існують.

- Згідно з цінами на контрольно-вимірювальні засоби, встановлюю витрати на закупівлю ЗВ: $[Ц] = 500$ грн.

Пошук ЗВ за заданими межами.

Після того, як з'ясували всі метрологічні та експлуатаційні показники, починаємо пошук ЗВ. Прийнятним вважається такий ЗВ, який задовольняє умовам:

$$\begin{aligned} \Delta_{ін} &\leq [\Delta_{ін}]; & P_{зус} &\leq [P_{зус}]; \\ C &\leq [C]; & \Delta P &\leq [\Delta P]; \\ a &\geq [a]; & t_{(P)} &\geq [t_{(P)}]; \\ A &\geq [A]; & p &\geq [p]; \\ B &\geq [B]; & Ц &\leq [Ц]; \end{aligned}$$

Найбільш близьким за показниками є індикатор 2МІГ з такими параметрами:

$$\Delta_{ін} = 0,004 \text{ мм}; c = 0,002 \text{ мм}; A = 1 \text{ мм}; B = 5,0 \text{ мм}; P_{зус} = 100 \text{ сН};$$

$\Delta P_{зус}=40,0$ сН; $t_{(p)}=500000$; $P=0,90$; $C=250$ грн.

Тобто умови витримано повністю.

Ескіз обраного ЗВ показано на рисунку 2.21

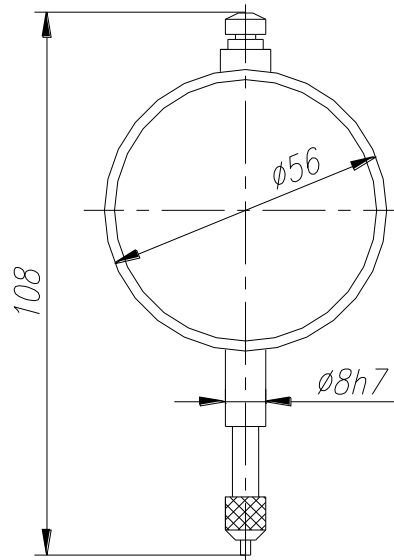


Рисунок 2.21

Ескізне проектування КВП.

Структурна схема КВП.

В ході контрольної операції в пристрої реалізовано приватні функції, що ми розглянули. Таким чином, структурна схема КВП буде виглядати так, як показано на рисунку 2.22.

Розробка ескізного компоунання КВП.

На базі аналізу попередніх пунктів приймаємо рішення про компоунання КВП. Найбільш вигідною є вертикальна схема компоунання,

що забезпечує компактність та жорсткість пристрою. Конструкція проста, технологічна з технічної точки зору, має естетичний вигляд.

В якості корпусу, із вбудованим пристроєм для обертання деталі, використаємо стіл поворотний з ручним приводом повертання 7204-0007 П (стіл має клас точності П). Основні параметри стола: центровий отвір - конус Морзе 3, діаметр планшайби - 315 мм. Планшайба має кілька пазів, виконаних по IT8 - IT12.

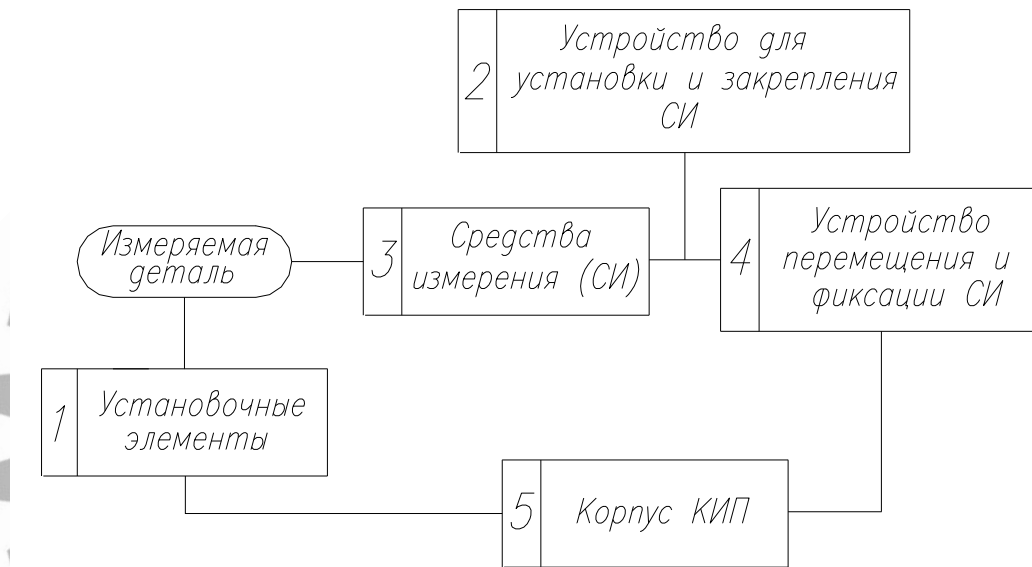


Рисунок 2.22 – Структурна схема КВП

В якості затискного механізму раціонально використати гідропластову оправку, що дозволяє отримувати точність затиску 5-12 мкм. Для компоновання КВП пропонуємо викомстати універсальну вимірювальну стійку.

Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП.

Фактичну сумарну похибку КВП знаходимо за формулою

$$\varepsilon_{\text{квн}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{ін}} + \Delta t + \Delta_{\text{зус}} \quad (11.4)$$

де

ε - похибка положення деталі в пристрої

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \quad (11.5)$$

де

ε_{δ} - похибка базування (для гідропласта - самоцентруючий механізм) $\varepsilon_{\delta}=0$.

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 5$ мкм.

$\varepsilon_{\text{пр}}$ - неточність виготовлення елементів пристрою.

Для гідропласта з розмірами деталі вище 100 мм, похибка $\Delta_1 = 5$ мкм.

Базування гідропластової оправки - по конусу Морзе, приймаємо неточність її виготовлення $\Delta_2 = 2$ мкм. Тоді:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{5^2 - 2^2} = 5,3 \text{ (мкм)}.$$

Звідси

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 5^2 + 5,3^2} = 5,3 \text{ (мкм)}.$$

$\Delta_{\text{ін}}$ - похибка обраного засобу вимірювання $\Delta_{\text{ін}} = 4$ мкм;

$\Delta_{\text{зус}}$ - похибка від вимірюваного зусилля за рахунок контактної деформації. Цю похибку знаходимо за формулою Герца (див. раніше);

Δt – похибка впливу зміни температури навколишнього середовища.

$$\Delta t = l \cdot \alpha (t_1 - t_2) \quad (11.6)$$

де

l - розмір вимірювальної деталі

$$l = 138 \text{ мм (висота деталі)}$$

α – коефіцієнт лінійного розширення для сталі низьколегованої

$$\alpha = 13,40 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$\delta t = t_1 - t_2$ – очікуваний перепад температур

$$\delta t = 10^\circ$$

тобто

$$\Delta t = 138 \cdot 10^{-10} \cdot 10 = 0,00000104 = 0,04 \text{ мкм.}$$

Тоді маємо $\epsilon_{\text{КВП}}$:

$$\epsilon_{\text{КВП.}} = 503 + 0,159 + 4 + 0,04 = 9,50 \text{ (мкм)}$$

Зіставимо отримане значення $\epsilon_{\text{КВП.}}$ з тим, що допускається $\delta_{\text{ВИМ}} = 13 \text{ мкм}$, робимо висновок, що необхідна умова точності витримана:

$$\epsilon_{\text{КВП.}} = 9,50 < 13 = [\delta_{\text{ВИМ}}]$$

Знаходимо вплив похибок вимірювання на результат контролю.

Використовуючи положення Маркова, знаходимо питому вагу сумарної похибки в допусці виробу при $T = 20 \text{ мм}$, $[\delta_{\text{ВИМ}}] = 13 \text{ мкм}$:

$$A_{\text{мет}} = \frac{[\delta_{\text{изм}}]}{T} = \frac{13}{20} = 0,650 \text{ або } A_{\text{мет}} = 65,0\%.$$

Опис конструкції та принципу дії КВП.

Пристрій змонтовано на базі стола поворотного 1, в конусному отворі якого встановлено основу 3 з гідропластовою оправкою 2. Засобом вимірювання є індикатор годинникового типу 2МІГ поз. 20, який встановлено в отвір муфти 9 та за допомогою інших муфт 10 прикріплено до штанги 7 та стояку 6.

Деталь, що контролюється, встановлюють на торець оправки 2 та за допомогою гідропластового затискача закріплюється в радіальному напрямку. Передавання вимірювальної інформації здійснюється від індикатора 20 через важіль 4, встановлений на кронштейні 5. При настроюванні індикатора роблять невеликий попередній натяг $5 \div 10 \text{ мкм}$, шкалу засобу вимірювання встановлюють на нуль. Після цього при обертанні рукоятки стола поворотного 1 читають показання індикатора при обертанні деталі, що контролюється.

3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ. ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВИРОБІВ-МАШИН

Кожен виріб-машина, електроний мікроскоп включно, має свій термін експлуатації та довговічність. Знайдено, що довговічність виробу-машини характеризують головним чином двома основними чинниками:

1) відмовами ранніми, тобто виходом машини з ладу на початку своєї експлуатації через дефекти, які виявлено в цей період; вони можуть зменшуватися в міру «підробітки» виробу-машини;

2) відмовами пізніми, що викликані тривалою експлуатацією виробу-машини, кількість яких може зростати через погіршення фізичної міцності деталей, з яких складається виріб-машина.

Озвучені відмови виробів-машин можна реєструвати різними методами дослідження та спостереження. Як правило, завдання дослідження полягає в тому, щоб на підставі даних, що були зібрані експериментально, та використовуючи отриману раніше інформацію, спробувати забезпечити засоби і шляхи прогнозування термінів служби машини. Це є способом визначення ступені вироблення ресурсів виробу-машини на досліджуваному етапі і передбачення майбутнього можливого стану виробу-машини з метою оцінювання появи катастрофічних відмов з розробленням принципів заміни, що засновані на технологічному рівні резервування. Наразі розробляється теорія та математичний апарат, на базі яких буде можливим розвиток таких припущень та обчислень.

Виявлено, що відмови на початковому періоді роботи виробу-машини можуть бути наслідком такого:

- недосконалістю конструкції;
- похибками виготовлення;
- похибками складання та монтажу;
- помилками, що були допущені при введенні машини в експлуатацію;

- неправильною експлуатацією.

При розгляді всіх цих окремих випадків та пов'язанням впливів кожного з дефектів в часі на відмови в роботі, видно, що вплив кожного з дефектів може бути таким, яким його показано на рисунку 3.1.

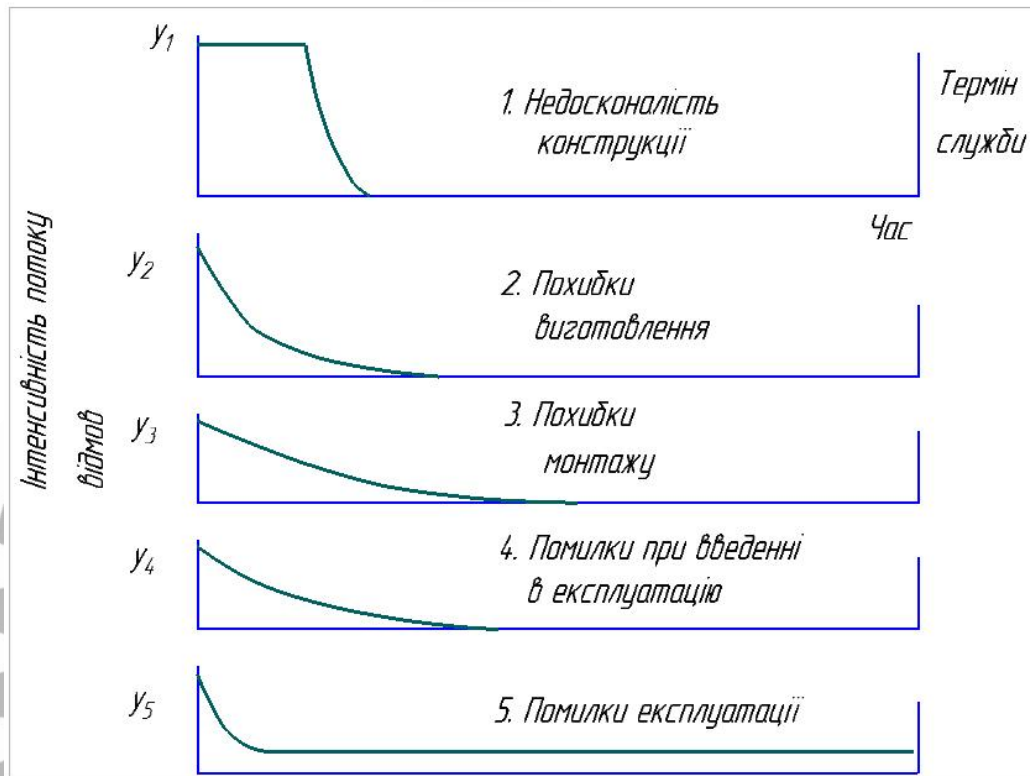


Рисунок 3.1 – Вплив кожного з окремих дефектів на інтенсивність потоків відмов у ранній період експлуатації виробу-машини

Вплив недосконалості конструкції, тобто помилки конструювання виробу-машини переважно можуть проявлятися на протязі короткого періоду часу, тому що тривала експлуатація край недосконалої конструкції є неможливою. Дефекти конструкції, що є менш значними, призводять до появи більших значень інтенсивностей потоку відмов на протязі тривалого проміжку часу терміну експлуатації.

Поява похибок виготовлення є більш випадковим фактором, вони проявляються на протязі тривалого періоду часу, що залежатиме від видів виробів і роду похибок – нехай то буде дефектом матеріалу або некваліфікованим виконанням, - і також залежить від значимості кожної з цих похибок виготовлення.

Поява похибок складання та монтажу можуть містити в собі монтаж невідповідних до документації або зовсім не тих виробів. Також це неправильне розміщення відповідних деталей у вузлі або відсутність при складанні таких важливих деталей, як котржайки і контршайби, неправильна вивірювання положення та безліч подібних дефектів, що або призводитимуть до негайної відмови виробу-машини, або значно скорочуватимуть термін служби машини через несиметричний або неправильний розподіл силових навантажень.

Поява помилок при запуску виробу-машини в експлуатацію як правило дають дуже малі значення інтенсивності потоку відмов та, подібно до похибок складання або монтажу, неуклінно скорочують термін служби виробу-машини.

Логічно, що недоліки експлуатації суттєво залежать від ступеня навченості робочого персоналу, і тому ордината на графіку відповідної кривої спочатку знижується в початковий період, а потім залишається постійною на протязі всього терміну служби виробу-машини. І чим довше працюватиме виріб-машина, тим менше буде інтенсивність потоку відмов від сумарного сукупного впливу перерахованих вище факторів. Точно так, чим сильніше зменшується величина інтенсивності потоку відмов започатковий період експлуатації, тим довговічніше буде виріб-машина. При дії низки причин, які викликають ранні відмови роботи, прогнозований термін служби із подальшим закінченням часу стає вищим в наступні періоди експлуатації.

Сумарний сукупний вплив п'яти можливих факторів ранніх відмов показано на рисунку 3.2, при цьому з часом значення ординат усіх кривих, за

винятком тих, що пов'язані зі ступенем навченості робочого персоналу, прагнуть до нульового значення.

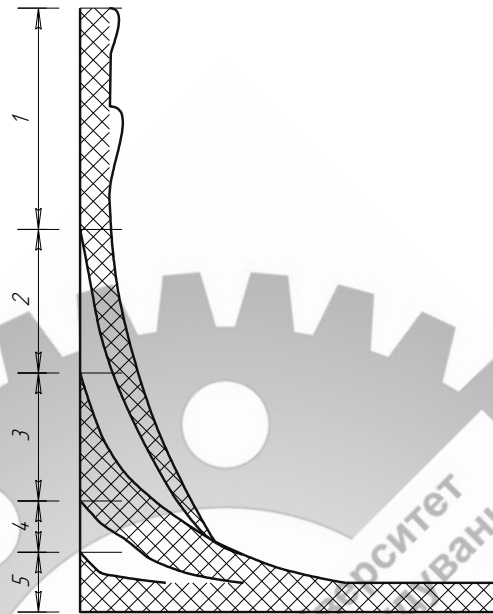


Рисунок 3.2 – Графік підсумовування складових інтенсивності потоку відмов в ранній період експлуатації виробу-машини

Можна стверджувати, що остаточним виходом з ладу виробу-машини є до такої моменту часу, коли система перестав функціонувати і більше не відповідає своєму службовому призначенню. При цьому скоріш за все створюється ситуація, коли характеристики найважливішої деталі у вузлі настільки погіршилися, що вона вже більше не в змозі виконувати свої робочі функції, необхідні для забезпечення сталої роботи системи виробу-машини.

Саме такого виду відмови можуть бути викликані таким чинниками:

- зменшенням величини міцності матеріалів деталей виробу-машини;
- ослабленням кріплень деталей виробу-машини;
- руйнуванням конструкції виробу-машини внаслідок силових перевантажень.

Відомо, що між кожним із наведених чинників можуть існувати тісні взаємозв'язки. Так на рисунку 3.3 показано, яким чином вплив кожного з

окремих факторів, що можуть призводити до виходу системи з ладу, потенційно зростає з часом експлуатації.

Помилкове перевантаження може викликатися неправильною експлуатацією виробу-машини. Хоча навіть це з меншою ймовірністю викликатиме катастрофічні відмови, якщо таке помилкове перевантаження хоча одного разу мало місце. При цьому можуть збільшуватися проміжки і деформації, що викликатиме неминуче прогресивне зростання величини динамічних навантажень, що в свою чергу призводять до подальших деформацій системи, які супроводжуються взаємопов'язаним збільшенням динамічних навантажень у виробі-машині.

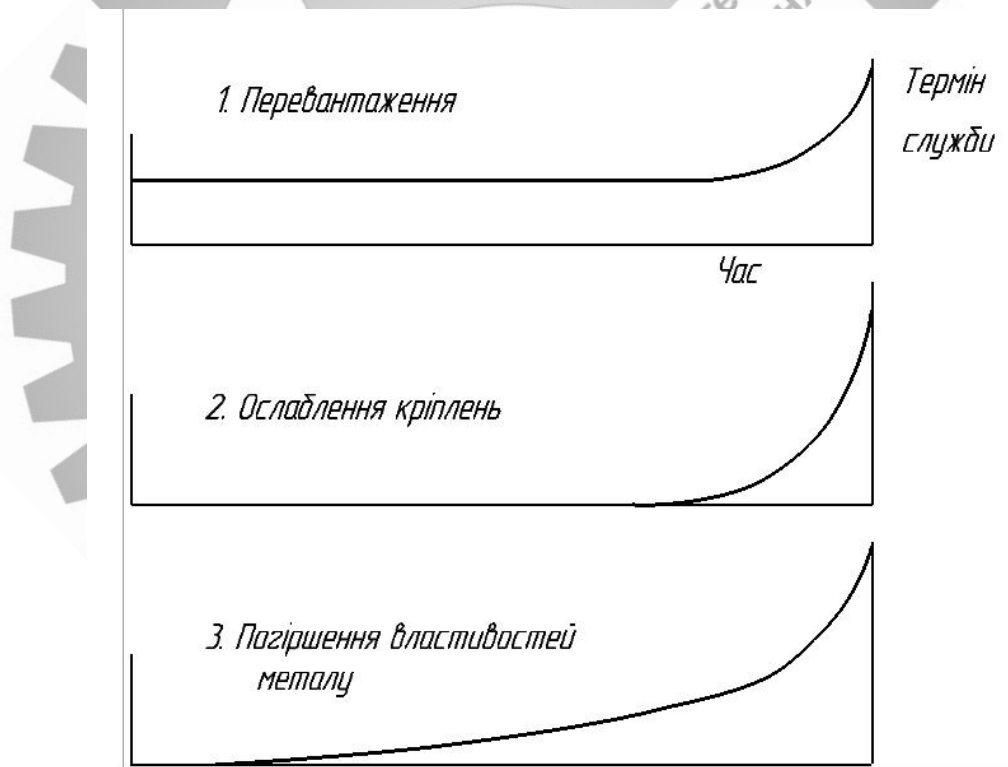


Рисунок 3.3 – Вплив кожного з окремих факторів на інтенсивність потоків відмов пізній період експлуатації виробу-машини

Обумовлені похибками проектування, конструювання і виготовлення великі початкові зазори, та, відповідно, зростаючі через цей факт ерозії,

зношування, корозії й деформації, представлятимуть найбільш ймовірні причини таких відмов у роботі. Також ослаблення кріпильних пар деталей, наприклад, гайок або шпильок, що пов'язане з перевантаженнями, з великою імовірністю можна вважати однією з причин відмов. До того ж ослаблення кріпильних пар деталей змінюються з часом внаслідок втоми та в результаті фреттинг-корозії металу.

На рисунку 3.4 показано сукупний вплив різних чинників, що викликає збільшення інтенсивності потоку відмов в пізній період експлуатації виробу-машини

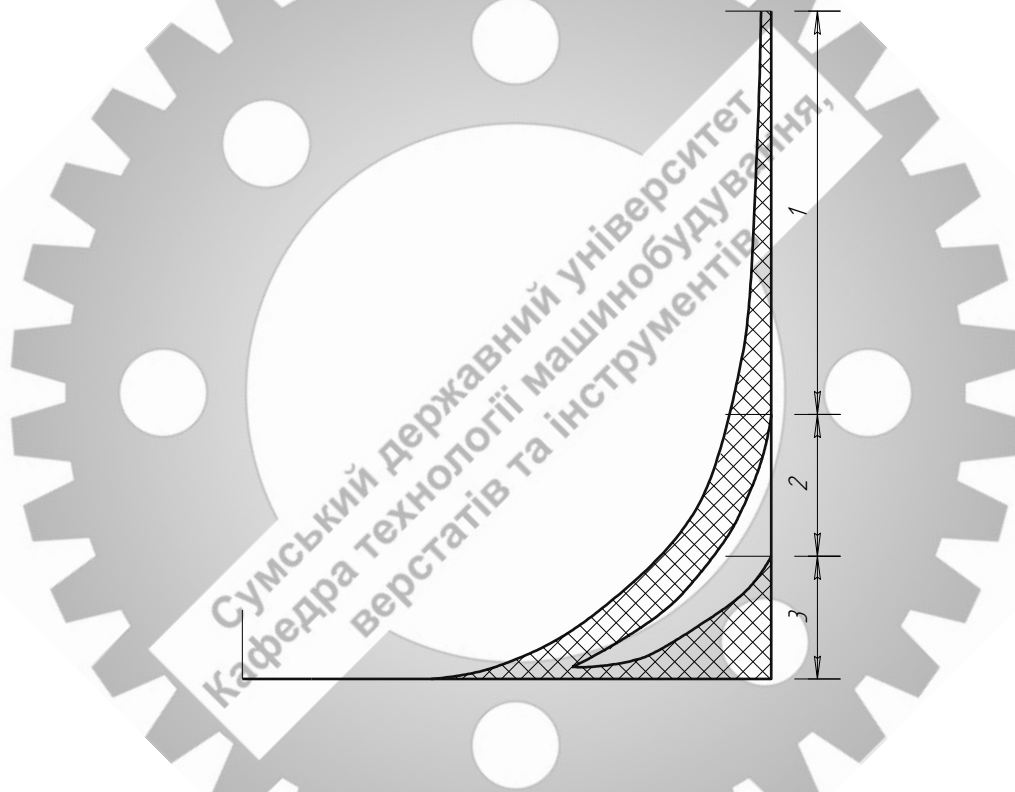


Рисунок 3.4 – Графік підсумовування складових інтенсивності потоку відмов в пізній період експлуатації і завершення терміну служби виробу-машини

ВИСНОВКИ

В наведеній випускній роботі магістра проведено аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ЦФ7.180.187», а також аналіз службового призначення виробу – електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММА-202М, вузла – джерела електронів. Проведено аналіз технічних вимог та технологічності конструкції корпусу ЦФ7.180.187, обґрунтовано вибір способу одержання заготовки - штампування. Також проведено аналіз правильності вибору металорізальних верстатів, верстатних пристроїв та іншого технологічного оснащення, обґрунтовано схеми базування – для трьох технологічних операцій (010, 030, 040). Визначено тип виробництва (дрібносерійний), а також припуски та допуски на обробку отвору $\varnothing 110H7$. Для трьох переходів проведено розрахунок режимів різання, для трьох вищезгаданих операцій – технічне нормування.

Розроблений технологічний процес є більш прогресивним порівняно з існуючим завдяки зменшенню припусків на оброблення (маємо точніший метод отримання заготовки), завдяки розробленим двом конструкціям пристроїв - верстатного з механізованим приводом для свердління, а також контрольно-вимірювального для вимірювання співвісності двох циліндричних поверхонь корпусу.

Робота містить питання з розділу охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Графічна частина роботи містить креслення: креслення заготовки, креслення маршруту обробки, креслення операційного налагодження, складальне креслення верстатного пристрою, складальне креслення контрольно-вимірювального пристрою.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1 Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 8.05050202 «Технологія машинобудування» / укл.: Д.В. Криворучко, В.Г. Євтухов. – Суми: СумДУ, 2012. – 64 с.

2 Обработка металлов резанием (справочник технолога). Под общ. редакц. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1989. – 734 с.

3 Руденко П.О. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Уч. пособ. / Под общей ред. В.М. Плескача. – Киев: Вища шк., 1992. – 249 с.

4 Справочник технолога-машиностроителя. 2 тома. Т2 / Под ред. Р.К. Мещерякова и А.Г.Косиловой. – М.: Машиностроение, 1987. – 498 с.

5 Методичні вказівки до виконання розділу «Аналіз службового призначення виробів» у випускній роботі бакалаврів, курсових проектах зі спеціальностей та диплом. проектах: для студ. спец.: 6.090202, 6.090204, 6.090522, 7.090202 усіх форм навчання / укл.: О.О. Топоров. – Суми : СумДУ, 2001. – 25 с.

6 Метод. вказівки до оформлення док-ції при виконанні курс. робіт, розрахунково-граф. робіт та курсових і дипломних проектів з технології машинобудування для студ. за напрямами підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка» спец. 7.090202 «Технології машинобудування» для усіх форм навчання: 2 частини. – Частина 1./ укл.: В.О.Іванов, В. Г. Євтухов.–Суми: СумДУ, 2012.– 59с.

7 Метод. вказівки до оформлення док-ції при виконанні курс. робіт, розрахунково-граф. робіт та курсових і дипломних проектів з технології машинобудування для студ. за напрямами підготовки: 6.050502 «Інженерна механіка» спец. 7.090202 «Технології машинобудування» для усіх форм навчання: 2 частини. – Частина 2. Оформлення технологіч. док-ції / укл.: В.О. Іванов, В. Г. Євтухов.– Суми: СумДУ, 2011.– 57 с.

8 Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. – Київ: Кондор, 2009 – 7256 с.

9 Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” / Укл.: П.В. Кушніров. – Суми: СумДУ, 2009. – Ч. 1. – 52с.

10 Метод. указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений / Сост.: Г.С.Чумаков.– Сумы: изд-во СумГУ, 1997.– 34 с.

11 Приходько В.Н., Літвин О.А. Проектування оснащення роботів, верстатів і машин: Навчальн. посібник – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 214 с.

12 Внуков Ю. М., Залого В. О. Зношування та стійкість ріжучих лезових інструментів: навч. посібн., Суми: СумДУ, 2011.

13 Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук О.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. – Київ: Кондор, 2009. – 224 с.

14 Функціональний підхід при проектуванні верстатних пристроїв / П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, Д.Ю. Макаренко, О.О. Бойко // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за матеріалами 27-ої міжнародної науково-практичної конференції (24-26 листопада 2021 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2021.– С. 172-173.

15 Дичковський М.Г. Спеціальна технологічна оснастка: навч. посіб. Тернопіль: ТНТУ, 2014. 243 с.

16 Методичні вказівки до практичної роботи «Автоматизований розрахунок параметрів пневмо- та гідروприводів верстатних пристроїв» з курсу «Технологічна оснастка» для студентів спеціальності 7.090202 усіх форм навчання.- Суми: Вид-во СумДУ, 2003. – 31 с.

17 Кушніров П.В., Євтухов А.В., Дегтярьов І.М. Технологічна оснастка [Електронний ресурс]: навч. посіб. Суми : СумДУ, 2020. - 140 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/81842>

18 Пат. 109628 U Україна, МПК В23С 5/06 (2006.01). Фреза торцева/ П.В. Кушніров, Н.А. Шемет, С.П. Холявка; заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т.– № u 2016 02836; заявл. 21.03.2016; опубл. 25.08.2016, бюл. №16.

19 Основи становлення сучасного інженера : навчальний посібник / В.О.Іванов, О.Г.Гусак, Д.В.Криворучко та ін.; за заг. ред. В.О.Іванова, О.Г.Гусака. – Харків: НТМТ, 2015. – 275 с.

20 Общемашиностроительные нормативы времени работ, выполняемых на металлорежущих станках с ЧПУ. – М.: издательство НИИ труда, 1989. – 249 с.

21 Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский. - К.: Техніка, 1975.- 768 с.

22 Петров О.В., Сухоруков С.І. Технологічна оснастка: навч. посіб. - Вінниця: ВНТУ, 2018. - 123 с.

23 К вопросу о повторяемости технических решений и технических ошибках / Развитие технологий будущего: монография / [авт.кол. : В.А.Балашов, М.В.Князева, И.Я.Львович и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – С. 62-68. DOI: 10.30888/978-617-7414-44-4.0-022

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

25 Застосування евристичних прийомів при проектуванні верстатних пристроїв / Д. Р. Коба // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 20–23квітня 2021р.) / редкол.: О. Г. Гусак, І. В. Павленко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – С. 39.

26 5125 Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" : для студ. спец. 131 "Прикладна механіка" (ОПП "Технології машинобудування") усіх форм навчання.- Суми : СумДУ, 2021.- 83 с.

27 5401 Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" : для студ. спец. 131 "Прикладна механіка" (ОПП "Технології машинобудування") всіх форм навчання.- Суми : СумДУ, 2022.- 78 с.

28 Kushnirov, P. V. Face Mills with Adjustable Cutting Inserts / Торцовые фрезы с настраиваемыми режущими вставками // Global science and education in

the modern realities '2020 (August 26-27): Sworld-Ur conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: «ISE&E» & SWorld in conjunction with KindleDP, 2020. No 1 on August 27.– P. 27-29. DOI: 10.30888/2709-2267.2020-3.

29 Пат. 139003 U Україна МПК В23С 5/06 (2006.01). Торцева збирна фреза / П.В. Кушніров, А.В. Євтухов, О.В. Івченко та ін. (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u 201906790; заявл. 18.06.2019; опубл. 10.12.2019, бюл. № 23.

30 Пат. 64630 U Україна, МПК6 В23С 5/06. Різальний інструмент / П.В. Кушніров, М.В. Лиштван, В.О. Матяш, А.В. Євтухов (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u201105261; заявл. 26.04.2011; опубл. 10.11.2011, бюл. № 21.

31 4352 Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення параметрів пневмо- та гідроприводів верстатних пристроїв»: для студ. спец. 6.05050301 та 6.05050302 усіх форм навчання / П.В. Кушніров. – Електронне видання каф. ТМВІ. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 23 с.

32 Кириченко, В.В. Використання програми «Сила закріплення» для розрахунку сили затиску заготовки «Корпуса» / В.В. Кириченко, П.В. Кушніров, Б.А. Ступін // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за матеріалами 28-ої міжнародної науково-практичної конференції (23-25 листопада 2022 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2022.– С. 22.

33 Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» у дипломних проектах / укладач: А.Ф. Денисенко. – Суми: Сумський держ. ун-т, 2014. – 58 с.

34 ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.

35 СНиП 2.09.04-87. СНиП Административные и бытовые здания.

36 ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.

37 СНиП II-4-79. СНиП Естественное и искусственное освещение.

38 ОНТП 24-86 (НАПБ Б.07.005-86). Определение категории помещений

39 ГН 2152-80 (ДНАОП 0.03-3.06-80) Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень.

40 ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

41 НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок.

42 Kostogryz, A. Probabilistic Modeling in System Engineering. Chapter 1. Probabilistic Modelling in Solving Analytical Problems of System Engineering [Електронний ресурс] / A. Kostogryz. - IntechOpen, 2018. - 290 pp. Режим доступу: <https://www.intechopen.com/books/6584>.

43 Habak, M., Badie-Levet, D., leburn, J. L., «Effects of the Microstructures on the Tool/Chip Tribological Contacts in Hard Turning of 120Cr8 Bearing Steel,» in Proceedings of the 11th CARPI International Workshop on Modeling of Machining Operations, 2009, pp. 367-374.

44 Kushnirov, P. V. Adjustable Face Mills / Global science and education in the modern realities '2020 (August 26-27): Sworld-Us conference proceedings. – Seattle, Washington, USA: «ISE&E» & SWorld in conjunction with KindleDP, 2020. No 1 on August 27.– P. 23-26. DOI: 10.30888/2709-2267.2020-3.

45 Sohner J. Beitrag zur Simulation zerspanungstechnologischer Vorgangee mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode: Dokteors der Ingenieurwissenschafteneten. – Karlsruhe: Universitat Karlsruhe, 2008. – 165 p.

46 Pacurar, A. C. Applications of Design for Manufacturing and Assembly. Chapter 1. Introductory Chapter: Applications of Design for Manufacturing and Assembly / A. C. Pacurar. - IntechOpen, 2019. - 100 pp.