МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«____» _____ 20*21* р.

Проєктування технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ8.170.457

Кваліфікаційна робота (проєкт) бакалавра

Спеціальність – *131 «Прикладна механіка»*

Освітня програма – *«Технології машинобудування»*

Студент *Станіслав ХУТОРНЕНКО*

Керівник *Юлія ДЕНИСЕНКО*

Нормоконтроль *Юлія ДЕНИСЕНКО*

Суми – 20*21*

РЕФЕРАТ

Записка: 57 сторінок, 10 рисунків, 9 таблиць, 9 джерел.

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ8.170.457.

Об'єкт роботи: корпус ЦФ8.170.457 електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММ-102, технологічний процес виготовлення корпусу ЦФ8.170.457.

Предмет роботи: структура й параметри технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ8.170.457.

В роботі виконано аналіз службового призначення електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММ-102, складеного об'єктива, до складу якого безпосередньо входить корпус ЦФ8.170.457, і аналіз службового призначення власне корпусу ЦФ8.170.457. Виконано аналіз технічних вимог, що пред'являються до корпусу ЦФ8.170.457 за кресленням. Визначено тип виробництва і партію запуску. Визначено раціональний спосіб отримання вихідної заготовки. Виконано детальний аналіз двох технологічних операцій технологічного процесу виготовлення деталі (з обґрунтуванням вибору раціональних схем базування заготовки, верстатів, технологічної оснастки, режимів різання та технічних норм часу). Спроєктовано токарний патрон з механізованим приводом для установки заготовки на токарній з ЧПК операції 025.

Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ8.170.457 на картах КТП.

Розроблені креслення заготовки, маршрутного технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ8.170.457, операційного налагодження на операцію 025 токарну з ЧПК, складальне креслення спроектованого токарного патрону.

МІКРОСКОП-МІКРОАНАЛІЗАТОР, КОРПУС, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ПОКОВКА, ОПЕРАЦІЯ, СХЕМА БАЗУВАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....4

1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі й умов її експлуатації 5

2 Аналіз технічних вимог до конструкції деталі 10

3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт 13

4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....17

5 Обґрунтування вибору способу отримання вихідної заготовки 20

6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі 24

6.1 Визначення операційних припусків і розмірів на оброблення поверхні обертання аналітичним методом 24

6.2 Аналіз схем базування й закріплення заготовки 26

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування.....31

6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристрою, ріжучого й вимірювального інструмента 34

6.5 Визначення режимів різання.....36

6.6 Технічне нормування операції.....44

7 Проєктування верстатного пристрою для установки заготовки.....48

Висновки 56

Перелік джерел посилань 57

Додаток А Корпус ЦФ8.170.457. Робоче креслення 58

Додаток Б Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання.....60

Додаток В Патрон токарний ТМЗ 19190027-07-00.00 СК. Специфікація....61

Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....64

ВСТУП

Рівень розвитку будь-якої держави в значній мірі визначається розвиненістю машинобудівної галузі, так як машинобудування обслуговує своєю продукцією усі інші галузі. Завдання, які стоять перед машинобудуванням: впровадження нових матеріалів й енергозберігаючих технологій, використання нових методів оброблення та способів отримання заготовок, підвищення точності і продуктивності обробки, застосування прогресивних матеріалів, ріжучого інструменту та обладнання, в тому числі верстатів з ЧПК, обробних центрів, робототехнічних комплексів. В умовах науково-технічного прогресу особливу роль у машинобудуванні відводять приладобудуванню, зокрема виробництву приладів електронної мікроскопії, так як електронні мікроскопи стимулюють розвиток фізики, хімії, медицини, матеріалознавства та інших наук. Для цього напрямку машинобудування характерні деякі особливості технічних процесів висока наукоємність виробів, високі вимоги щодо точності оброблення й складання, широка номенклатура оброблюваних матеріалів, складна форма деталей, спеціальні методи оброблення й складання, робота виробів в умовах різних фізичних процесів. Розвиток галузі електронної мікроскопії відбувається за напрямками підвищення точності й роздільної здатності приладів, підвищення напруги в електронній гарматі до 1 МВ, підвищення вакууму близько до космічного, зниження температури в окремих вузлах до (–265)°С, що вимагає від сучасного інженера-технолога систематичних знань у сфері сучасних технологій оброблення деталей і складання наукомістких машин.

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ Й УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Згідно з завданням розглянемо деталь «корпус ЦФ.8.170.457», що входить до складу складового об’єктиву растрового електронного мікроскопу-мікроаналізатора РЕММА-102.1.1.

Характеристика установки.

Растровий електронний мікроскоп-мікроаналізатор РЕММ-102 призначений для наукових досліджень і використання в промисловості. Дозволяє досліджувати топографію поверхні твердого тіла з одночасним визначенням якісного і кількісного елементного складу методом рентгенівського мікроаналізу. Рентгеноспектральний аналіз не має рівних за локальністю, чутливістю (10–100 ppm в діапазоні елементів від берилію до урану) і швидкості проведення серед неруйнівних методів аналізу для масивних і тонкоплівкових зразків, та дозволяє визначати якісний і кількісний елементний склад зразка. Наявність спеціальних багатошарових рентгенівських дзеркал дозволяє отримати високу чутливість і ефективність мікроаналізу у сфері легких елементів від берилію (4) до кисню (8).

Сфера застосування – металургія, геологія, матеріалознавство, мінералогія, півпровідникова технологія и мікроелектроніка, біологія, медицина, хімія, дослідження у фізиці твердого тіла, сертифікація й стандартизація самих різних виробів и матеріалів (як готових, так и на етапах технологічних циклів). Прогнозування міцності та експлуатаційних характеристик металів й сталі, визначення зв'язку між властивостями речовини й особливо її складу, вивчення кристалічної структури, різних дефектів не тільки в металах, але й у біологічних об'єктах. Мікроскоп забезпечує отримання інформації про поверхні досліджуваного зразка у вигляді зображень в режимах вторинних, відбитих електронів й рентгенівських променях. Електронний штангель дозволяє

вимірювати лінійні розміри деталей зображення. Рішення найскладніших завдань за рентгенівським мікроаналізом забезпечують два чотирихкристальних спектрометри WDS й один спектрометр EDS. Споживачеві пропонується широкий вибір еталонів (більше 300) для кількісного аналізу. Мікроскоп має високий рівень автоматизації і сервісних режимів апаратури і програмного забезпечення.

Персональний комп'ютер і потужне програмне забезпечення роблять роботу оператора з приладом простою і ефективною.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММ-102

Найменування характеристики	Величина
Роздільна здатність у вторинних електронах, нм	5,0
Діапазон збільшень	10 ... 300000
Напруга прискорення, кВ :	
- через 0,1 кВ	0,2 - 5
- через 1,0 кВ	5 - 40
Кількість хвильових спектрометрів, шт.	2
Діапазон аналізованих елементів	B_5 - U_{92}
Кут виходу рентгенівського випромінювання	40°
Фазна напруга, В	220 ± 22
Частота мережі живлення, Гц	50 ± 1
Потужність споживання, кВт	3,5
Температура навколишнього середовища, °С	20 ± 5
Вологість, %	50 - 80
Тиск, мм рт. ст.	630 ... 800
Площа установки приладу, $м^2$	30

Опис вузла.

Розглянутий вузол – складовий об'єктив, входить до складу колони, в яку конструктивно входять такі вузли і механізми:

- джерело електронів;
- електронна трубка;
- складовий об'єктив;
- об'єктивна камера;
- детектор вторинних електронів;
- шлюзова установка;
- стіл об'єктивів.

Складовий об'єктив складається з таких вузлів і механізмів:

- об'єктив нижній конусний (ОНК);
- об'єктив верхній перезбуджений;
- растрова система відхилення;
- вакуумна трубка з діафрагмою обмеження;
- апертурна діафрагма;
- гвинт юстування.

Призначення складеного об'єктива – формування кінцевого електронного зонда на поверхні масивного об'єктива в межах робочої відстані за допомогою ОНК.

Короткий опис деталі.

«Корпус ЦФ8.170.457» є складовою частиною котушки електромагнітної лінзи растрового електронного мікроскопа РЕММ-102. Особливістю даної конструкції є те, що котушка являє собою герметично закритий об’єм, в якому обмотка охолоджується парами медичного ефіру. Це дозволяє набагато збільшити щільність струму в котушці, зменшити її габарити а, отже, і габарити лінзи, складовою частиною якої вона є, див. рисунок 1.1.

Деталь «корпус» призначена для монтажу в ній конструктивних елементів об'єктива нижнього циліндричного, необхідних для виконання функцій

складеного об'єктива – формування кінцевого електронного зонда. У корпус монтуються:

- растрова система;
- котушки індукційні;
- полюсний наконечник.

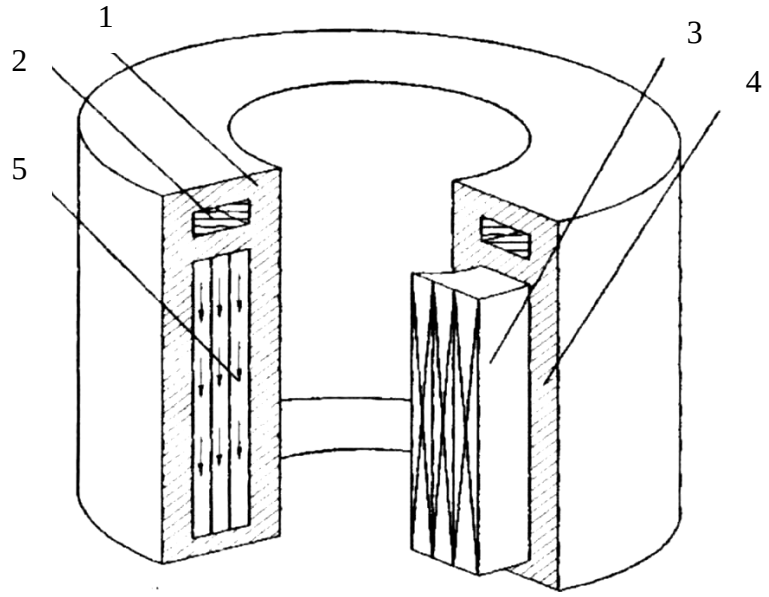

Рисунок 1.1 – Загальний вид обмотки електромагнітної лінзи
(1, 4 – корпус; 2 – вода; 3 – котушка; 5 – капіляри)

Подібна конструкція також дозволяє стабілізувати температурний режим за так званим принципом «парової камери».

Корпус являє собою тіло обертання з зовнішньою і внутрішньою циліндричними поверхнями. Габаритні розміри деталі корпуса ∅103×35. Маса деталі – 0,456 кг. Матеріал – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Основними конструкторськими базами деталі є зовнішня циліндрична поверхня діаметром $103h11(_{-0,22})$ мм (подвійна опорна база), що позбавляє деталь поступальних переміщень уздовж осей Х і У, і нижній торець деталі (установча база), що позбавляє деталь поступального переміщення уздовж осі Z і обертань навколо осей Х і У, див. рисунок 1.2. За допомогою даних поверхонь визначається

положення деталі щодо установки в цілому. Таким чином деталь позбавляється усіх 5-ти ступенів свободи. 6-та ступінь свободи – обертання навколо осі Z є вакансією.

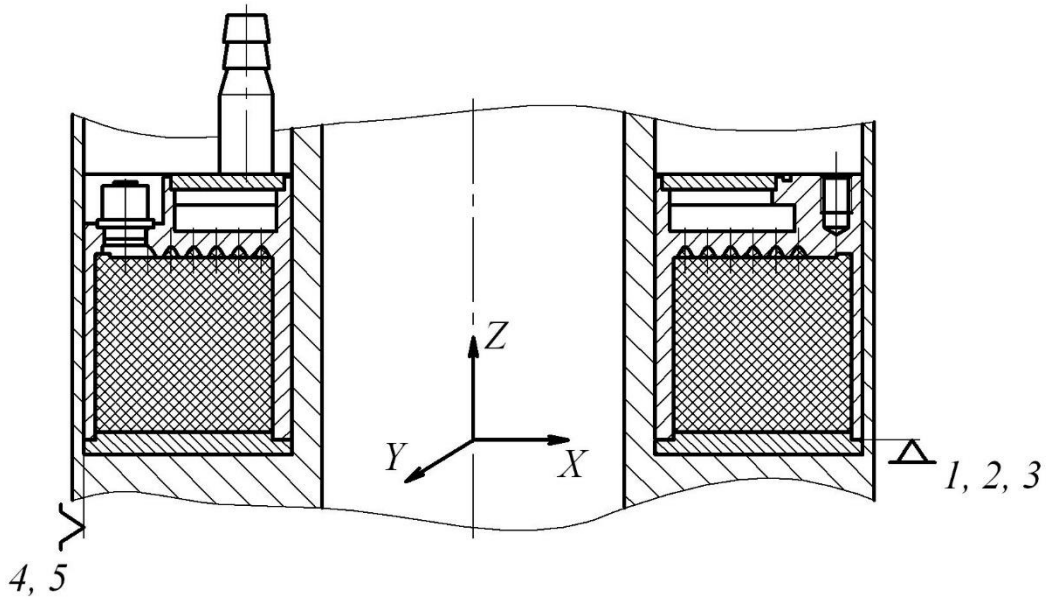

Рисунок 1.2 – Схема розміщення деталі у вузлі

Отвори D7,5/D5,5, D5H11, M6-7H, розточування d50f9, D80H9, їх торці є допоміжними конструкторськими базами, так як визначають положення деталей вузла, що приєднуються до «корпусу».

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Креслення деталі «корпус» дає повне уявлення про конфігурацію, конструкцію, розміри, точність, шорсткості поверхонь, матеріал деталі та його властивості і відповідає вимогам стандартів на оформлення конструкторської документації.

Наявних на кресленні видів, розрізів, виносних елементів цілком достатньо для розуміння загального вигляду виробу.

Деталь «корпус ЦФ.8.170.574» має циліндричну коробчасту форму. Матеріал деталі – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 55632-72, є дорогим високолегованим сплавом, однак його використання можна пояснити функціональним призначенням деталі. Хімічний склад стали 12Х18Н10Т наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 55632-72, у %

Хімічний елемент	Вміст	Хімічний елемент	Вміст
Кремній (Si), не більше	0,8	Титан (Ti)	0,6–0,8
Марганець (Mn), не більше	2,0	Вуглець (C), не більше	0,12
Мідь (Cu), не більше	0,30	Фосфор (P), не більше	0,035
Нікель (Ni)	9,0–11,0	Хром (Cr)	17,0–19,0
Сірка (S), не більше	0,020		

Сталі-замінники: 08Х18Г8Н2Т, 10Х14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4, 08Х22Н6Т, 08Х17Т, 15Х25Т, 12Х18Н9Т.

Вид поставки: сортовий прокат, в тому числі фасонний: ГОСТ 5949-75, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2879-69. Калібрований пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78. Шліфований пруток й серебрянка ГОСТ 14955-77, ГОСТ 18907-73. Лист товстий ГОСТ 7350-77. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Стрічка ГОСТ 4986-79. Проволока ГОСТ 18143-72. Поковки й ковані заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 25054-81. Труби ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81, ГОСТ 14162-79.

Призначення: деталі, що працюють за температури до 600°С. Зварні апарати й посудини, що працюють в розведених розчинах азотної, оцтової, фосфорної кислот, розчинах лугів і солей та інші деталі, що працюють під тиском за температури від -196 до +600°С, а за наявності агресивних середовищ до +350°С. Сталь корозійностійка аустенітного класу.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 55632-72

Термооброблення, стан поставки	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_в$, МПа	δ_5, %	ψ, %
1	2	3	4	5	6
Прутки. Загартування 1020-1100 °С, повітря, масло або вода.	60	196	510	40	55
Прутки шліфовані, оброблені на задану міцність.			590-830	20	
Прутки нагартовані	<5		930		
Листи гарячекатані або холоднокатані. Загартування 1000-1080 °С, вода або повітря.	>4	236	530	38	
Листи гарячекатані або холоднокатані. Загартування 1050-1080 °С, вода або повітря.	<3,9	205	530	40	
Листи гарячекатані або холоднокатані нагартовані	<3,9		880-1080	10	
Поковки. Загартування 1050-1100°С, вода або повітря.	<1000	196	510	35	40

Таблиця 2.3 – Технологічні властивості

Температура кування	початку 1200, кінця 850. Переріз до 350 мм охолоджуються на повітрі.
Зварюваність	зварюється без обмежень. Способи зварювання: РДС (електроди ЦТ-26), ЭШС й КТС. Рекомендується подальше термооброблення.
Оброблюваність різанням	в загартованому вигляді при НВ 169 й $\sigma_в$ = 510 МПа $K_{u\ тв.спл.}$ = 0,85, $K_{u\ б.ст.}$ = 0,35.
Флокеночутливість	не чутлива

Вимоги з точності розмірів. До ряду поверхонь, що реалізують функції основних і допоміжних конструкторських баз пред'являють підвищені вимоги з точності розмірів, допусків форми і взаємного розташування поверхонь і шорсткості поверхонь.

- d103H11($_{-0,22}$) – Rz = 40 мкм (база Л);

- 35h10($_{-0,1}$) – Rz = 40 мкм, відхилення від перпендикулярності відносно бази Л – не більше 0,05 мм;

- 24H10(+0,084) – Rz = 40 мкм, відхилення від перпендикулярності відносно бази Л – не більше 0,05 мм;

- d50f9(-0,025; -0,087) – Ra = 2,5 мкм, радіальне биття відносно поверхні D80H9 – не більше 0,03 мм;

- D80H9(+0,074) – Ra = 2,5 мкм, радіальне биття відносно поверхні d50f9 – не більше 0,03 мм.

Зазначені вимоги є цілком зрозумілими та пояснюються функціональним призначенням відповідних поверхонь деталі, необхідністю збирання окремих деталей вузла.

Крім того, слід звернути увагу на технічну вимогу №5 – «перевірити відносну магнітну проникність на магнітоскопі Ф1-067. Допустима межа – не більше 1,03». Ця вимога пояснюється призначенням і характером робіт, що виконуються на даному мікроскопі-мікроаналізаторі. При невиконанні вказаної вимоги, електромагнітний потік, що проходить крізь тіло «корпусу», може погіршити спроможність і точність всього пристрою, що неприпустимо.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

На попередньому етапі проектування тип виробництва було визначено укрупнено з використанням табличного методу [1, 2] виходячи з річного обсягу випуску (згідно з завданням маємо 400 шт.) і маси деталі (згідно з робочим кресленням деталі маємо 0,456 кг). Таким чином, відповідно до [2, табл. 3, с. 52] маємо дрібносерійний тип виробництва і відповідну йому групову форму організації робіт.

Для уточнення типу виробництва, в умовах якого буде здійснюватися виробництво деталі «корпус» на основі інформації про базовий технологічний процес виготовлення деталі, визначимо коефіцієнт закріплення операцій $К_{з.о}$. Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $К_{з.о}$, який показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць. Згідно з методикою [1] визначимо кількість потрібного устаткування за формулою:

$$m_р = (N_{річ} \cdot T_{шт})/(60 \cdot F_д \cdot \eta_{з.н}),$$

де $N_{річ}$ = 400 шт. – річний об’єм випуску деталей відповідно до завдання на проєктування;

$T_{шт}$ – штучний час на операцію, хв.;

$F_д$ = 4029 год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_{з.н}$ = 0,75 – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування (для умов дрібносерійного виробництва).

Наведемо проміжні результати розрахунків у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№ операції	Найменування операції	$T_{шт}$, хв.	$m_р$	Р	$\eta_{з.ф}$	О
1	Токарно-гвинторізна	14,20	0,0313	1	0,0313	23,94
2	Токарно-гвинторізна	16,40	0,0362	1	0,0362	20,73
3	Радіально-свердлильна	21,20	0,0468	1	0,0468	16,04
4	Вертикально-фрезерна	8,40	0,0185	1	0,0185	40,47
5	Вертикально-свердлильна	8,20	0,0181	1	0,0181	41,46
6	Горизонтально-розточувальна	14,20	0,0313	1	0,0313	23,94
			Сума:	**6**		**166,57**

Визначимо кількість потрібного устаткування за операціями. Наприклад для першої механічної операції (токарно-гвинторізної) маємо

$$m_р = (400 \cdot 14{,}2)/(60 \cdot 4029 \cdot 0{,}75) \approx 0{,}0313.$$

Округлюємо отримане значення $m_р$ до «цілих» у більшу сторону – $P_1 = 1$ верстат.

Аналогічно робимо для інших операцій.

2. Для кожної операції обчислюємо значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою

$$\eta_{з.ф} = m_р / P.$$

Для першої операції маємо

$$\eta_{з.ф1} = 0{,}0313 / 1 = 0{,}0313.$$

3. Кількість операцій, виконуваних на робочому місці, визначимо за формулою

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф}.$$

Для першої операції маємо

$$O_1 = 0,75 / 0,0313 \approx 23,94.$$

4. Величину коефіцієнту закріплення операцій визначимо за формулою

$$К_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 166,57 / 6 \approx 27,76.$$

Відповідно до [1] для $20 < К_{з.о} = 27,76 < 40$ маємо дрібносерійний тип виробництва, що підтверджує попередні дані.

Як відомо, серійне виробництво займає положення проміжне між одиничним і масовим виробництвом [2, 3].

В умовах серійного виробництва вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно [2, 3]. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком як при обробленні заготовок, так і при складанні виробів.

Поняття «партія» відноситься до кількості деталей, а поняття серія – до кількості машин, що запускаються у виробництво одночасно. Кількість деталей в партії і кількість машин в серії можуть бути різними.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [1]:

$$n = (N \cdot a) / 254,$$

де $a = (6, 12, 24 ...)$ – періодичність запуску, в днях [1];

Беремо періодичність запуску – 24 дні (один раз на місяць). Тож для 254 робочих днях на рік маємо

$$n = (400 \cdot 24) / 254 = 37{,}79.$$

Беремо величину партії запуску деталей – 38 шт.

У серійному виробництві технологічний процес є переважно диференційованим, тобто розчленованим на окремі операції, які закріплені за певними верстатами. Застосовуються верстати різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані. Верстатний парк повинен бути спеціалізований в такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва іншої, що дещо відрізняється від першої конструктивно.

При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, спеціалізований і спеціальний різальний інструмент і, нарешті, вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, які забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Все це обладнання і оснащення в серійному виробництві можна застосовувати досить широко, так як при повторюваності процесів виготовлення одних і тих же деталей зазначені засоби виробництва дають техніко-економічний ефект, який з великою вигодою окупає витрати на них.

Середня кваліфікація основних виробничих робітників є вищою, ніж в масовому виробництві, але нижчою, ніж в одиничному, і становить 3, 4 і 5 розряди. Для допоміжних робітників – це розряди 3–5.

Серійне виробництво є значно економнішим, ніж одиничне, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Під час конструювання окремих деталей необхідно досягти забезпечення не тільки експлуатаційних вимог, але й вимог найбільш раціонального і економного виготовлення виробів. Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, тим більше він є технологічним. Таким чином, основним критерієм оцінювання технологічності конструкції деталі є трудомісткість і собівартість її виготовлення.

«Корпус ЦФ 8.170.457» являє собою тіло обертання типу диск з зовнішнім діаметром 103 мм, висотою 35 мм і центральним отвором діаметром 48 мм. Конфігурація деталі, наявність глибоких розточувань діаметром (53–100) мм на глибину 24 мм роблять конструкцію не досить жорсткою, хоча використовуваний матеріал – сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72 є досить жорстким сам по собі, що дозволяє хоча б частково компенсувати зазначений недолік.

Матеріал, що використовується, високолегована корозійностійка сталь 12Х18Н10Т, відноситься до дорогих матеріалів, що робить деталь нетехнологічною. З іншого боку використання інших матеріалів знизить експлуатаційні характеристики деталі і не дозволить виконати її функціональне призначення в повній мірі.

Маса деталі – 0,456 кг дозволяє виконувати установку і зняття деталі з верстата вручну, без застосування додаткових вантажно-розвантажувальних пристроїв, що є технологічною ознакою.

Невеликі габарити деталі дозволяють використовувати під час оброблення її заготовки невеликі верстати, передбачати невеликий простір для зберігання деталей (заготовок) тощо.

«Корпус ЦФ 8.170.457» має ряд нетехнологічних конструктивних елементів (поверхонь). До таких можна віднести раніше зазначене глибоке розточення (кишеню), оброблення якого буде утрудненим.

Зі зворотного боку заготовки також розташований торцевий паз, обробка якого утруднена через його напівзакриту форму і складний профіль.

До нетехнологічних елементів також варто віднести паз глибиною 6,5 мм, оброблення якого також пов'язано з певними труднощами: необхідно використання контурного фрезерування за керуючою програмою або оброблення за розмічуванням. Обидва варіанти значно підвищують собівартість виготовлення деталі.

Нетехнологічним є фігурний паз глибиною 1,6 мм, обробка якого утруднена ще й тому, що він знаходиться в глибині кишені.

Нетехнологічними слід вважати комбінований отвір М6×0,5-7Н / ∅5Н11 / ∅1,6 і паз, розташований на зовнішній циліндричній поверхні заготовки. Обробка даних поверхонь вимагає вивірки під час установки заготовки на верстаті або використання спеціального верстатного пристрою.

За параметрами розмірної точності, шорсткості поверхонь, допусків форми і розташування поверхонь деталь можна вважати технологічною: поверхонь з підвищеними вимогами до якості не так і багато. Це циліндричні поверхні торцевого паза ∅50*f*9 (Ra = 2,5 мкм), ∅80Н9 (Ra = 2,5 мкм). До цих поверхонь ставиться вимога щодо допуску радіального биття в розмірі 30 мкм відносно один одного.

До торцевої поверхні паза Н = 6,5 мм пред'являється допуск з відхилення від перпендикулярності 50 мкм щодо зовнішньої циліндричної поверхні деталі (база «Л», див. креслення деталі у додатку А).

Решта поверхонь (крім різьбових отворів) виконані згідно з IT11–14 квалітетом точності і мають шорсткість (6,3–12,5) мкм за критерієм Ra.

Робоче креслення деталі дає повне уявлення про її конфігурацію, розміри усі її поверхні і точність їх виготовлення, шорсткість, точність взаємного розташування поверхонь. На кресленні деталі всі розміри проставлені відповідно до діючих стандартів і є легким для читання. Глибини отворів проставлені від

однієї бази, що є технологічною ознакою. Торці деталі є настроювальними базами. Розміри на кресленні проставлені таким чином, що похибка одного розміру не впливає на величину інших розмірів.

Конструкція деталі в цілому є раціональною (за винятком ряду зазначених нетехнологічних елементів) і не передбачається використання штучних технологічних баз. Нетехнологічні елементи деталі в цілому є допустимими, так як їх зміна ще більш ускладнить процес виготовлення виробу. В результаті, оцінка технологічності конструкції деталі за якісними ознаками – «задовільно».

5 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

З усього різноманіття способів отримання заготовки «оброблення тиском» найбільш підходящими для умов дрібносерійного виробництва є поковка вільним куванням на молотах і кування штампуванням на КГШП [4]. Кожен з названих способів отримання заготовки має свої переваги та недоліки. Так, до основних переваг вільного кування можна віднести дешевизну устаткування та оснастки, що використовуються під час кування. В той же час поковки, отримані вільним куванням характеризуються завищеними припусками та напусками, що призводить до збільшення частки оброблення заготовки різанням (часто з використанням вартісного металорізального устаткування, оснастки, з залученням робочих високої кваліфікації тощо). І навпаки, основним недоліком штампування поковок на КГШП є висока вартість пресового обладнання та оснастки (матриці та пуансона). Поковка за своєю конфігурацією максимально наближена до форми готової деталі, припуски і напуски є мінімально можливими, поверхні поковки характеризуються високою точністю та якістю.

Висновок про раціональність використання того чи іншого методу отримання заготовки зробимо після техніко-економічного обґрунтування.

За методикою [1] собівартість заготовки-поковки можна розрахувати за формулою

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_т \cdot k_с \cdot k_в \cdot k_м \cdot k_п \right) - (Q - q)\left(\frac{S_{вдх}}{1000} \right),$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$k_т$ – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;

$k_с$ – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;

$k_в$ – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;

$k_м$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;

$К_п$ – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

Q – масса поковки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{отх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

Для поковки, отримуваної куванням на молотах имеем: Q = 2,44 кг, q = 0,456 кг, С = 6800 грн., $k_т$ = 1,0, $k_с$ = 1,0, $k_в$ = 0,73, $k_м$ = 1,0, $k_п$ = 0,8, $S_{вдх}$ = 1600 грн.

Для поковки, отримуваної штампуванням: Q = 2,02 кг, q = 0,456 кг, С = 7400 грн., $k_т$ = 1,0, $k_с$ = 1,0, $k_в$ = 0,73, $k_м$ = 1,0, $k_п$ = 0,8, $S_{вдх}$ = 1600 грн.

$$S_{заг1} = (86800/1000)\cdot 2,44\cdot 1\cdot 1\cdot 0,73\cdot 1\cdot 0,8–(2,44–0,456)\cdot 5600/1000 = 112,58 \text{ грн},$$

$$S_{заг2} = (100400/1000)\cdot 2,02\cdot 1\cdot 1\cdot 0,73\cdot 1\cdot 0,8–(2,02–0,456)\cdot 5600/1000 = 109,68 \text{ грн}.$$

Отже, в якості раціонального способу отримання заготовки беремо штампування на КГШП.

Припуски й допуски на поковку штамповану визначаємо згідно з ГОСТ 7505-89 [5].

Відповідно до [5] визначимо розрахункову масу поковки

$$М_{пр} = m \cdot К_р,$$

де m = 0,456 кг – маса деталі,

$К_р$ = (1,5–1,8) – розрахунковий коефіцієнт [5].

Таким чином, розрахункова маса поковки складає

$$М_{пр} = 0,456\cdot 1,6 = 0,73 \text{ кг}.$$

Відповідно до методики [5] визначимо:

- клас точності поковки – Т4,

- група сталі – М3,

- ступінь складності – С3,

- вихідний індекс – 16.

Згідно з [5, табл. 3, с. 12] визначимо основні припуски на механічне оброблення (на сторону):

- діаметр 103 – 2,7 мм;

- діаметр 100 – 2,5 мм;

- діаметр 53 – 2,5 мм;

- діаметр 48 – 2,5 мм;

- довжина 35 – 2,3 мм;

- глибина 24 – 2,3 мм.

Додаткові припуски, що враховують:

- зміщення за поверхнею роз'єму штампа [5, табл. 4, с. 14] – 0,1 мм;

- відхилення від площинності [5, табл. 5, с. 14] – 0,4 мм.

Розміри поковки та їх допустимі відхилення:

- діаметр $103+(2,7+0,1)\cdot 2 = 108,6$ мм, беремо 109 мм;

- діаметр $100–(2,5+0,1)\cdot 2 = 94,8$ мм, беремо 94,5 мм;

- діаметр $53+(2,5+0,1)\cdot 2 = 58,2$ мм, беремо 58,5 мм;

- діаметр $48–(2,5+0,1)\cdot 2 = 42,8$ мм, беремо 42,5 мм;

- довжина $35+(2,3+0,4)\cdot 2 = 40,4$ мм, беремо 40,5 мм;

- глибина $24+2,75–(2,3+0,4) = 24,05$ мм, беремо 24 мм.

Мінімальна величина радіуса закруглення зовнішніх кутів поковок залежно від глибини порожнини струмка штампа – 2 мм [5, табл. 7, с. 15], беремо – 3 мм.

Допустимі відхилення розмірів:

- діаметр 109(+2,7; -1,3);

- діаметр 94,5(+1,2; -2,4);

- діаметр 58,5(+2,4; -1,2);

- діаметр 42,5(+1,2; -2,4);

- довжина 40,5(+2,4; -1,2);

- глибина 24(+1,1; -2,1).

Допустимі відхилення:

- допустима величина зміщення за поверхнею роз'єму штампа – 0,3 мм;
- допустима величина залишкового облою – 0,5 мм ;
- допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого отвору відносно зовнішнього контуру поковки – 1,0 мм;
- допустиме відхилення від площинності для плоских поверхонь – 0,8 мм.

Штампувальні ухили не повинні перевищувати величин: на зовнішній поверхні – 5°, на внутрішній поверхні – 7°.

Ескіз поковки, отримуваної штампуванням на КГШП наведемо на рисунку 5.1.

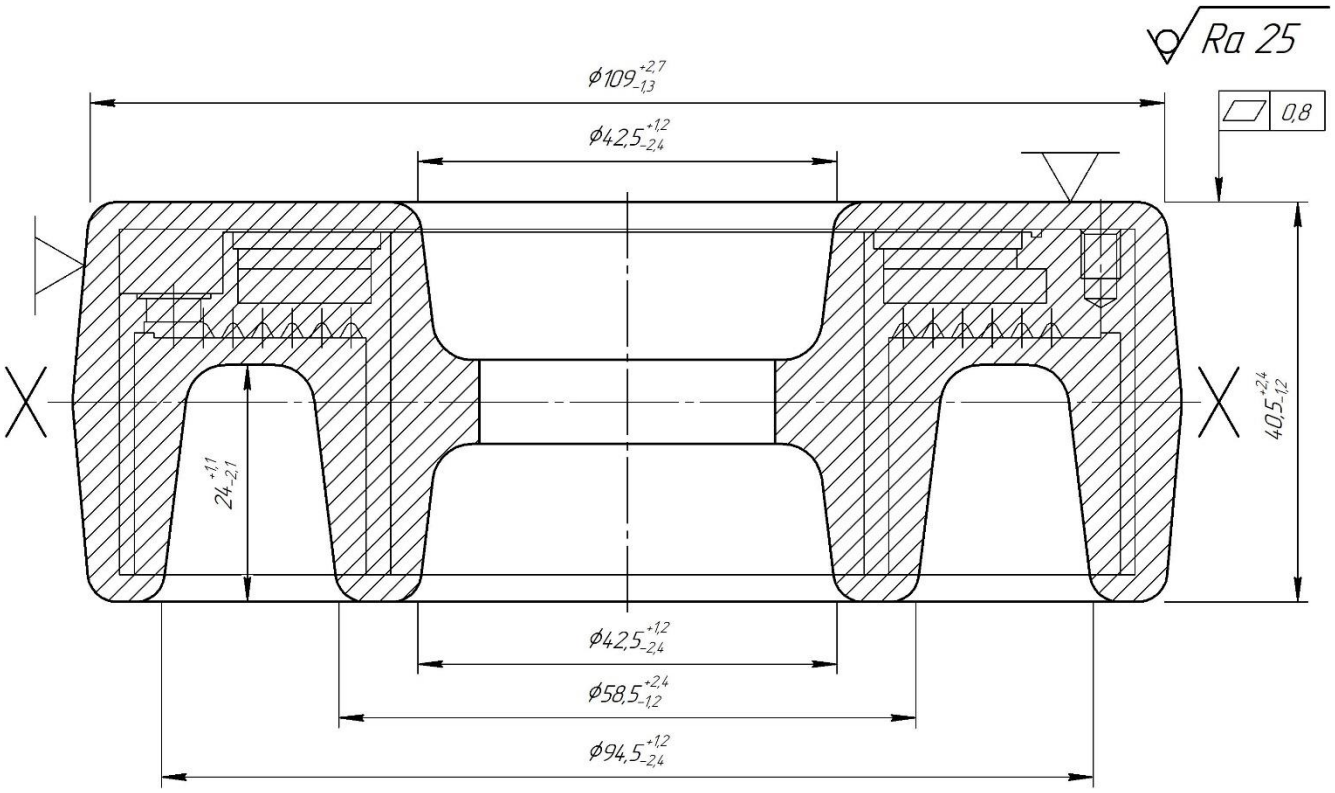

Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

6.1 Визначення операційних припусків і розмірів на оброблення поверхні обертання аналітичним методом

Відповідно до поставленого завдання необхідно аналітично (згідно з методикою проф. В. М. Кована) визначити операційні припуски й розміри на оброблення циліндричного отвору ∅80H9($^{+0,074}$).

Технологічний маршрут оброблення отвору:

- поковка штампуванням на КГШП (наявний напуск, R_z = 320 мкм, T = 350 мкм);

- чорнове розточування (H12, R_z = 200 мкм, T = 200 мкм);

- чистове розточування (H9, R_z = 40 мкм,T = 40 мкм);

Як відомо, згідно з методикою проф. В. М. Кована, величина мінімального припуску на *i* операцію або етап, перехід оброблення можна изначити за формулою

$$2Z\min_i = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2}\right),$$

де $Zmin_i$ – мінімальний припуск на *i*-й перехід;

Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, отримувана на попередньому (*i*-1) переході (етапі) оброблення;

T_{i-1} – величина дефектного шару, отримувана на попередньому (*i*-1) переході (етапі) оброблення;

E_i – похибка установки, отримувана на поточному (*i*) переході (етапі) оброблення;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, отримувана на попередньому (i-1) переході (етапі) оброблення.

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{ексц}^2}$$

де $\rho_{зм}$ = 300 мкм – відхилення, що виникає в результаті зміщення форм;

$\rho_{ексц}$ = 1000 мкм – відхилення, що виникає в результаті неправильно прошитого отвору. В результаті маємо

$$\rho_{заг} = \sqrt{300^2 + 1000^2} = 1044 \text{ мкм.}$$

Величина просторових відхилень для механічних операцій визначається з урахуванням коефіцієнтів уточнення

$$\rho_{чорн} = \rho_{заг} \cdot 0{,}06 = 1044 \cdot 0{,}06 = 63 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{чист} = \rho_{заг} \cdot 0{,}04 = 1044 \cdot 0{,}04 = 42 \text{ мкм.}$$

Під час оброблення розточуванням заготовка встановлюється в трикулачковому токарному патроні, тоді похибка установки дорівнює нулю.

Подальший розрахунок припусків й операційних розмірів ведемо на ЕОМ з використанням програми «Припуск». Результати розрахунку наведені в додатку Б. За результатами розрахунку величин операційних припусків й операційних побудуємо схему розміщення полів припусків і допусків під час оброблення циліндричного отвору ∅85H9, див. рисунок 6.1.

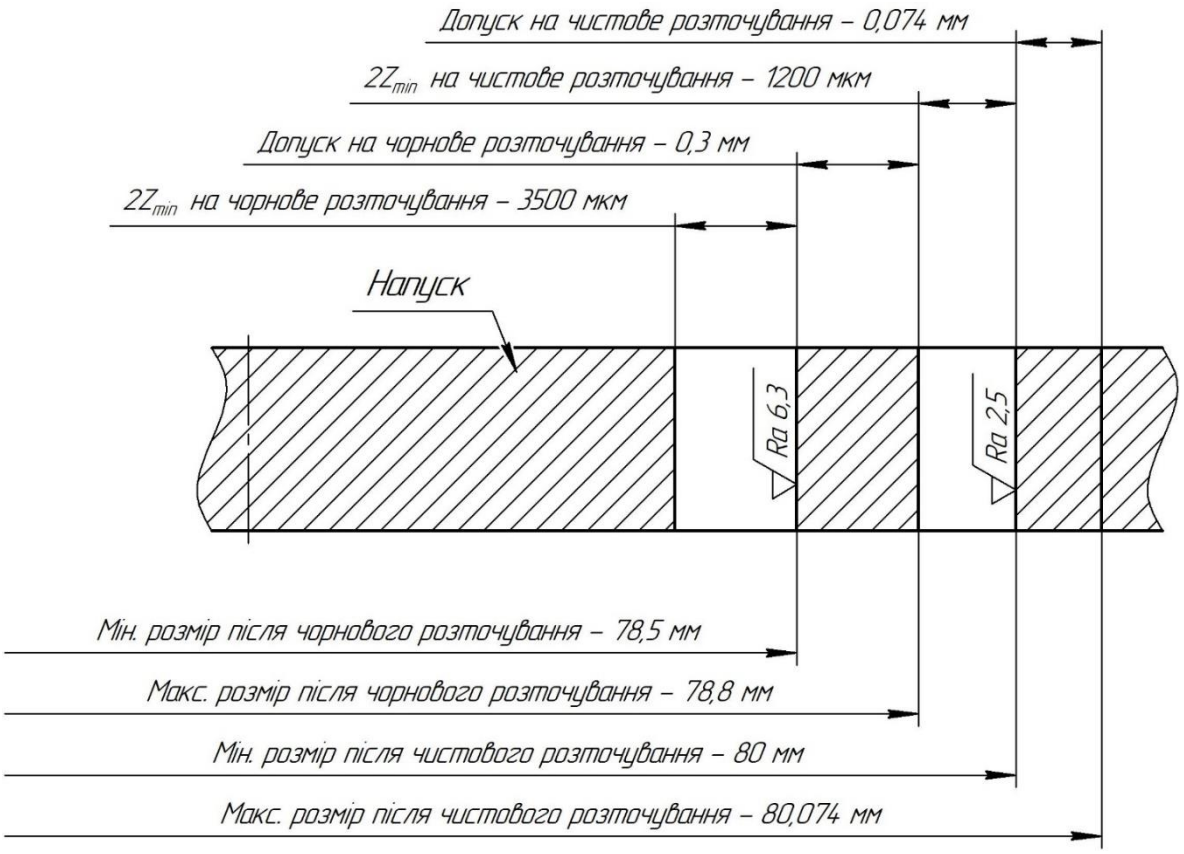

Рисунок 6.1 – Схема розміщення полів припусків і допусків під час оброблення циліндричного отвору ∅85H9

6.2 Аналіз схем базування й закріплення заготовки

Операція 025 токарна з ЧПК. На даній операції виконується попередня обробка зовнішніх і внутрішніх циліндричних і торцевих поверхонь заготовки різанням. Операція реалізується за 2 установи (А і Б).

Заготовка має досить розвинені плоскі і циліндричні поверхні, які можна використовувати як технологічні бази. Для установа А найбільш прийнятним на наш погляд слід вважати схему базування за торцем і зовнішньою циліндричною поверхнею, див. рисунок 6.2.

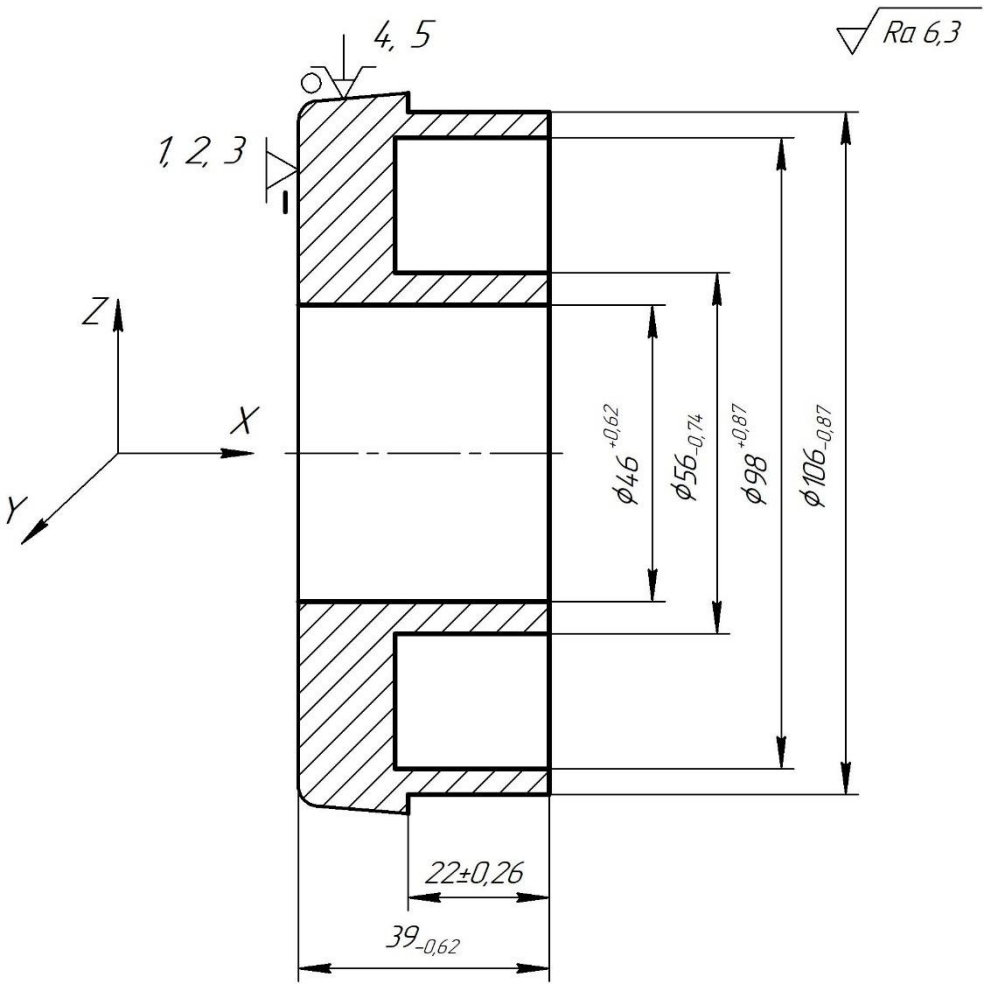

Рисунок 6.2 – Схема базування й закріплення заготовки на операції 025, установ А

Застосовувана схема базування позбавляє заготовку 5-ти ступенів свободи: за торцем реалізується установча база, яка позбавляє заготовку 3-х ступенів свободи (2-х обертань (навколо осі Z і Y) й поступального переміщення (уздовж центральної осі (осі X)); за зовнішньою циліндричною поверхнею реалізується подвійна опорна база, яка позбавляє заготовку 2-х ступенів свободи (2-х поступальних переміщень (уздовж осі Z і Y)). Вакантним залишається обертання навколо центральної осі заготовки (осі X).

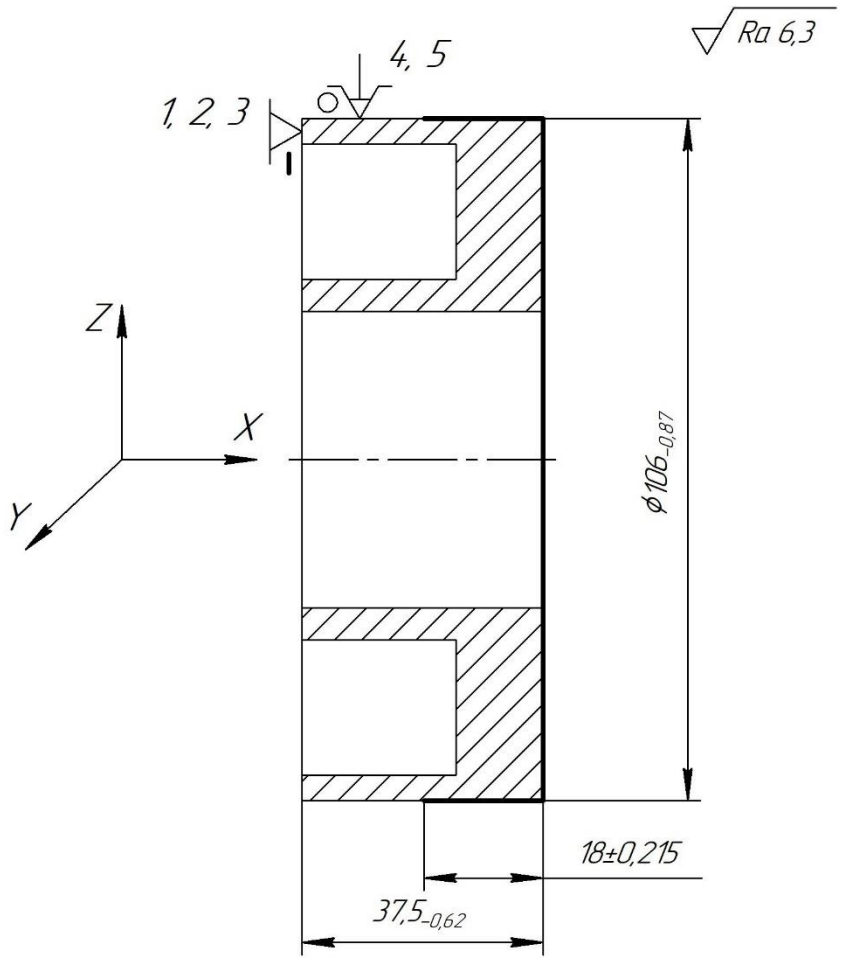

Рисунок 6.3 – Схема базування й закріплення заготовки на операції 025, установ Б

З точки зору забезпечення розмірної точності прийняті схеми базування є цілком виправданими. Похибка базування для лінійних і радіальних операційних розмірів дорівнює нулю. Переважаючою похибкою при використанні верстата з ЧПК слід вважати точність позиціонування робочих органів верстата, яка зазвичай не перевищує 0,01–0,02 мм.

Операція 040 комплексна на обробних центрах з ЧПК. На операції виконується оброблення 3-х отворів $D3,3^{+0,12}$ мм на глибину $7^{+1,0}$ мм під подальше нарізання різі М4-7Н, фрезерування пониження на глибину 6,5±0,2 мм в розмір $10^{+0,4}$ мм, 5±0,2 мм, свердління й зенкування 2-х ступінчастих отворів D7,5/D5,5 в розмір R46±0,1 мм, 10°±15′, фрезерування 2-х пазів 4±0,2 мм в розмір $7,5^{+0,2}$ мм, R42,5±0,3 мм, 16°±1°, 45°±1°, 10°±1°, 21°±30′, R6,5 й фрезерування риски У заводському технологічному процесі обробка зазначених отворів, пазів і виїмок проводилася за розмічуванням, в декілька операцій й установів. Використання верстата з ЧПК типу обробний центр на даній операції має підвищити продуктивність обробки поверхонь заготовки за рахунок скорочення часу допоміжних переходів (час на переустанови заготовки, зміну інструменту тощо), що дозволить скоротити площу займану обладнанням, тому що замість 3-х верстатів (2-х фрезерних і 1-го свердлильного) можна поставити один обробний центр, скоротити кількість робочого персоналу до одного оператора та усунути малопродуктивну ручну працю, яка використовується під час розмічування.

Найбільш розвиненими і точними поверхнями заготовки, які можуть претендувати на роль технологічних баз, є поверхня нижнього торця (див. рисунок 6.4) і зовнішня циліндрична поверхня d103h11 або отвір D48±0,2 мм. Таким чином, мають місце 2-е можливі схеми базування. І в першому, і в другому випадку заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи (поступальних переміщень уздовж осей X, Y, Z і обертань навколо осей X і Y). Вакантною залишається одна ступінь свободи – обертання навколо осі Z. Однак, зовнішня циліндрична поверхня є більш точною і, крім того, вона є основною конструкторською базою, тому, якщо прийняти її як технологічну базу, буде виконуватися принцип суміщення баз, дотримання якого так чи інакше веде до підвищення якості обробки деталі.

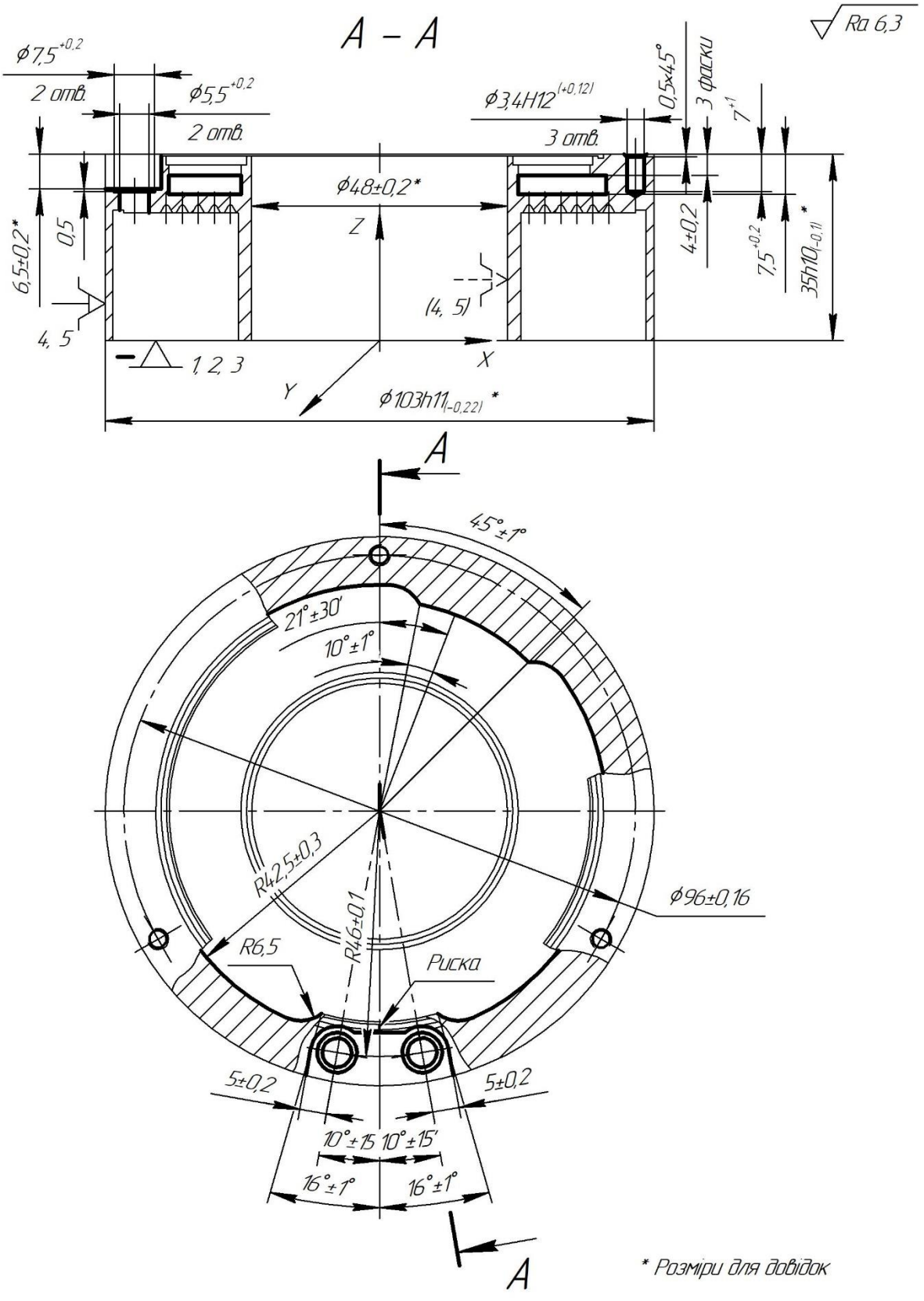

Рисунок 6.4 – Схема базування й закріплення заготовки

Похибка базування заготовки при використанні в пристосуванні установчих елементів, наприклад призматичної форми, робить похибку базування в радіальному напрямку такою, що дорівнює нулю, тому що вісь налаштування верстатного пристрою і центральна вісь заготовки завжди будуть збігатися.

Похибка базування на всі лінійні розміри, задані від верхнього торця заготовки буде дорівнювати допуску на її висоту $T_{35h10} = 0,1$ мм, що є прийнятним так, як допуски всіх зазначених розмірів перевищують значення 0,1 мм і заготовка може бути оброблена з необхідною точністю.

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

Операція 020 токарна з ЧПК. У базовому технологічному процесі для попередньої токарної обробки заготовки використовується токарний багаторізцевий копіювальний верстат 1Н713, використання якого в умовах дрібносерійного виробництва, на наш погляд, є нераціональним. Раціональним слід вважати використання універсального верстата з більш гнучкою системою управління, системою ЧПК, наприклад токарний верстат з ЧПК моделі DMTG CKE6130I (див. рисунок 6.5 та таблицю 6.1.).

Рисунок 6.5 – Загальний вид верстата DMTG CKE6130I

Таблиця 6.1 – Характеристика верстата DMTG CKE6130I

Найменування параметра	Од. вим.	Величина
Макс. довжина оброблюваної заготовки	мм	600
Макс. діаметр оброблюваної заготовки над станиною	мм	300
Макс. діаметр оброблюваної заготовки над супортом	мм	145
Торець шпинделя		A2-5
Конус отвору шпинделя		Морзе №5
Діаметр отвору шпинделя	мм	40
Швидкість обертання шпинделя	об/хв.	40–4000
Регулювання швидкості шпинделя		безст.
Потужність електродвигуна шпинделя	кВт	4
Точність позиціонування супорта	мм	0,008
Розміри верстата	мм	1790×1520×1450

Запропонований верстат DMTG CKE6130I відповідає вимогам щодо розмірів робочого простору, потужності приводу, наявності системи з ЧПК тощо.

Токарні верстати по металу CKE 6130, виготовляються за сучасними технологіями. При виробництві складових деталей токарних верстатів з ЧПК DMTG серії CKE, застосовуються високоточні вимірювальні прилади Renishaw. При проектуванні токарних верстатів по металу DMTG застосовані найостанніші на сьогоднішній день інженерно-технічні досягнення у сфері науки і верстатобудування. Для виготовлення таких деталей як станина верстата, супорт, задня і передня бабки, використовують високоміцний чавун з високою щільністю. Напрямні станини токарного верстата з ЧПУ відшліфовані і загартовані. Їх твердість відповідає рівню 50 HRC. На всі напрямні нанесено спеціальне зносостійке покриття Turcite-B, яке дозволяє протягом тривалого терміну експлуатації не втрачати точність і плавність переміщення рухомих вузлів верстата. Централізована система змащування, встановлюється на всі токарні верстати по металу DMTG в базовій комплектації. Вона забезпечує автоматичну подачу мастила до кульково-гвинтових пар і спряжених поверхонь.

Операція 040 комплексна на обробних центрах з ЧПК.

В умовах дрібносерійного виробництва при використанні схеми базування заготовки, наведеної на рисунку 6.6, з урахуванням габаритів заготовки, застосовуваних методів оброблення поверхонь, необхідної кількості ріжучого інструменту прийнятним можна вважати вибір вертикального обробного центру з ЧПК моделі VF-1BHE (HAAS), див. рисунок 6.6.

Рисунок 6.6 – Загальний вид верстата VF-1BHE

Вертикальний обробний центр VF-1BHE має такі характеристики: робочий стіл 660×356 мм, переміщення 508×406×508 мм (xyz), редуктор шпиндельної головки, 14,9 кВт, частота обертання шпинделя (максимальна) 8100 об/хв, конус шпинделя SK40, кількість позицій інструментальної головки 20, асинхронний привод четвертої осі, шнекова система для видалення стружки, експортне пакування, флоппі-дисковод, внутрішній трансформатор, метричний стіл, програмоване сопло для подачі ЗОР, Visual Quick Code, пряме нарізування різьблення мітчиками, макрокоманди, поворот й масштабування системи координат.

6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристрою, ріжучого й вимірювального інструмента

Операція 025 токарна з ЧПК. Як верстатний пристрій для установки заготовки використовуємо токарний 3-х кулачковий самоцентруючий патрон з механізованим приводом закріплення заготовки.

Для обробки зовнішніх поверхонь (циліндричних і торцевих) використовуємо токарний прохідний, підрізній різець PCLNR2525M12 ВК8 ТУ 2-035-892-82.

Для попереднього розточування кишені використовуємо спеціальний різець з напайною пластиною ВК8.

Для розточування центрального отвору використовуємо розточувальний різець К.01.4982.000-10 ВК8 ТУ 2-035-1040-86.

Як вимірювальний інструмент використовуємо стандартний шкальний штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-89. Для візуального контролю якості оброблених поверхонь на робочому місці скористаємося зразками шорсткості згідно з ГОСТ 9378-93.

Операція 040 комплексна на обробних центрах з ЧПК.

Під час установки заготовки за схемою базування, наведеною на рисунку 6.4 візьмемо спеціальний верстатний пристрій з пневмоприводом і установчими елементами призматичної форми, що дозволить швидко і точно здійснити базування й закріплення заготовки, зцентрувати її щодо системи координат верстата.

Ріжучий і допоміжний інструмент, який використовується на даній операції наведемо в таблиці 6.2. Перевагу віддаємо мірному осьовому інструменту оснащеному швидкорізальним (для свердла і зенківки) і твердосплавним (для фрез) матеріалом ріжучої частини.

Таблиця 6.2 – Вибір різального та допоміжного інструменту

Номер й зміст переходу	Ріжучий інструмент, матеріал ріжучої частини	Допоміжний інструмент
1	2	3
1. Свердлити 3 отв. ∅3,4+0,12 на глибину 7^{+1} в розмір ∅96±0,16 за програмою	Свердло 035-2300-1207 ОСТ2-И20-1-80, Р6М5 (TiN)	Патрон 191113025 ТУ 2-035-795-80, патрон 191132040 ТУ 2-035-986-80
2. Зенкувати 3 фаски 0,5×45° в розмір ∅96±0,16 за програмою	Зенківка 2353-0121 ГОСТ 14953-80, Р6М5 (TiN)	Втулка 191836221 ТУ 2-035-768-80, державка 191112031 ТУ 2-035-763-80
3. Фрезерувати 2 паза b3,5 в розмір 4±0,2, $7,5^{+0,2}$, R42,5±0,3, 16°±1°, 45°±1°, 10°±1°, 21°±30′, R6,5 за програмою	Фреза Т-подібна d12/b3,5/z4 спеціальна, Р6М5 (TiN)	Патрон 191132040 ТУ 2-035-986-80
4. Фрезерувати пониження на глибину 6,5±0,2 в розмір $10^{+0,4}$, 5±0,2 за програмою	Фреза 2220-0009 ГОСТ 17025-71, Р6М5 (TiN)	Патрон 191132040 ТУ 2-035-986-80
5. Свердлити 2 отв. $\varnothing 5,5^{+0,2}$ напрохід в розмір R46±0,1, 10°±15′, за програмою	Свердло 035-2300-1229 ОСТ 2И20-1-80, Р6М5 (TiN)	Патрон 191132040 ТУ 2-035-986-80
6. Зенкувати 2 отв. $\varnothing 7,5^{+0,2}$ на глибину 0,5 в розмір R46±0,1, 10°±15′, за програмою	Зенківка d7,5 спеціальна, Р6М5 (TiN)	Патрон 191132040 ТУ 2-035-986-80
7. Фрезерувати риску 1 на глибину 0,5 за програмою	Фреза спеціальна, Р6М5 (TiN)	Патрон 191132040 ТУ 2-035-986-80

Вимірювальний інструмент. У зв'язку з тим, що на даній операції формуються поверхні з низькою розмірною точністю як універсальний вимірювальний інструмент для вимірювання глибин пазів, отворів та їх діаметральних розмірів візьмемо штангенциркулі ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89, ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166-89.

Для контролю заокруглень скористаємося радіусними шаблонами R6,5 мм.

Для контролю шорсткості поверхонь скористаємося зразками шорсткості згідно з ГОСТ 9378-93.

6.5 Визначення режимів різання

Операція 025 токарна з ЧПК.

Виконаємо аналітичний розрахунок режимів різання для точіння зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 106h14 (R_a = 6,3 мкм) за методикою [6].

Вхідні дані:

- зміст переходу – точити поверхню в розмір 106h14 на довжині 22±0,26 мм за програмою;

- верстат – токарний верстат з ЧПК моделі DMTG CKE6130I (див. п. 6.3);

- ріжучий інструмент – різець (див. п. 6.4);

- оброблюваний матеріал – сталь 12Х18Н10Т, $\sigma_в$ = 510 МПа.

Глибина різання становить t = ($Д_з$ – $Д_д$) / 2 = (109 – 106)/2 = 1,5 мм, де $Д_з$, $Д_д$ – діаметри заготовки відповідно до і після оброблення, мм.

Таблична величина подачі різця $S_т$ = (0,5 – 1,0) мм/об [6]. Беремо $S_п$ = 0,8 мм/об.

Швидкість різання під для обточування, допустиму умовами різання, визначимо за формулою [6]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V,$$

де C_V = 340 – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями з подачею S > 0,7 мм/об [6];

T = 40 хв. – період стійкості різця;

m = 0,2;

t = 2,5 мм – глибина різання;

x = 0,15;

y = 0,45;

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi_1 v} \cdot K_{rv},$$

$K_{mv}=K_г(750/\sigma_в)^n$ – поправочний коефіцієнт, що враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K_г = 0,8$ – для хромонікелевих сталей;

$n = 1,0$;

$K_{пv}=0,8$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (оброблення по корці поковки);

$K_{иv}=1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу (ВК8).

$$K_{mv} = 0,8 \cdot (750/510)1,0 = 1,03;$$

$$KV = 1,03 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,824.$$

В результаті маємо:

$$V = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,824 = 139,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя в такому разі становитиме:

$$n = (1000 \cdot V)/(\pi \cdot D) = (1000 \cdot 139,3)/(\pi \cdot 106) = 418,3 \text{ об/хв.}$$

Беремо частоту обертання шпинделя в розмірі 400 об/хв.

Фактична швидкість різання в такому разі становитиме

$$V = (\pi \cdot D \cdot n)/1000 = (\pi \cdot 106 \cdot 400)/1000 = 133,2 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання за формулою [6]

$$P_z = 10 \cdot Cp \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot Kp,$$

де – $C_p = 204$ – для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями [6];

x = 1,0;

y = 0,75;

n = 0;

$$Kp = Kмр \cdot K\varphi p \cdot K\gamma p \cdot K\lambda p \cdot Krp,$$

де $Kмр = (\sigma_в/750)^n = (510/750)^{0,75} = 0,75$ – коефіцієнт, що враховує міцність оброблюваного матеріалу;

$K\varphi p = 0,89$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута різця в плані ($\varphi = 95°$);

$K\gamma p = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута різця ($\gamma = 10°$);

$K\lambda p = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головної ріжучої кромки різця ($\lambda = 0°$);

$Krp = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

В результаті маємо

$$Kp = 0,75 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,67.$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,51,0 \cdot 0,80,75 \cdot 133,20 \cdot 0,67 = 1725 \text{ Н}.$$

Визначимо потужність різання:

$$Np = (P_z \cdot V)/(60 \cdot 1020) = (1725 \cdot 133,2)/(60 \cdot 1020) = 3,2 \text{ кВт}.$$

$$Nст = Nдв \cdot \eta = 4 \cdot 0,85 = 3,4 \text{ кВт} > Np = 3,2 \text{ кВт}.$$

Таким чином, визначені режими різання можуть бути реалізовані на вибраному верстаті.

Визначимо основний час для даного переходу за формулою:

$$T_o = L \cdot i/(S_o \cdot n),$$

де $L = (l_в+l+l_{пер})$ – загальна довжина обробки циліндричної ступені заготовки з урахуванням величини врізання інструмента;

$l = 22$ мм – довжина обробки ступені заготовки, мм;

$l_в = 2$ мм – довжина врізання;

$l_{пер} = 0$ мм – довжина перебігу;

В результаті маємо:

$$T_o = 24/(0,8 \cdot 400) = 0,075 \text{ хв}.$$

Режими різання на інші переходи операції визначимо з використанням нормативів [7]. Наведемо режими різання на операцію 025 в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Режими різання на операцію 025

Найменування переходу	D, мм	L, мм	t, мм	i	So, мм/об	n, об/хв.	V, м/хв.	To, хв.
А.1 Підрізати торець заготовки в розмір 39h14	106	15	1,5	1	0,8	400	133,2	0,047
А.2 Точити поверхню в розмір ∅106h14 на довжині 22js14	106	24	1,5	1	0,8	400	133,2	0,075
А.3 Розточити карман дотримуючись розмірів ∅98H14, ∅56h14, 24js14	98	26	5	5	0,1	200	61,6	6,5
А.4 Розточити отвір ∅46H14 напрохід	46	42	2	4	0,4	500	72,3	0,84
Б.1 Підрізати торець заготовки в розмір 37,5h14	106	34	1,5	1	0,8	400	133,2	0,106
Б.2 Точити поверхню в розмір ∅106h14 на довжині 18js14	106	20	1,5	1	0,8	400	133,2	0,063
							Всего:	7,64

Операція 040 комплексна на обробних центрах з ЧПК.

Визначимо розрахунково-аналітичним методом [6] режими різання на 3-й перехід технологічної операції – фрезерування 2-х закритих пазів висотою 3,5 мм. На усі інші переходи режими різання призначимо згідно з нормативами [7].

Вхідні дані:

- вміст переходу – фрезерувати пониження на глибину 6,5±0,2 мм в розмір $10^{+0,4}$, 5±0,2 згідно з програмою;

- верстак – вертикальний фрезерно-свердлильно-розточувальний обробний центр з ЧПК моделі VF-1BHE (HAAS) (див. п. 5.2);

- ріжучий інструмент – фреза 2220-0001 ГОСТ 17025-71, Р6М5 (TiN) (див. п. 5.3);

- обробний матеріал – сталь 12Х18Н10Т, $\sigma_в$ = 510 МПа.

1. Відповідно до схеми оброблення глибина різання t = 3 мм, ширина фрезерування B = 6,5 мм.

2. Відповідно до [6] вибираємо подачу на зуб фрези для діаметра фрези 12 мм й умови чорнового фрезерування – S_z = 0,03 мм.

3. Швидкість різання визначимо згідно з формулою [6]

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot Sz^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V = \frac{22{,}5 \cdot 8^{0{,}35}}{60^{0{,}27} \cdot 3^{0{,}21} \cdot 0{,}03^{0{,}48} \cdot 6{,}5^{0{,}03} \cdot 4^{0{,}1}} \cdot 0{,}35 = 18{,}9 \text{ м/хв.},$$

де Cv = 22,5 [6] – коефіцієнт, що враховує умови оброблення;

q = 0,35;

T = 60 хв. – період стійкості фрези;

m = 0,27;

x = 0,21;

y = 0,48;

u = 0,03;

p = 0,10.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \text{ [6];}$$

Кмv – поправочний коефіцієнт, що враховує міцність оброблюваного матеріалу;

Кпv = 1,0 – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

Киv = 1,0 – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу;

Кмv = 0,35 (див. таблицю 2.3, п. 2);

$$Kv = 0{,}35 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 0{,}85.$$

4. Частота обертання шпинделя верстата становить:

$$n = (1000 \cdot V)/(\pi \cdot D) = (1000 \cdot 18{,}986)/(\pi \cdot 8) = 755{,}4 \text{ об/хв.}$$

Встановлюємо частоту обертання шпинделя 750 об/хв.

В такому разі фактична швидкість різання складає:

$$V = (\pi \cdot D \cdot n)/1000 = (\pi \cdot 8 \cdot 750)/1000 = 18{,}85 \text{ м/хв.}$$

5. Визначимо силу та потужність різання згідно з [6]:

$$Pz = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot Sz^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_P = \frac{10 \cdot 82 \cdot 3^{0,75} \cdot 0{,}03^{0,6} \cdot 6{,}5^1 \cdot 4}{8^{0,86} \cdot 750^0} \cdot 0{,}89 = 882{,}3 \text{ Н},$$

де Ср = 82 [6];

x = 0,75;

y = 0,6;

u = 1,0;

q = 0,86;

w = 0;

$$Кр = Кмр,$$

де Кмр = (σв/750)n = (510/750)0,3 = 0,89 – поправочний коефіцієнт, що враховує міцність оброблюваного матеріалу;

6. Визначимо потужність різання за формулою

$$N_р = (P_z \cdot V)/(60 \cdot 1020) = (882{,}3 \cdot 18{,}85)/(60 \cdot 1020) = 0{,}272 \text{ кВт.}$$

$$N_{еф} = 14{,}9 \cdot 0{,}8 = 11{,}92 \text{ кВт} > N_р = 0{,}272 \text{ кВт.}$$

Тож визначені режими різання можуть бути реалізовані на вибраному верстаті.

7. Визначимо машинний (основний) час оброблення на уже згадуваному переході. Попередні розрахунки показали, що сумарна довжина робочих ходів при обробці зниження становить $L_{р.х}$ = 155 мм.

$$T_о = L_{р.х} / (Sz \cdot z \cdot n) = 155 / (0{,}03 \cdot 4 \cdot 750) = 1{,}72 \text{ хв.}$$

Режими різання на інші переходи операції визначимо згідно з [7], див. таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Режими різання на операцію 040

Номер і вміст переходу	D (B), мм	L, мм	t, мм	i	$S_о$, мм/об ($S_{хв}$, мм/хв)	n, об/хв	V, м/хв	$T_о$, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Свердлити 3 отв. ∅3,4+0,12 на глибину 7^{+1} в розмір ∅96±0,16 за програмою	3,4	8	1,7	3	0,08	2000	21,35	0,15
2. Зенкувати 3 фаски 0,5×45° в розмір ∅96±0,16 за програмою	3,4	1	0,5	3	0,08	2000	21,35	0,02
3. Фрезерувати 2 паза b3,5 в розмір 4±0,2, $7{,}5^{+0,2}$, R42,5±0,3, 16°±1°, 45°±1°, 10°±1°, 21°±30′, R6,5 за програмою	(3,5)	108	2,5	2	(72)	600	22,61	3,00
4. Фрезерувати пониження на глибину 6,5±0,2 в розмір $10^{+0,4}$, 5±0,2 за програмою	6,5	155	3	1	(90)	750	18,85	1,72
5. Свердлити 2 отв. $∅5{,}5^{+0,2}$ напрохід в розмір R46±0,1, 10°±15′, за програмою	5,5	6	2,75	2	0,13	1350	23,31	0,07

Продовження таблиці 6.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6. Зенкувати 2 отв. $\varnothing 7{,}5^{+0{,}2}$ на глибину 0,5 в розмір R46±0,1, 10°±15′, за програмою	7,5	1	3,75	2	0,22	350	8,24	0,03
7. Фрезерувати риску 1 на глибину 0,5 за програмою	1	3	0,5	1	(480)	2000	6,28	0,01
							Сума	5,00

6.6 Технічне нормування операції

Норма часу на виконання операцій на верстатах з ЧПК при роботі на одному верстаті ($Н_ч$) складається з норми підготовчо-заключного часу ($Т_{п.з}$) і норми штучного часу ($Т_{шт}$) [8]:

$$Н_ч = Т_{шт} + Т_{п.з} / n,$$

$$Т_{шт} = (Т_{ц.а} + Т_д \cdot К_{tд}) \cdot (1 + [а_{тех} + а_{орг} + а_{вдп}] / 100),$$

де $Т_{ц.а}$ – час циклу автоматичної роботи верстата за програмою, хв.;

$$Т_{ц.а} = Т_о + Т_{м.д},$$

де $Т_о$ – основний (технологічний) час на обраблення однієї деталі, хв.;

$Т_{м.д}$ – машинно-допоміжний час за програмою (на підведення деталі або інструменту від початкових точок в зони обробки і відведення; установку інструменту на розмір, зміну інструменту, зміну величини й напряму подачі, час технологічних пауз (зупинок) тощо), хв.;

$$T_д = T_{д.у} + T_{д.оп} + T_{д.вим},$$

де $T_{д.у}$ – час на установку й зняття деталі вручну або з використанням технічних засобів, хв.;

$T_{д.оп}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією (що не увійшов до програми), хв.;

$T_{д.вим}$ – допоміжний час на вимірювання (що не перекривається основним часом), хв.;

$K_{tд}$ – поправочний коефіцієнт на час виконання ручної допоміжної роботи залежно від партії оброблюваних деталей;

$a_{тех}$, $a_{орг}$, $a_{вдп}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок і особисті потреби за умови одноверстатного обслуговування, % оперативного часу.

Операція 025 токарна з ЧПК.

З п. 6.5 цієї роботи маємо $T_о = 7,64$ хв. З урахуванням певного попередньо визначеного машинно-допоміжного часу $T_{м.д} = 3,2$ хв. час автоматичного циклу складає $T_{ц.а} = 10,84$ хв.

Тоді, згідно з [8]: $T_{д.у} = 0,6$ хв. (з урахуванням переустановки заготовки), $T_{д.оп} = 1,82$ хв., $T_{д.вим} = 0,82$ хв.

В результаті допоміжний час на операцію складає

$$T_д = 0,6+1,82+0,82 = 3,24 \text{ хв.}$$

З урахуванням поправочного коефіцієнта $K_д = 1,07$, що враховує кількість деталей в партії запуску (38 шт., див. п. 3 цієї роботи, враховується саме для серійного типу виробництва) допоміжний час маємо

$$T_д = 3,24 \cdot 1,07 = 3,47 \text{ хв.}$$

Час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і особисті потреби робочого складає 12% від оперативного часу:

$$T_{шт} = (7,64+3,47)\cdot 1,12 = 12,45 \text{ хв.}$$

Для підготовчо-завершального часу $T_{п.з}$ = 32,4 хв. маємо норму часу на операцію:

$$H_{ч} = 12,45+32,4/38 = 13,31 \text{ хв.}$$

Операція 040 комплексна на обробних центрах з ЧПК.

З п. 6.5 цієї роботи маємо $T_{о}$ = 5,00 хв. З урахуванням визначеного попередньо машинно-допоміжного часу $T_{м.д}$ = 2,8 хв. час автоматичного циклу становить $T_{ц.а}$ = 7,8 хв.

Тоді, згідно з [8] маємо: $T_{д.у}$ = 0,2 хв., $T_{д.оп}$ = 2,46 хв., $T_{д.вим}$ = 1,22 хв.

$$T_{д} = 0,2+2,46+1,22 = 3,88 \text{ хв.}$$

З урахуванням поправочного коефіцієнта $K_{д}$ = 1,07, що враховує кількість деталей в партії запуску (38 шт., див. п. 3 цієї роботи) допоміжний час $T_{д} = 3,88\cdot 1,07 = 4,15$ хв.

Час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і особисті потреби складає 14% від оперативного часу:

$$T_{шт} = (7,8+4,15) \cdot 1,14 = 13,62 \text{ хв.}$$

При підготовчо-заключному часі $T_{п.з}$ = 37,7 хв. маємо норму часу:

$$Н_ч = 13,62+37,7/38 = 14,62 \text{ хв.}$$

7 ПРОЄКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ

Завдання на проектування. Згідно з завданням необхідно спроєктувати верстатний пристрій для базування й закріплення заготовки на токарної операції з ЧПК 025. На цій операції виконується чорнове токарне оброблення зовнішніх і внутрішніх циліндричних і торцевих поверхонь заготовки корпусу, прорізання канавок тощо. Точність операційних розмірів при цьому відповідає рівню IT14, шорсткість оброблених поверхонь відповідає рівню 6,3 мкм за критерієм R_a. Точність форми та взаємного розміщення оброблених поверхонь не регламентується, тож можна вважати, що їх величини знаходяться в межах допусків на відповідні операційні розміри.

Обґрунтування необхідності створення верстатного пристрою. Вибір системи пристосування.

У пропонованому технологічному процесі токарна з ЧПК операція виконується на токарному верстаті з ЧПК моделі DMTG CKE6130I (див. п. 6.3, таблицю 6.1). Оброблення поверхонь заготовки ведеться прохідними, підрізними, розточувальними різцями з ріжучою частиною твердого сплаву ВК8.

В умовах діючого виробництва технологічна операція реалізується на універсальному верстаті, заготовка встановлюється в універсальному токарному самоцентруючому патроні з ручним приводом закріплення. При цьому робочий має кваліфікацію згідно з 4-м розрядом. Впровадження токарного патрону з механізованим приводом закріплення заготовки дозволить підвищити ефективність використання токарного верстата з ЧПК (за рахунок зниження часу на установку, закріплення, зняття заготовки), знизити розряд робочого до 3-го, приведе до стабілізації точності розмірів оброблених поверхонь тощо.

У зв'язку з вище сказаним орієнтовно беремо систему універсальних безналагоджувальних пристроїв.

Розробка та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки. В цілому, як видно, у деталі є досить розвинені й точні поверхні, які можна використовувати як технологічні бази. В п. 6.2 цієї роботи пропонується для базування заготовки на токарній з ЧПК операції використовувати поверхні лівого торця й прилеглої до нього зовнішньої циліндричної ступені ∅109 мм (установ А) та ∅106 мм (установ Б), див. рисунки 6.2 та 6.3 відповідно. За такої схеми базування заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи: базування за лівим торцем з притисканням до торця токарного патрону реалізує установчу базу (заготовка позбавляється 3-х ступенів свободи: поступального переміщення уздовж центральної осі (осіX)) та двох обертань (навколо осі Z та осі Y); базування за циліндричною поверхнею в кулачках реалізує подвійну опорну базу (обертання навколо осі Z та Y). Вакантним залишається обертання навколо центральної осі (осі X).

Виконаний в п. 6.2 аналіз параметрів точності базових поверхонь показав, що вони співвідносяться з параметрами точності оброблюваних поверхонь й дозволяють забезпечити необхідну якість їх оброблення.

Схему дії сил закріплення і сил різання з огляду на прийняту схему базування наведемо на рисунку 7.1. Як видно з рисунка 7.1, для урівноваження сил різання до заготовки повинні бути прикладені сили тертя, що перешкоджатимуть поступальному переміщенню заготовки вздовж її центральної осі й обертанню заготовки навколо тієї ж центральної осі. Недоліком такого способу урівноваження, як відомо, є високий рівень енергетичних витрат на закріплення заготовки, оскільки урівноваження здійснюється непрямим методом – силами тертя, а не реакцією опор.

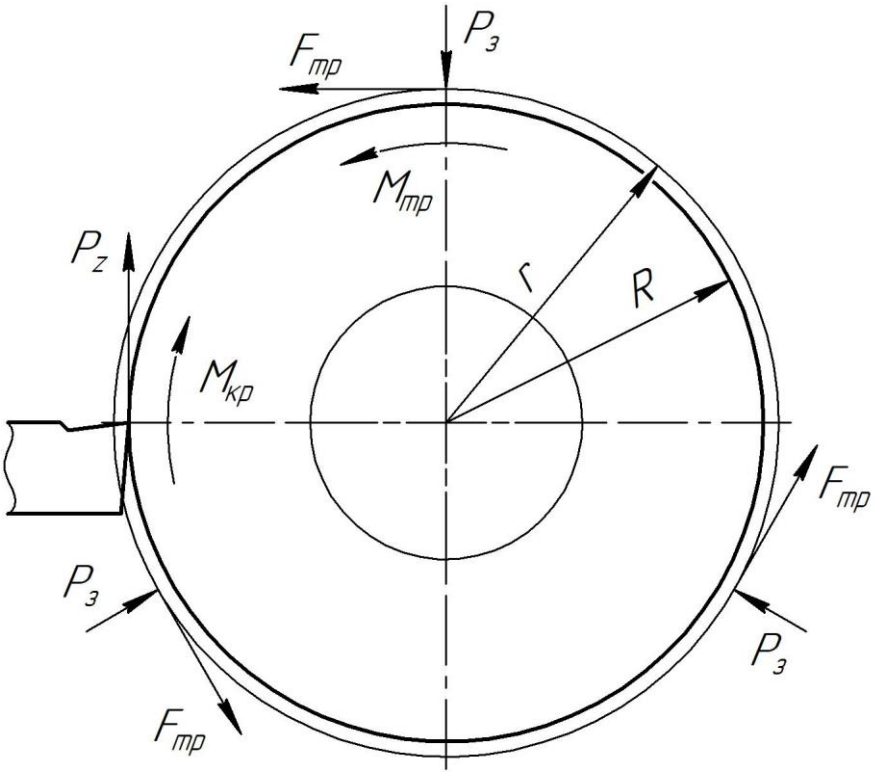

Рисунок 7.1 – Схема урівноваження сили (моменту) різання і сили (моменту) тертя

Очевидно, що для надійного закріплення заготовки повинні виконуватися умови (7.1 та 7.2), що забезпечить нерухомість заготовки щодо токарного патрону та шпинделя верстата:

$$M_{тр} \geq M_{кр}, \qquad (7.1)$$

де $M_{тр}$ – момент тертя, що виникає між поверхнями заготовки та кулачків патрону;

$M_{кр}$ – крутний момент, що виникає під час оброблення поверхонь заготовки точінням.

$$M_{тр} = k_{зап} \cdot M_{кр}, \qquad (7.2)$$

де $k_{зап}$ – коефіцієнт запасу, який враховує фактичні умови установки заготовки.

Так, момент тертя можна розрахувати за відомою формулою

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r,$$

де $F_{тр}$ – сила тертя;

r – радіус прикладення сили закріплення;

В свою чергу:

$$F_{тр} = P_з \cdot f,$$

де $P_з$ – сила закріплення;

f – коефіцієнт тертя.

Крутний момент (момент різання) можна визначити за формулою

$$M_{кр} = P_z \cdot R,$$

де P_z – тангенціальна складова сили різання;

R – радіус прикладення сили різання (радіус оброблюваної поверхні).

Таким чином, рівняння для визначення сили закріплення заготовки буде мати такий вигляд

$$P_з = \frac{K_{зап} \cdot P_z \cdot R}{f \cdot r},$$

Коефіцієнт запасу визначимо за формулою

$$К_{зап} = К_0 \cdot К_1 \cdot К_2 \cdot К_3 \cdot К_4 \cdot К_5 \cdot К_6,$$

де коефіцієнти мають такі значення: $К_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу; $К_1 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання під час затуплення інструменту; $К_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує коливання величини припуска; $К_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує характер процесу різання; $К_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує тип привода; $К_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує зручність в обслуговуванні ручного привода; $К_6 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує моменти, що намагаються провернути заготовку на опорах з обмеженою площею контакту. В результаті маємо

$$К_{зап} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7.$$

Беремо $К_{зап} = 2,7$ [6].

За попередніми розрахунками тангенціальна складова сили різання під час обточування заготовки не перевищує 1725 Н.

Для $P_z = 1725$ Н, $f = 0,2$ [6]; $R = 109/2 = 104,5$ мм; $r = 106/2 = 53$ мм сила закріплення заготовки буде дорівнювати

$$P_з = \frac{2,7 \cdot 1725 \cdot 103}{104,5 \cdot 0,2} \approx 22650 \text{ Н}.$$

Визначимо силу на штоку механізованого приводу з урахуванням кута нахилу $\alpha = 20°$ направляючих клинової муфти патрона

$$Q = P_з \cdot tg\alpha,$$

де Q – зусилля на штоку пневмоциліндра.

$$Q = 22650 \cdot tg(20°) = 8243 \text{ Н}.$$

Діаметр поршня пневмоциліндра двосторонньої дії визначимо за формулою

$$D_n = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2},$$

де d = 40 мм – діаметр штока (беремо з конструктивних міркувань);

p – тиск повітря в пневмомережі. Беремо p = 0,4 МПа [6];

η – коефіцієнт корисної дії. Беремо η = 0,85.

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 8243}{\pi \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 40^2} \approx 180,2 \text{ мм}.$$

Беремо найближчий більший стандартний діаметр пневмоциліндра $D_п$ = 200 мм [6].

За попередніми розрахунками маємо: зусилля на штоку пневмоциліндра діаметром 200 мм становить 10250 Н; фактичне розрахункове зусилля закріплення заготовки становить 28170 Н.

Розрахунок верстатного пристрою на точність. При чорновому обточуванні заготовки до розрахункових параметрів, які в більшій мірі впливатимуть на досягнення заданих допусків оброблюваної заготовки слід віднести радіальне биття кулачків патрона. Зазначена похибка може привести до підвищеного радіального биття циліндричних поверхонь деталі, її слід обумовити в технічних вимогах, пропонованих щодо точності виготовлення окремих елементів проєктованого патрона.

Радіальне биття оброблюваних поверхонь на токарній операції не регламентовано: беремо його значення в межах 30% від допуску на діаметральний розмір. Для ∅46Н14 допуск становить 0,62 мм. Беремо значення допуску радіального биття оброблюваної поверхні в розмірі 0,18 мм.

В цьому випадку допустиму похибку виготовлення пристосування можна визначити за формулою

$$E_{пр}\uparrow = T\uparrow - K\sqrt{(K_1 \cdot E_б)^2 + E_з^2 + E_у^2 + E_и^2 + E_п^2 + (K_2 \cdot \omega)^2},$$

де $K = 1{,}2$;

$K_1 = 0{,}8$;

$E_б = 0$ мкм – похибка базування;

$E_з = 20$ мкм – похибка закріплення;

$E_у = 10$ мкм – похибка установки патрона на шпинделі верстата;

$E_{зн} = 0$ мкм – похибка зношення установчих елементів верстатного пристрою;

$E_п = 0$ мкм – похибка перекосу ріжучого інструмента;

$K_2 = 0{,}6$;

$\omega = 50$ мкм – середня економічна точність (для умов чорнового обточування) [3].

В результаті маємо

$$E_{пр}\uparrow = 200 - 1{,}2\sqrt{(0{,}8 \cdot 0)^2 + 20^2 + 10^2 + 0 + 0 + (0{,}6 \cdot 50)^2} = 155 \text{ мкм}.$$

Зазначена похибка (беремо величину 0,1 мм) може бути віднесена до радіального биття робочої поверхні кулачка (кулачків) патрона щодо установчої поверхні патрона. Ми зазначимо її в технічних вимогах на виготовлення токарного патрона.

Опис будови й принципу дії токарного патрона.

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

Усередині корпусу 1 в радіальних пазах розміщені три корпуси 15, в пазах яких, в свою чергу, за допомогою шести гвинтів 22 закріплюються три кулачки 16. З іншого боку корпуси 15 по похилих напрямних входять в пази клиновий муфти 18, яка за допомогою втулки 3 з допомогою втулки 6 і гайки 11 з'єднана з тягою 7. Тяга 7 з'єднана зі штоком пневмоциліндра 28. Опорна пластина 14, яка слугує для базування заготовки, закріплена гвинтами 20 на корпусі 1 патрона.

Патрон працює таким чином. Спочатку вручну налаштовується «розведення» кулачків 16 щодо корпусів 15 на необхідний діаметр закріплення заготовки. Потім оброблювана заготовка встановлюється з притисканням лівого торця до опорної пластини 14 патрона. Після подачі повітря в праву (штокову) порожнину пневмоциліндра 28, поршень останнього зі штоком і тягою 7, втулкою 3 і клиновою муфтою 18 переміщається вліво, зміщуючи по похилих пазах муфти 18 до центру корпуси 15 з кулачками 16, що призводить до зведення останніх та закріплення заготовки. Розкріплення заготовки відбувається в зворотній послідовності після подачі повітря в ліву (безштокову) порожнину пневмоциліндра 28.

ВИСНОВКИ

1) Виконано аналіз службового призначення машини (растрового електронного мікроскопа-мікроаналізатора РЕММ-102.1.1), вузла (складеного об'єктива), деталі (корпусу ЦФ8.170.457) і технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі. Встановлено, що деталь корпус ЦФ8.170.457 відноситься до відповідальних деталей машини, у зв'язку з чим до її конструкції пред'являють досить жорсткі вимоги з точності розмірів, шорсткості поверхонь, їх взаємного розташування і форми.

2) Визначено тип виробництва – дрібносерійний. Розрахована партія запуску – 38 шт.

3) Визначено спосіб отримання вихідної заготовки – поковка штампуванням на КГШП.

4) Виконано аналіз двох технологічних операцій: 025 токарної з ЧПК та 040 комплексної на обробному центрі з ЧПК. Уточнено зміст операцій по переходах, вибрані раціональні схеми базування заготовки, вибрані раціональні моделі верстатів, обґрунтовано вибір ріжучого і вимірювального інструмента, проведений розрахунок режимів різання і технічне нормування операцій.

5) Спроєктовано токарний патрон з механізованим приводом для установки заготовки на токарній з ЧПК операції 025.

6) В додатку Г розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

7) Виконано маршрутно-операційний опис технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ8.170.457 на картах КТП.

8) Розроблені креслення заготовки, маршрутного технологічного процесу виготовлення корпусу ЦФ8.170.457, операційного налагодження на операцію 025 токарну з ЧПК, складальне креслення спроектованого токарного патрону.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пос. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.

2. **Андерс, А. А.** Проектирование заводов и механосборочных цехов в автотракторной промышленности : учеб. пос. / А. А. Андерс, Н. М. Потапов, А. В. Шулешкин. – М. : Машиностроение, 1982. – 271 с.

3. **Егоров, М. Е.** Технология машиностроения : учебник / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев ; Под ред. М.Е. Егорова. – 2-е изд., доп. – М. : Высша школа, 1976. – 534 с.

4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 656 с.

5. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. - М. : Изд-во стандартов, 1990. - 39 с.

6. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 496 с.

7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 473 с.

8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 207 с.

9. **Юдин, Е. А.** Охрана труда в машиностроении : учебник для студ. машиностроит. спец. вузов / Е. А. Юдин, С. В. Белов и др. ; Под ред. Е. А. Юдина и С. В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 438 с.