

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Розроблення технології виготовлення корпусу ЦЛ 7.171.18
з дослідженням параметричної моделі процесів тертя
та зношування при різанні металів**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МТм-61
спеціальності

131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Дудар П.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Данильченко Л.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Клендій В.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2020

	Міністерство освіти і науки України
	Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
	(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет	<i>інженерії машин, споруд та технологій</i>
	(повна назва факультету)
Кафедра	<i>інжинірингу машинобудівних технологій</i>
	(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри

 (підпис) *Окіпний І.Б.*
 (прізвище та ініціали)
 « 28 » вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня	<i>магістр</i>
	(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю	<i>131 «Прикладна механіка»</i>
	(шифр і назва спеціальності)
студенту	<i>Дудару Павлу Андрійовичу</i>
	(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розроблення технології виготовлення корпусу ЦЛ 7.171.18 з дослідженням параметричної моделі процесів тертя та зношування при різанні металів*

Керівник проекту (роботи) *Данильченко Лариса Миколаївна, к.т.н., доцент*
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 28 » вересня 2020 року № 4/7-686

2. Термін подання студентом проекту (роботи) *22 грудня 2020 р.*

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Креслення деталі, її технічна характеристика, Технічні вимоги, базовий технологічний процес її виготовлення.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Загально-технічна частина. Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз конструкції деталі та базового технологічного процесу її виготовлення. Науково-дослідна частина. Технологічно-конструкторська частина. Вибір способу одержання заготовки. Розроблення операційного технологічного процесу. Розрахунок режимів різання. Нормування Вибір, опис конструкції та принципу дії пристосувань. Інструменти, матеріали та пристосування для виготовлення корпусу. Проектна частина. Обґрунтування проектної технології. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Корпус (заготовка), калібр-скоба – А1. Маршрутний техпроцес виготовлення деталі – ІА1. Науково-дослідна частина – ІА1.

Операційне налагодження на токарно-гвинторізну і вертикально-фрезерну операції – 2А2. Розрахунково-технологічна карта на координатно-розточну операцію – ІА1.

Фреза торцева двоступінчата, корпус двоступінчатий – 2А3.

Головка фрезерна – А1. Пристосування для свердління отворів різних діаметрів - ІА1.

Патрон з електро-механічним приводом- ІА1. Механізм повороту промислового роботу, план ділянки механічного цеху – ІА1.

6. Консультанти роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>к.т.н., доц. Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>ст. викладач Клепчик В.М.</i>		
	<i>к.т.н., доц. Ткаченко І.Г.</i>		

7. Дата видачі
завдання

28.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	При мітка
1	<i>Аналітична частина</i>	<i>01.10.2020 р.</i>	
2	<i>Науково-дослідна частина</i>	<i>05.10.2020 р.</i>	
3	<i>Характеристика типу та організаційної форми виробництва</i>	<i>10.10.2020 р.</i>	
4	<i>Вибір способу одержання заготовки</i>	<i>15.10.2020 р.</i>	
5	<i>Технологічний процес механічного оброблення</i>	<i>20.10.2020 р.</i>	
6	<i>Розроблення операційного технологічного процесу</i>	<i>25.10.2020 р.</i>	
7	<i>Розрахунок режимів різання</i>	<i>30.10.2020 р.</i>	
8	<i>Нормування операцій технологічного процесу</i>	<i>05.11.2020 р.</i>	
9	<i>Визначення похибки базування заготовки</i>	<i>10.11.2020 р.</i>	
10	<i>Розрахунки деталі на міцність</i>	<i>15.11.2020 р.</i>	
11	<i>Технологічно-конструкторська частина</i>	<i>20.11.2020 р.</i>	
12	<i>Проектування обладнання і оснащення</i>	<i>25.11.2020 р.</i>	
13	<i>Проектування різального і вимірювального інструменту</i>	<i>28.11.2020 р.</i>	
14	<i>Проектна частина</i>	<i>02.12.2020 р.</i>	
15	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>10.12.2020 р.</i>	
16	<i>Графічна частина</i>	<i>20.12.2020 р.</i>	

Студент _____
(підпис)

Дудар П.А. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Данильченко Л.М. _____
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ

ВСТУП

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

- 1.1. Дослідження стану проблеми. Актуальність наукових і прикладних досліджень в магістерській роботі
- 1.2. Методи вирішення поставлених задач
- 1.3. Висновки та формулювання задач на магістерську роботу

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

- 2.1. Дослідження загального коефіцієнта перекриття поверхонь тертя в процесі різання
- 2.2. Визначення загального коефіцієнта перекриття поверхонь тертя
- 2.3. Побудова параметричної моделі для дослідження перебігу фрикційних процесів при обробленні різанням
- 2.4. Дослідження процесів теплоутворення у зоні фрикційного контакту при точінні

3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

- 3.1. Призначення корпусу, його характеристика
- 3.2. Проектування технології виготовлення корпусу
 - 3.2.1. Вибір способу отримання заготовки
 - 3.2.2. Розрахунки припусків аналітичним способом
 - 3.2.3. Розроблення операційного маршруту для проектної технології
 - 3.2.4. Розрахунки та призначення режимів оброблення
- 3.3. Розрахунок кількості технологічного обладнання
- 3.4. Проектування спеціальних пристосувань та інструментів
 - 3.4.1. Конструкції та принцип дії пристосувань

3.4.2. Проектування різальних інструментів

3.4.3. Вибір і розрахунок вимірювальних інструментів

4. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунки чисельності основного та допоміжного персоналу на дільниці

4.2. Розрахунки виробничої площі та побудова схеми планування дільниці

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Техніка безпеки на дільниці механічного цеху

5.2. Небезпечні виробничі фактори на дільниці та рекомендації щодо їх зниження

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

РЕФЕРАТ

Корпусні деталі широко використовуються як базові деталі багатьох приладів, механізмів і машин різного функціонального призначення, стрімкий розвиток та вдосконалення яких вимагають підвищеної міцності, зносостійкості, жорсткості та герметичності корпусних деталей. Тому питання проектування високопродуктивних технологій виробництва корпусів із застосуванням прогресивного обладнання, автоматизацією процесів оброблення є актуальними й нагальними та визначили напрямок досліджень, поставлених в магістерській роботі.

Метою проведення наукових та прикладних досліджень є проектування технології виготовлення корпусу ЦЛ 7.171.18, побудова параметричної моделі процесів тертя й зношення в процесах різання.

Для вирішення окреслених питань були сформульовано такі завдання магістерської роботи:

- аналіз базової технології виготовлення корпусу,
- вибір методу отримання заготовки та його обґрунтування;
- розроблення операційного маршруту механічного оброблення корпусу;
- вибір режимів оброблення, нормування операцій;
- вибір устаткування і спорядження та схем базування;
- проектування верстатних пристосувань;
- проектування різальних і контрольних інструментів;
- розроблення компоновального плану ділянки цеху;
- аналіз шкідливих чинників на ділянці та розроблення рекомендацій для їх усунення.

Об'єктом досліджень є корпус ЦЛ 7.171.18.

В процесі проведення досліджень використано такі методи: емпіричні, системні, теоретичні, функціональні, експериментальні, статистичні, графічні, а також методи аналізу, узагальнення, синтезу, порівняння та моделювання.

Джерелами та матеріалами для досліджень слугували конструкторсько-технологічна документація базового та аналогічних типових техпроцесів; підручники та монографії з технології машинобудування; посібники та практичні рекомендації з проектування та вдосконалення технологічних процесів; галузеві довідники; держстадарти, патентні бази даних, електронні пошукові системи.

Наукова новизна полягає в розробленні проектної технології виготовлення корпусу: вибрано оптимальний спосіб одержання заготовки, зменшено кількість операцій шляхом введення багатоцільового верстату; спроектовано спеціальний різальний інструмент, розроблено план ділянки цеху.

Прийняті проектні рішення мають практичне значення, а саме зменшено: матеріаломісткість та кількість операцій, штучний час по операціях, кількість верстатів, площу ділянки, кількість виробничих працівників, енергетичні витрати і технологічну собівартість. Отримані результати обґрунтовані економічною ефективністю проектних рішень.

Результати проведених досліджень пройшли апробацію та доповідались на 2-х науково-технічних конференціях, оформлені у вигляді тез.

ВСТУП

Науково-технічний розвиток в машинобудівній галузі характеризується не лише підвищенням якості продукції, але й безперервним вдосконаленням технологій її виробництва. Серед найпоширеніших технологій вагоме місце посідають технології виробництва корпусних деталей, до яких ставляться високі вимоги стосовно їх точності, надійності, що забезпечується запровадженням сучасного високопродуктивного устаткування, спорядження, автоматизованих засобів виробництва. Важливо, щоб прийнята технологія забезпечувала виготовлення якісних і точних корпусів з мінімальними затратами в заданий термін.

Ефективним методом суттєвого підвищення ефективності такої технології є автоматизація усіх її виробничих процесів, що включає запровадження нових технологічних систем виробництва, які здатні виконувати регулювання і керування усіма операціями оброблення, транспортування, складання і контролю оброблюваних деталей.

Розв'язок таких завдань вирішується шляхом широкого запровадження у виробництво верстатів з ЧПК, гнучких автоматизованих систем, роботизованих комплексів, які включають програмно керовані технологічні засоби і пристрої для швидкого переналагодження процесів і операцій, використання оптимальних режимів оброблення.

Характерною особливістю розвитку прогресивних технологій виробництва корпусів деталей є запровадження в автоматизованому їх виробництві малоопераційної й маловідходної технологій, одержання точних заготовок, - це дозволяє зменшити їх матеріаломісткість та працемісткість операцій, знизити технологічну собівартість та зменшити виробничий цикл техпроцесу.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Дослідження стану проблеми. Актуальність наукових і прикладних досліджень в магістерській роботі.

На підставі літературного огляду існуючих технологій одержання корпусних деталей, аналізу типів задач і алгоритмів розроблення технологічних процесів, викладених у працях провідних вчених В.О. Астаф'єва, Б.С. Балакшина, А.П. Гавриша, Г.К. Горанського, Н.М. Капустіна, С.П. Мітрофанова, А.І. Петренка, А.П. Соколовського В.Д. Цвіткова та ін., аналізу передового рівня проведення теоретичних і прикладних досліджень в області технології машинобудування, зроблено висновки про необхідність подальшого вдосконалення та всебічної комп'ютеризації усіх процесів виробництва, які базуються на інтегрованому комплексному підході до об'єкту проектування. Відповідно до цього, в магістерській роботі поставлено мету щодо знаходження шляхів удосконалення, проектування та автоматизації технології виготовлення таких деталей [5].

Виробництво корпусних деталей є досить поширеним технологічним процесом, оскільки вони присутні в кожному технічному пристрої, механізмі, машині. У сучасному технічно-розвиненому світі необхідні різноманітні корпуси за конфігурацією, формою, призначенням. Для оброблення корпусних деталей може знадобитися устаткування самого різного характеру: верстати, обробні комплекси, спеціальне обладнання [9]. Переважна більшість корпусів мають складну форму, несиметричну геометрію, багато поверхонь оброблення з різною шорсткістю. В процесі оброблення корпусних деталей важливо дотримуватися всіх вимог технічного завдання, точності, довговічності та працездатності.

Важливою конструктивно-технологічною особливістю корпусів є їх призначення як відповідальних конструкційних деталей. Окремі їх площини та отвори згідно вимог потребують досягнення високої точності, які є іноді

різноорієнтованими в просторі, служать базами при з'єднанні деталей вузлів між собою й корпусними деталями.

Вказані особливості і визначають наступні технічні характеристики корпусних деталей:

1. Підвищену якість матеріалів для заготовки, жорсткість конструкцій деталей, а також досягнення необхідної механічної міцності й зносостійкості механізмів, а також для точного виготовлення, уникнення деформацій заготовок при обробленні.

2. Точність оброблення поверхонь і отворів із заданою шорсткістю:

а) задані форми базових поверхонь; допуски на їх взаємне розміщення, дотримання допустимих відхилень паралельності, перпендикулярності та прямолінійності;

б) співвісність отворів по відношенню до базових поверхонь і між собою, дотримання допустимих відхилень паралельності, перпендикулярності та прямолінійності;

в) точність отримання форми та розмірів отворів;

г) співвісність всіх отворів, які розміщені у інших елементах або вузлах заготовки;

д) перпендикулярність торцевих плоских поверхонь до осі отворів.

Типова технологія виготовлення відповідальних корпусних деталей передбачає:

- фрезерування перед операціями старіння, в подальшому – стругання;
- розточування отворів на базі попередньо оброблених направляючих поверхонь;

- оброблення головних отворів хонінгуванням або доводкою за декілька проходів (інколи ці операції виконують після складання корпусних деталей із сполученими деталями для отримання реальної деформаційної картини функціонування готового виробу);

- алмазне розточування та хонінгування виконують при вертикальному розміщенні осі головного отвору.

В процесі оброблення корпусних деталей застосовуються такі методи базування з обробленням:

- відносно площини, яку спочатку остаточно обробляють та приймають її за установчу базу, потім відносно неї виконують точні отвори;
- відносно отвору, який спочатку остаточно обробляють, потім відносно нього обробляють площину.

Найпростішим і найзручнішим є базування відносно площини, проте оброблення відносно отвору є найточнішим, особливо для одержання отворів великих розмірів високої точності, а також у випадку дотримання високої точності віддалі від площини до отворів. При застосуванні базування відносно площини важко дотримуватись точні розміри відстані до площини та діаметр основного отвору.

Оброблення плоских поверхонь виконують такими методами на верстатах:

- лезовими інструментами на токарних, фрезерних, стругальних, розточувальних та ін. верстатах;
- абразивними інструментами на шліфувальних, полірувальних, доводочних верстатах.

Фрезерування є найпоширенішим методом оброблення плоских поверхонь корпусів. На даний час широкого застосування набуло фрезерування торцевими фрезами та фрезерними головками з набором торцевих фрез зі змінними ножами.

Необхідність подальшого підвищення якості корпусних деталей зумовила проведення подальшого вдосконалення розроблень, що досягається запровадженням у нову технологію наступних технологічних прийомів:

1. Конструктивні особливості корпусних деталей впливають на процеси тепловідведення при розточуванні отворів, що викликає появу відхилень від їх співвісності. Нагрівання корпусних деталей в зоні оброблення може викликати короблення і відхилення поверхонь різання. Одночасне розточування отворів порівняно з послідовним дозволяє отримувати підвищену точність оброблених поверхонь, особливо у випадку оброблення симетричних корпусних деталей.

2. Технологічний вплив матеріалів корпусних деталей на послідовність операцій їх оброблення пояснюється співвідношеннями кількісних і якісних параметрів точності з механічними та хімічними властивостями матеріалів. Наприклад, для корпусів одного і того ж хімічного складу матеріалу, але з різними відстанями між графітовими включеннями, показники довговічності суттєво відрізняються. Отже, вибраний метод для заготовки та механічного оброблення дозволяє керувати величиною зношення корпусних деталей. Тому ще на стадії проектування необхідно здійснювати оптимальний вибір матеріалу та конструкцію виливки з врахуванням необхідності дотримання стану рівноваги заготовки в подальших операціях оброблення з метою уникнення додаткових деформацій.

У випадку появи прогинів та викривлень при обробленні крупногабаритних корпусів доцільно використовувати методи низькотемпературного відпалу, а також засоби примусового охолодження форм або інші холодильні установки з метою керування процесом охолодження.

3. Конструктивні особливості корпусних деталей впливають на точність їх закріплення на верстатах, можливість появи відхилень форми та розмірів отворів. У випадку виникнення граничних похибок базування, пов'язаних з конструкцією деталі, виникає небезпека неможливості їх виправлення, особливо на чистових і фінішних операціях.

Тому, ще на стадії проектування оснащення необхідно відпрацювати можливі схеми закріплення заготовки з визначенням усіх можливих похибок експериментальними методами для технологічного забезпечення точності оброблення. Окрім того, для зменшення сумарної похибки затиску слід використовувати одночасне закріплення елементів затиску, а не послідовне, що є частою помилкою при затиску корпусних деталей.

4. Операції розточування отворів в корпусах є найвідповідальнішими.

Зміна глибини різання внаслідок накопичення похибок форми, відхилення осі розточної оправи відносно осі отвору, зміна жорсткості шпиндельного вузла верстата викликають виникнення похибок на операціях розточування. Для їх

зменшення необхідно виконувати точне настроювання верстату або коригувати жорсткість системи ВПД, використовуючи спеціальні пристосування.

Тому при проектуванні необхідно висувати вимоги до відхилень форми заготовки для всіх операцій. Сучасні методики та розрахунки, наведені в літературі, дозволяють визначати та прогнозувати похибки та відхилення поверхонь і отворів.

5. Використання автоматизованих ліній в процесах виробництва корпусних деталей дозволяє застосовувати різноманітні операції механічного оброблення та складання з підвищеною точністю одержаних поверхонь і отворів.

1.2. Методи вирішення поставлених задач.

Для розв'язку поставленої проблеми та вибору шляхів вдосконалення базової технології проаналізуємо деталь та існуючий технологічний процес її виготовлення.

Технологічною вважається деталь, яка дозволяє можливість її оброблення з максимальною працемісткістю, продуктивністю і мінімальними витратами на її виготовлення. Технологічність деталі визначають її якісні й кількісні показники. В табл. 1.1,1.2 (додаток А1) подано якісні показники технологічності за хімічним складом і механічними характеристиками.

Деталь виготовляється з матеріалу, який добре обробляється на операціях різання, отже, для виготовлення корпусу не потрібно додаткових затрат енергії, що знижує його технологічну собівартість.

Деталь є незручною для базування та встановлення на операції точіння поверхонь, а також фрезерування пазу і лисок. Для оброблення циліндричної поверхні виникають труднощі встановлення деталі на верстат через те, що заготовка має лиски. Такі складності базування присутні і на операції фрезерування. При свердлінні заготовка є зручною для встановлення, добре базується на столі свердлильного верстату внаслідок наявності розвиненої бази з довжиною, більшою за довжину деталі. Тому дотримуються допуски

встановлення та розташування деталі на операції свердління отворів, які передбачені кресленням деталі.

Проставлення розмірів. На кресленні розмір $\varnothing 58 \pm 0,15$ (переріз А-А, креслення деталі) проставлено невірно. Необхідно заміряти глибину ступені $\varnothing 36 \pm 0,62$ ступінчатого отвору. Згідно креслення глибина ступені визначається різницею розміру $\varnothing 68 \pm 0,37$ і розміру $\varnothing 58 \pm 0,15$. Зазначені розміри позначено з різними квалітетами точності, тому квалітет глибини ступені визначити з креслення неможливо.

Аналіз нетехнологічних елементів конструкції деталі. Нетехнологічним конструктивним елементом корпусу є лиски, оскільки вони мають різну площу, тому неможливо їх обробити за один установ. Проте вони є паралельними, що значно полегшує їх оброблення. Отвори $M12-7H$ також є нетехнологічними, оскільки кути розміщення один відносно іншого є різними, що спричиняє складність їх розмітки. Аналогічно вважаємо отвори $M16-7H$ нетехнологічними, оскільки вони також зміщені по відношенню до осей ступінчатих отворів.

Для одержання ступінчастих отворів слід проводити глибоке свердління, яке робить операцію свердління незручною, оскільки виникає необхідність у застосуванні різних видів кондукторів, такі ступінчасті отвори можливо отримати тільки за 2 установка.

На кресленні корпусу позначено допуски розташування (позиційний допуск осі різевих отворів $M12-7H$, який дорівнює 0,07 мм і позиційний допуск осі різевих отворів $M16-7H$, який дорівнює 0,05 мм). Величини цих допусків розраховано в сотих мм, що ускладнює базування заготовки.

Оцінка технологічності деталі за кількісними параметрами.

Для визначення коефіцієнтів шорсткості й точності використано розміри поверхонь, подані в таблиці 1.3.

Коефіцієнт шорсткості дорівнює:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}},$$

де B_{cp} - середня шорсткість поверхонь, мкм.

$$B_{cp} = (3,2 \cdot 34 + 1,6 \cdot 82) / 42 = 121,6 / 42 = 2,9 \text{ мкм.}$$

Тоді

$$K_{ш} = \frac{1}{2,9} = 0,34.$$

Розраховане значення коефіцієнта шорсткості менше припустимого ($0,34 > 0,32$), отже за цим параметром деталь можна вважати нетехнологічною.

Коефіцієнт точності:

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{A_{cp}},$$

де A_{cp} - середня точність поверхонь.

$$A_{cp} = (3 \cdot 11 + 9 + 16 \cdot 7 + 10 \cdot 14 + 9 \cdot 12 + 4 \cdot 17) / 42 = 10,85;$$

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{10,85} = 0,9.$$

Розраховане значення коефіцієнта точності більше необхідного ($0,90 > 0,8$), отже за цим параметром деталь - технологічна.

Визначимо коефіцієнт використання за масою заготовки

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3},$$

де m_d , m_3 - відповідно маса деталі та заготовки, кг.

Маса деталі дорівнює 16,5 кг; маса заготовки, отриманої методом штампування на КГШП - 30 кг.

$$K_3 = \frac{16,5}{30} = 0,55 < 0,7.$$

Отже, деталь є не технологічною за цим показником.

Значення коефіцієнту використання матеріалу

$$K_m = \frac{m_d}{m_z + m_{\text{вв}}},$$

де $m_{\text{вв}}$ - маса відходів матеріалу, кг;

$$K_{\text{вм}} = \frac{16,5}{30 + 3} = 0,5 < 0,64;$$

за цим показником деталь є нетехнологічною.

Проаналізувавши якісні й кількісні показники деталі приходимо до висновку, що деталь є нетехнологічною, а тому її складно виготовити.

Базова технологія виготовлення корпусу містить наступні операції:

1. Операція 005 Відрізна.

На цій операції виконується відрізання заготовки із прокату $\varnothing 190$ мм, витримуючи розмір $180 \varnothing 0,5$ мм на відрізному верстаті 8Б72А.

2. Операція 010 Контрольна.

Здійснюється контроль розмірів заготовки майстром ВТК, контролюється розмір $180 \varnothing 0,5$. Використовується вимірювальний інструмент - штангенциркуль мод. *ЩЦ – І125 – 0,1*.

3. Операція 015 Токарно-гвинторізна.

На цій операції застосовується остаточне оброблення циліндричної поверхні $\varnothing 184h10$, $\varnothing 116d9$ і торців. Операція проводиться за два установа: на першому частково обробляється циліндрична поверхня $\varnothing 184h10$ для підготовки чистової бази. На другому установі обробляється інша частина циліндричної поверхні та остаточне оброблення уступу $\varnothing 116d9$.

Переходи.

I установ.

1. Встановлення, закріплення, зняття.
2. Підрізання торця з дотриманням розміру $162 \pm 0,5$.
3. Точіння циліндричної поверхні з дотриманням розміру $\varnothing 184 - 0^{+0,185}$.
4. Контроль.

II установ.

1. Встановлення, закріплення, зняття.
2. Підрізання торця з дотриманням розміру $162 \pm 0,5$.
3. Точіння циліндричної поверхні з дотриманням розміру $\varnothing 184 - 0^{+0,185}$.
4. Точіння уступу $\varnothing 116_{-0,207}^{-0,120}$ на довжину $116_{-0,18}^{-0,18}$.
5. Контроль.

Деталь базується і закріплюється в трьохкулачковому патроні $\varnothing 250$. Базування деталі здійснюється по 5 точках, (установочна база лишає її 3-х степеней вільності, опорна база - 2-х степеней вільності). Застосовується стандартний різальний інструмент.

4. Операція 020 контрольна.

На операції контролюються розміри $\varnothing 184 - 0^{+0,185}$, $\varnothing 118_{-0,207}^{-0,120}$, $118_{-0,18}^{-0,18}$ і $160 \pm 0,5$. Вимірювальний інструмент - штангенциркуль мод. *ШЦ – I – 160 – 0,05*; калібр скоба *116ПР – НЕ* і *184ПР – НЕ*.

Операція 025 Вертикально-фрезерна.

Операцію виконують за два установи. На першому установі обробляється менша лиска $124js14$, на другому - лиски $46,4js14$ і пазу $20js12 \times 18js12$.

Переходи.

I установ.

1. Встановлення, закріплення, зняття.
2. Фрезерування лиски з дотриманням розміру $127 \pm 0,5$.
3. Контроль.

П у станов.

1. Встановлення, закріплення, зняття.
2. Фрезерування лиски з дотриманням розміру $46,4 \text{ js}14$.
3. Фрезерування пазу з дотриманням розміру $20_{-0,210} \times 18_{-0,210}, 104 \pm 0,345$.
4. Контроль.

Деталь встановлюється в спеціальному пристосуванні. Загалом деталь позбавляється 6 ступенів вільності. Установочна база лишає її 3-х степеней вільності: переміщення вздовж Z, обертання навколо X і Y (враховуючи розташування осей, обране на ескізі). Направляючою служить торець, який лишає деталь 2-х степеней вільності: відповідно переміщення та обертання відносно осей Y і Z. Опорною виступає утворююча деталі, позбавляє її однієї степені вільності: переміщення по осі X. Використовується стандартний різальний інструмент.

5. Операція 030 Мийна.

На цій операції проводиться очищення поверхні деталі від мастила, змащувально-охолоджувальної рідини, яка застосовувалась на попередній операції. Мийка здійснюється в спеціальних ваннах.

6. Операція 035 Слюсарна.

На цій операції відбувається зачищення поверхні деталі від заусенців, які утворилися при фрезеруванні лисок. Пристосування - лещата слюсарні; інструмент - напилек, молоток, наждаковий папір.

7. Операція 040 Контрольна.

На цій операції проводиться контроль отриманих у результаті фрезерування розмірів

$$124 \text{ js}14 \pm 0,5; 46,4 \text{ js}14 (\pm 0,125) \text{ і } 20 \text{ js}12 \times 18 \text{ js}12 (-0,210).$$

Вимірювальний інструмент - штангенциркулі мод. *ШЦ – І – 125 – 0,1* і *ШЦ – І – 160 – 0,05*.

8. Операція 045 Координатно-розточувальна.

На цій операції обробляються ступінчасті та різеві отвори. Оброблення проводиться за 4 установи.

Переходи.

I установ.

1. Встановлення, закріплення, зняття.
2. Центрування, свердління, зенкерування 2 отворів $\varnothing 12,8^{+0,18}$ з дотриманням розміру $L = 82,6^{+0,35}$.
3. Розсвердлювання і зенкерування 2 отворів $\varnothing 24,8^{+0,21}$ з дотриманням розміру $L = 68 \pm 0,37$.
4. Розсвердлювання і зенкерування 2 отворів $\varnothing 36^{+0,62}$ з дотриманням розмірів $L = 17 \pm 0,35; 14,5 \pm 0,15$.
5. Центрування і свердління 6 отворів $\varnothing 13,6$ під $M16 - 7H$.

II установ.

1. Центрування і свердління 2 отворів $\varnothing 8,8^{+0,15}$ на прохід в отвір $\varnothing 12,8^{+0,18}$.
2. Свердління 2 отворів $\varnothing 21,2$ під $M24 - 7H$ з виконанням конуса $60^{\circ+3^{\circ}}$.
3. Центрування і свердління 4 отворів $\varnothing 10,4$ під $M12 - 7H$.
4. Контроль.

III установ.

1. Встановлення, закріплення, зняття.
2. Центрування і свердління 2 отворів $\varnothing 8,8^{+0,15}$ на прохід в отвір $\varnothing 24,8^{+0,21}$.
3. Свердління 2 отворів $\varnothing 21,2$ під $M16 - 7H$ з виконанням конуса $60^{\circ+3^{\circ}}$.

IV установ.

1. Центрування і свердління 2 отворів $\varnothing 10,4$ під $M12 - 7H$.
2. Контроль.

Різальний інструмент - свердло центрувальне $\varnothing 4$ цільне із *P6M5*, свердла $\varnothing 8,8$; $\varnothing 10,4$; $\varnothing 12,8$; $\varnothing 13,6$; $\varnothing 21,2$; $\varnothing 24,8$; $\varnothing 35,2$; зенкери $\varnothing 12,8$; $\varnothing 24,8$; зенковка $\angle 60^\circ$; $\varnothing 21,2$; зенковка циліндрична $\varnothing 36$.

9. Операція 050 Мийна.

На цій операції проводиться очищення поверхні деталі від мастила, змащувально-охолоджувальної рідини, яка застосовувалась на попередній операції. Мийка здійснюється в спеціальних ваннах. Операція залишається без змін.

10. Операція 055 Свердлильна.

На цій операції проводиться зачищення оброблених поверхонь від заусенців і нарізання різі.

Переходи.

1. Встановлення, закріплення, зняття.
2. Зенкування різевих отворів.
3. Нарізання 4 отворів *M 24 – 7H*, 6 отворів *M16 – 7H* і 6 отворів *M12 – 7H*.

Інструмент: мітчики *M 24 – H3*; *M16 – H3*; *M12 – H3*, напилок, молоток, наждаковий папір.

11. Операція 060 Мийна.

На даній операції проводиться очищення поверхні деталі від мастила, яке застосовувалося при нарізуванні різі. Мийка проводиться в спеціальних ваннах. Операція залишається без змін.

12. Операція 065 Контрольна.

Контролюються усі розміри, позиційні допуски, показники шорсткості, отримані після координатно-розточувальної і радіально-свердлильної операцій.

Контрольовані розміри:

- *M12 – 7H* - пробка різева *M12 – 7H · ПР – HE* ;
- *M16 – 7H* - пробка різева *M16 – 7H · ПР – HE* ;

- $M 24 - 7H$ - пробка різева $M 24 - 7H \cdot PP - HE$;
- $\varnothing 12,8H12$ - пробка $12,8 - 8H12 \cdot PP - HE$;
- $\varnothing 24,8H12$ - пробка $24,8 - 8H12 \cdot PP - HE$;
- $\varnothing 36H12$ - пробка $36H12 \cdot PP - HE$;
- $\angle 60^{+3^\circ}$; $\varnothing 8,8$ забезпечується інструментом;
- $36^{+0,62}$; $68 \pm 0,37$ - $ШЦ - I - 125 - 0,1$;
- $58 \pm 0,15$ - $ИЧ 25 - 1$; наконечник;
- шорсткість $Ra 1,6$ - зразки шорсткості.

13. Операція 070 Гальванічна.

Проводиться покриття деталі цинком Ц18хр.

1.3. Висновки та формулювання задач на кваліфікаційну роботу.

Питання забезпечення високої якості і точності корпусних деталей висуває підвищенні вимоги до проектування і запровадження сучасних технологій для їх виробництва. Детальне вивчення базової технології виявило його недоліки та можливості вдосконалення за рахунок використання оптимального способу отримання заготовки, групування операцій, використання різальних інструментів підвищеної точності оброблення, запровадження верстатів з ЧПК.

Прийняті рішення в магістерській роботі дозволять підвищити працездатність операцій, скоротити час на оброблення, зменшити технологічну собівартість корпусу, підвищити їх точність, зменшити загальну площу ділянки за рахунок використання верстата з ЧПК.

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження загального коефіцієнта перекриття поверхонь тертя в процесі різання.

Всі види операцій механічного оброблення супроводжуються процесами тертя оброблювальних поверхонь, тому доцільно розглядати технологічну систему оброблення як нерозривну частину трибологічної системи, ґрунтовне дослідження якої дозволяє уникнути негативний вплив тертя на робочі поверхні деталі.

На теперішній час важливість дослідження та вирішення задач трибології в процесах оброблення металів пояснюється необхідністю зменшення енергетичних і матеріальних затрат на виробництво. Показник надійності та експлуатаційної довговічності вузлів і механізмів в трибології посідає важливе місце серед технологічних показників технічних систем, які потребують дослідження ще на етапі їх проектування. Сучасні трибологічні дослідження базуються на використанні не достатньо точних аналітичних методик розрахунку трибологічних показників без урахування критичної оцінки кінетичних параметрів на поверхнях тертя в процесі різання. Крім того, використанню параметричних моделей для комплексного дослідження трибологічних систем приділяється недостатня увага з огляду на актуальність та необхідність покращення експлуатаційних характеристик механізмів, вузлів машин [10].

На сьогодні наукові результати теоретичних і практичних досліджень в галузі конструкційних матеріалів, фізики твердих тіл, термодинаміки, трибологічних систем дали можливість сформувати базу даних про фрикційні процеси та механізми, які істотно впливають на якість поверхневого шару поверхонь тертя, призводять до їх руйнування.

На базі отриманої та зібраної інформації про поведінку трибологічних систем дослідникам вдалось розвинути теорію фізичного та параметричного

моделювання фрикційних перетворень, встановити їх основні закономірності та розробити рекомендації для практичного застосування в процесах різання.

Важливим при цьому є дослідження геометрії поверхонь контакту в зоні різання, яка характеризує загальний коефіцієнт перекриття K_{zn} та впливає на швидкість перебігу фрикційних зношень поверхонь від точкового контакту до лінійного, а потім по всій площині. Цей загальний показник при детальному дослідженні визначається для всіх етапів процесу різання і показує як співвідносяться швидкості виникнення, перетворення та руйнації вторинної структури поверхневих шарів.

Під час формоутворення поверхні різцем, його передня поверхня контактує з поверхнею стружки, в той час як поверхня задня – з обробленою поверхнею. Одночасно ці поверхні піддаються змінним за величиною тискам, змінною також є контактна площа. Це викликає зміни шорсткості на поверхнях в зоні різання, неоднорідність наростоутворень, коливання температур на робочих поверхнях різця, появу на ньому мікровикришувань, відповідно, відбувається інтенсивне зношення різальних лез інструменту. На практиці результати експериментальних досліджень, проведенні на стендах або моделях, втілюються в реальних фрикційних системах з метою коригування теплових режимів, величини зношення поверхонь та параметрів різання [9,11].

Запропонована методика для визначення коефіцієнта загального перекриття поверхонь тертя підтверджується наступними результатами.

Визначивши початкові параметри та проаналізувавши рекомендовані в літературі режими різання для середньонавантажених контактних поверхонь тертя, проілюструємо запропоновану схему контактної взаємодії двох поверхонь тертя, представлену на рис. 2.1. Встановлення і розміщення заготовки відносно інструменту визначає умови застосування ЗОР в області контакту поверхонь.

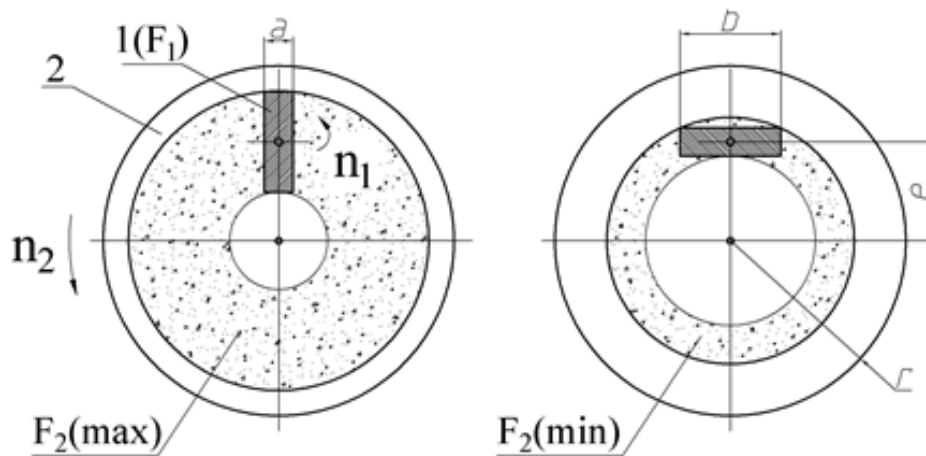


Рис. 2.1 - Схема для визначення площі тертя та коефіцієнта перекриття K_{zn} :

n_1 – частота обертання різця; n_2 – частота обертання заготовки;

a, b – розміри різця; e – ексцентриситет; r – радіус заготовки

При цьому призначаються розрахункові значення показників інтенсивності зношення, коефіцієнтів тертя з врахуванням режимів оброблення та матеріалу різального інструменту. Експериментально визначається зміна температури в зоні контактних поверхонь тертя. Різець і оброблювальна деталь в процесі експерименту плавно обертаються з періодичною зміною частоти обертів. Запропонована схема дозволяє наочно відслідковувати досліджуваний процес, а також стежити за його перебігом для визначення подачі необхідної кількості змащувально-охолоджувальної рідини. Площа поверхонь контакту є зручною та дозволяє проводити дослідження фрикційних змін на рівні мікроповерхонь, а також застосовувати металографічні методи оптичного аналізу структури кристалічних решіток [10].

Значення K_{zn} для запропонованої схеми визначається за залежністю:

$$K_{zn} = F_1 / F_2 ,$$

де F_1 – площа поверхні тертя різця (постійне значення в рамках експерименту); F_2 – площа поверхні тертя оброблювальної деталі (змінне значення в рамках експерименту).

2.2. Визначення загального коефіцієнта перекриття поверхонь тертя.

Представимо типові схеми розміщення зразків в контактній зоні на рис.

2.2. Вибираємо наступні загальні умови:

$$O_1O_2 = R_C; A_1O_2 = \frac{b}{2}; A_1A_2 = \frac{a}{2}; O_1B \perp A_1A_2; O_1B_1 \perp A_2A_3.$$

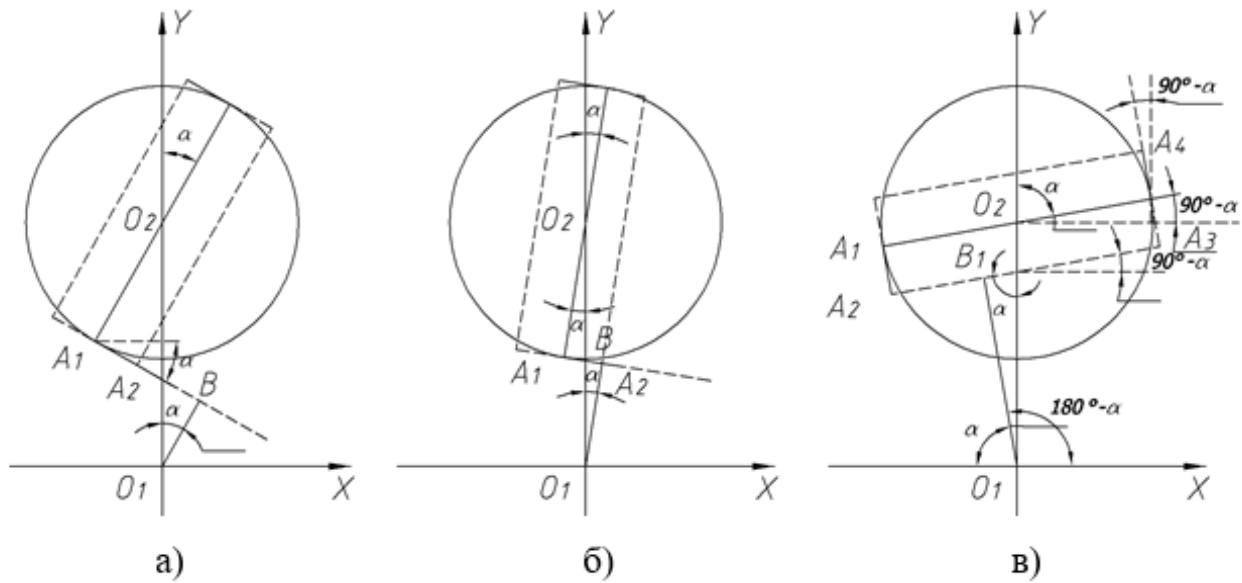


Рис. 2.2 - Типові схеми розміщення заготовки в зоні контакту

Для схеми (рис.2.1, б) справджуються залежності:

$$O_1B = O_1A_2; A_1B = A_1A_2.$$

Тоді координати точок визначаються з рівнянь:

$$A_1(-\frac{b}{2}\sin\alpha; R_C - \frac{b}{2}\cos\alpha); A_2(-\frac{b}{2}\sin\alpha + \frac{a}{2}\cos\alpha; R_C - \frac{b}{2}\cos\alpha - \frac{a}{2}\sin\alpha).$$

Складемо рівняння для прямої

$$A_1A_2: \frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_1-y_2};$$

$$\frac{x + \frac{b}{2} \sin \alpha}{-\frac{b}{2} \sin \alpha + \frac{a}{2} \cos \alpha + \frac{b}{2} \sin \alpha} = \frac{y - R_c + \frac{b}{2} \cos \alpha}{R_c - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a}{2} \sin \alpha - R_c + \frac{b}{2} \cos \alpha};$$

$$\frac{x + \frac{b}{2} \sin \alpha}{\frac{a}{2} \cos \alpha} = \frac{y - R_c + \frac{b}{2} \cos \alpha}{-\frac{a}{2} \sin \alpha} \Rightarrow \sin \alpha (x + \frac{b}{2} \sin \alpha) + \cos \alpha (y - R_c + \frac{b}{2} \cos \alpha) = 0;$$

$$y - R_c + \frac{b}{2} \cos \alpha = -\operatorname{tg} (x + \frac{b}{2} \sin \alpha);$$

$$y = -x \operatorname{tg} \alpha + R_c - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{b}{2} \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha = -x \operatorname{tg} \alpha + R_c - \frac{b}{2} (\cos \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}) =$$

$$= -x \operatorname{tg} \alpha + R_c - \frac{b}{2 \cos \alpha}.$$

Остаточна залежність для прямої $A_1 A_2$ має вигляд:

$$y = -x \operatorname{tg} \alpha + R_c - \frac{b}{2 \cos \alpha}.$$

Для тієї ж схеми справджується рівняння:

$$OB: y = x \operatorname{tg} \alpha; \operatorname{tg} (\frac{\pi}{2} - \alpha) = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha.$$

З врахуванням отриманих залежностей координати точки B після перестановок визначаються з рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} y_A &= x_A \operatorname{ctg} \alpha \\ y &= -x_A \operatorname{tg} \alpha + R_c - \frac{b}{2 \cos \alpha} \end{aligned} \right\}; x_A (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha) = R_c - \frac{b}{2 \cos \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha};$$

$$\begin{cases} x_A = \sin \alpha \cos \alpha R_c - \frac{b}{2} \sin \alpha \\ y_A = \cos^2 \alpha R_c - \frac{b}{2} \cos \alpha \end{cases},$$

яке справедливе для схем, представлених на рис. 2.2 а, б.

Визначимо довжину відрізка O_1B за залежністю:

$$\begin{aligned}
 |O_1B| &= \sqrt{x_B^2 + y_B^2} = \sqrt{(\sin \alpha \cos \alpha R_C - \frac{b}{2} \sin \alpha)^2 + (\cos^2 \alpha R_C - \frac{b}{2} \cos \alpha)^2} = \\
 &= \sqrt{R_C^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha - R_C b \sin^2 \alpha \cos \alpha + \frac{b^2}{4} \sin^2 \alpha + \cos^4 \alpha R_C^2 - R_C b \cos^3 \alpha + \\
 &+ \frac{b^2}{4} \cos^2 \alpha} = \sqrt{R_C^2 \cos^2 \alpha - R_C b \cos \alpha + \frac{b^2}{4}} = \sqrt{(R_C \cos \alpha - \frac{b}{2})^2} = R_C \cos \alpha - \frac{b}{2}.
 \end{aligned}$$

Звідси довжина O_1B становить:

$$|O_1B| = R_C \cos \alpha - \frac{b}{2}.$$

Довжину відрізка O_1A_2 розрахуємо аналогічно з рівняння:

$$\begin{aligned}
 |O_1A_2| &= \sqrt{x_{A_2}^2 + y_{A_2}^2} = \sqrt{(-\frac{b}{2} \sin \alpha + \frac{a}{2} \cos \alpha)^2 + (R_C - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a}{2} \sin \alpha)^2} = \\
 &= \sqrt{\frac{b^2}{4} \sin^2 \alpha - \frac{ab}{2} \sin \alpha \cos \alpha + \frac{a^2}{4} \cos^2 \alpha + R_C^2 + \frac{b^2}{4} \cos^2 \alpha + \frac{a^2}{4} \sin^2 \alpha - \\
 &- R_C b \cos \alpha - R_C a \sin \alpha + \frac{ab}{2} \cos \alpha \sin \alpha} = \sqrt{\frac{b^2}{4} + \frac{a^2}{4} + R_C^2 - R_C b \cos \alpha - R_C a \sin \alpha},
 \end{aligned}$$

яка після перетворень визначається за залежністю:

$$|O_1A_2| = \sqrt{\frac{b^2}{4} + \frac{a^2}{4} + R_C^2 - R_C (b \cos \alpha - a \sin \alpha)}.$$

Припускаємо, що точки B і A_2 співпадають, тоді:

$$\begin{aligned}
 |O_1B| &= |O_1A_2|, \\
 R_C^2 \cos^2 \alpha - R_C b \cos \alpha + \frac{b^2}{4} &= \frac{b^2}{4} + \frac{a^2}{4} + R_C^2 - R_C b \cos \alpha - R_C a \sin \alpha, \\
 R_C^2 + \frac{a^2}{4} &= R_C^2 \cos^2 \alpha + R_C a \sin \alpha.
 \end{aligned}$$

З врахуванням отриманих рівняння для визначення кута α :

$$R_C^2 + \frac{a^2}{4} = R_C^2 (1 - \sin^2 \alpha) + R_C a \sin \alpha \Rightarrow \frac{a^2}{4} = R_C a \sin \alpha - R_C^2 \sin^2 \alpha;$$

$$\sin \alpha = z; R_C^2 z^2 - R_C a z + \frac{a^2}{4} = 0;$$

$$z_{1,2} = \frac{R_C a \pm \sqrt{R_C^2 a^2 - R_C^2 a^2}}{2 R_C^2} \Rightarrow z_{1,2} = \frac{a}{2 R_C}; z = \frac{a}{2 R_C}.$$

Звідси $\alpha = \arcsin \frac{a}{2 R_C} = \alpha_1$.

Отже, якщо $0 < \alpha < \alpha_1$, то

$$R_{\min} = |O_1 B| = R_C \cos \alpha - \frac{b}{2}.$$

У випадку, коли відрізок $A_1 A_2$ не перетинає точку O_1 або якщо $|O_1 B| = 0$, то

$$|O_1 B| = 0 \Rightarrow R_C \cos \alpha - \frac{b}{2} = 0, \text{ тоді } \alpha = \arccos \frac{b}{2 R_C} = \alpha_2.$$

Якщо $\alpha_1 < \alpha < \alpha_2$, то $R_{\min} = |O_1 A_2| = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{4} + R_C^2 - R_C (b \cos \alpha + a \sin \alpha)}$.

Проаналізуємо схему, представлену на рис. 2.2в, де пряма $A_2 A_3$ перетинає точку A_2 і має кут $90^\circ - \alpha$ вісь X .

Звідси

$$K_{A_2 A_3} = \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha.$$

Для прямої $A_2 A_3$ запишемо рівняння:

$$y - y_2 = K_{A_2 A_3} (x - x_2);$$

$$y - R_C + \frac{b}{2} \cos \alpha + \frac{a}{2} \sin \alpha = \operatorname{ctg} \alpha (x + \frac{b}{2} \sin \alpha - \frac{a}{2} \cos \alpha);$$

$$y = x \operatorname{ctg} \alpha + R_C - \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a}{2} \sin \alpha + \frac{b}{2} \cos \alpha - \frac{a \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha} =$$

$$= x \operatorname{ctg} \alpha + R_C - \frac{a}{2} (\sin \alpha - \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}),$$

то після перетворень рівняння має вигляд:

$$y = x \operatorname{ctg} \alpha + R_C - \frac{a}{2} (\sin \alpha - \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha}).$$

Пряма O_1B_1 розміщена під кутом нахилу до осі X $180^\circ - \alpha$, а саме

$$\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha) = \frac{\sin \alpha}{-\cos \alpha} = -\operatorname{tg} \alpha.$$

Для прямої O_1B_1 справджується рівність: $y = -x \operatorname{tg} \alpha$.

Знайдемо координати точки B_1 :

$$\left. \begin{aligned} y_{\hat{A}_1} &= -x_{\hat{A}_1} \operatorname{tg} \alpha \\ y_{\hat{A}_1} &= x_{\hat{A}_1} \operatorname{ctg} \alpha + R_C - \frac{a}{2} \left(\sin \alpha + \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} \right) \end{aligned} \right\};$$

$$-x_{\hat{A}_1} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha) = R_C - \frac{a}{2} \left(\sin \alpha + \frac{\cos^2 \alpha}{\sin \alpha} \right);$$

$$\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha}.$$

Після проведених перетворень координати точки B_1 визначаються як:

$$\left\{ \begin{aligned} y_{B_1} &= R_C \sin^2 \alpha - \frac{a}{2} (\sin^3 \alpha + \sin \alpha \cos^2 \alpha) = R_C \sin^2 \alpha - \frac{a}{2} \sin \alpha; \\ x_{B_1} &= \frac{a}{2} (\sin^2 \alpha \cos \alpha + \cos^3 \alpha) - R_C \sin \alpha \cos \alpha = \frac{a}{2} \cos \alpha - R_C \sin \alpha \cos \alpha. \end{aligned} \right.$$

Визначимо довжину відрізка O_1B_1 : $|O_1B_1| = \sqrt{x_{B_1}^2 + y_{B_1}^2}$;

$$x_{B_1} = \left(\frac{a}{2} - R_C \sin \alpha \right) \cos \alpha; y_{B_1} = -\left(\frac{a}{2} - R_C \sin \alpha \right) \sin \alpha;;$$

$$|O_1B_1| = \sqrt{x_{B_1}^2 + y_{B_1}^2} = \left| \frac{a}{2} - R_C \sin \alpha \right| = R_C \sin \alpha - \frac{a}{2}.$$

Якщо $\alpha_2 \prec \alpha \prec \pi / 2$, то $R_{\min} = R_C \sin \alpha - \frac{a}{2}$.

Для всіх випадків $R_{\max} = |O_1A_4|$, звідси

$$x_{\hat{A}_4} = \frac{b}{2} \cos(90^\circ - \alpha) - \frac{a}{2} \sin(90^\circ - \alpha) = \frac{b}{2} \sin \alpha - \frac{a}{2} \cos \alpha;$$

$$y_{\hat{A}_4} = R_C + \frac{b}{2} \sin(90^\circ - \alpha) + \frac{a}{2} \cos(90^\circ - \alpha) = R_C + \frac{b}{2} \cos \alpha + \frac{a}{2} \sin \alpha.$$

Тоді

$$R_{\max} = \sqrt{x_{A_4} + y_{A_4}} = \sqrt{\frac{b^2}{4} \sin^2 \alpha - \frac{ab}{2} \sin \alpha \cos \alpha + \frac{a^2}{4} \cos^2 \alpha + R_C^2 + \frac{b^2}{4} \cos^2 \alpha + \frac{a^2}{4} \sin^2 \alpha + R_C b \cos \alpha + R_C b \sin \alpha + \frac{ab}{2} \cos \alpha \sin \alpha} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{b^2}{4} + R_C^2 + R_C b (\cos \alpha + \sin \alpha)}.$$

За результатами проведених розрахунків для кутів

$$(\alpha_1 = \arcsin \frac{a}{2R_C}, \alpha_2 = \arccos \frac{b}{2R_C}, 0 \leq \alpha \leq \pi / 2)$$

визначено коефіцієнт загального перекриття:

$$R_{\min} = \begin{cases} R_C \cos \alpha - \frac{b}{2}, \text{ при } 0 \leq \alpha \leq \alpha_1; \\ \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{4} + R_C^2 - R_C (b \cos \alpha - a \sin \alpha)}, \text{ при } \alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_2; \\ R_C \sin \alpha - \frac{a}{2}, \text{ при } \alpha_2 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}, \end{cases}$$

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{4} + R_C^2 + R_C b (\cos \alpha + \sin \alpha)};$$

$$K_{zn} = \frac{ab}{\pi(R_{\max}^2 - R_{\min}^2)}.$$

2.3. Побудова параметричної моделі для дослідження перебігу фрикційних процесів при обробленні різанням.

Ступінь інтенсивності зношення різального інструменту по робочих поверхнях залежить від призначених параметрів оброблення, стану контактних поверхонь тертя та їх геометрії, схеми подачі в зону різання охолоджувальних рідин і мастильних речовин тощо [10,11].

У випадку плавного переміщення зразка відносно різця (рис. 2.1 а), коефіцієнт загального перекриття змінюється поступово, при цьому під час дослідження відображаються всі умови в контактній зоні при точінні. Тобто,

забезпечуються нормальні та умовно стабільні фрикційні умови на всій поверхні тертя з можливістю забезпечення підвищеної контактної жорсткості, необхідного та достатнього тепловідводу й змащування. Для другого випадку (рис. 2.1 б) різко зростає коефіцієнт загального перекриття, погіршуються умови різання в контактній зоні, вони втрачають стабільність, є перемінними на поверхні контакту. Умови змащування суттєво погіршуються, виникають площадки сухого тертя перехідними зонами.

Для виконання експериментів застосовано спеціальний інструмент – трибометр, за допомогою якого визначено загальні трібологічні характеристики операцій точіння. Основними параметрами фрикційного аналізу вибрано зміну температури в контактній зоні, силу тертя між поверхнями різця і заготовки, коефіцієнти тертя та інтенсивність зношення в заданому інтервалі зміни параметрів точіння.

В дослідженнях враховувались енергетичні властивості матеріалів деталі та різця, які характеризують їх пристосованість та сприйняття фрикційних навантажень при точінні – контактний опір на поверхні різання в зоні тертя. Врахування цього критерію дозволило суттєво скоротити кількість експериментів, сконцентруватись на вивченні впливу мікроструктури поверхні тертя та її структурного стану на досліджувані параметри, а також визначити критичну точку переходу від нормального тертя до початку інтенсивного зношення поверхонь та пошкодження їх поверхневих шарів [8,9].

На рис. 2.3 представлено запропоновану параметричну модель для дослідження перебігу фрикційних процесів при обробленні різанням.

На рис. 2.4 представлено графічну залежність досліджуваних трібологічних параметрів, стану вторинної структури фрикційних поверхонь від загального коефіцієнта перекриття за результатами проведених серій досліджень, яка зменшує обсяг проведених експериментів без втрати їх точної фіксації для досліджуваних параметрів.

Аналіз отриманих результатів дозволив здійснити обґрунтування основних причин зношення інструменту в процесі точіння.

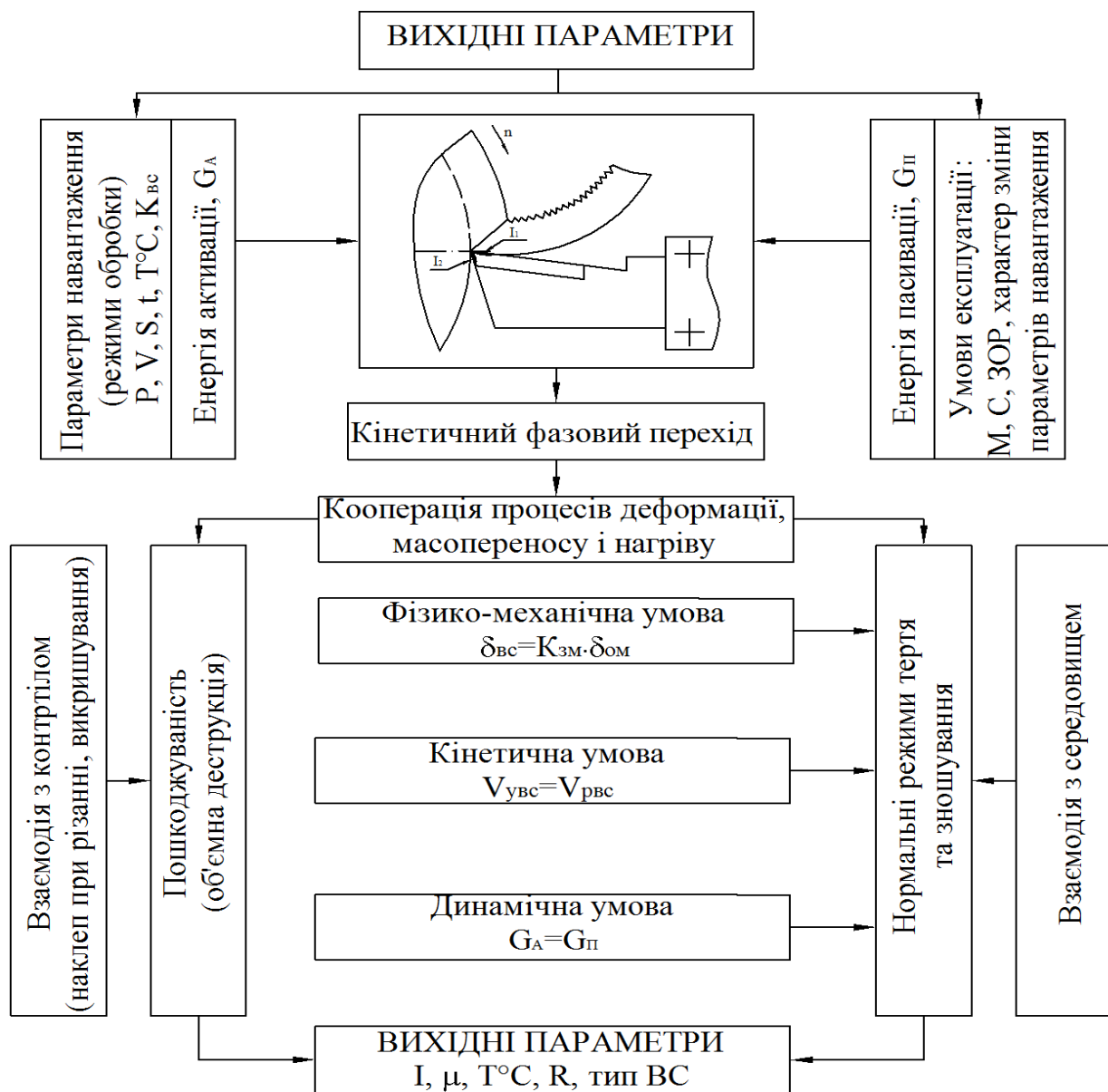


Рис. 2.3 - Параметрична модель

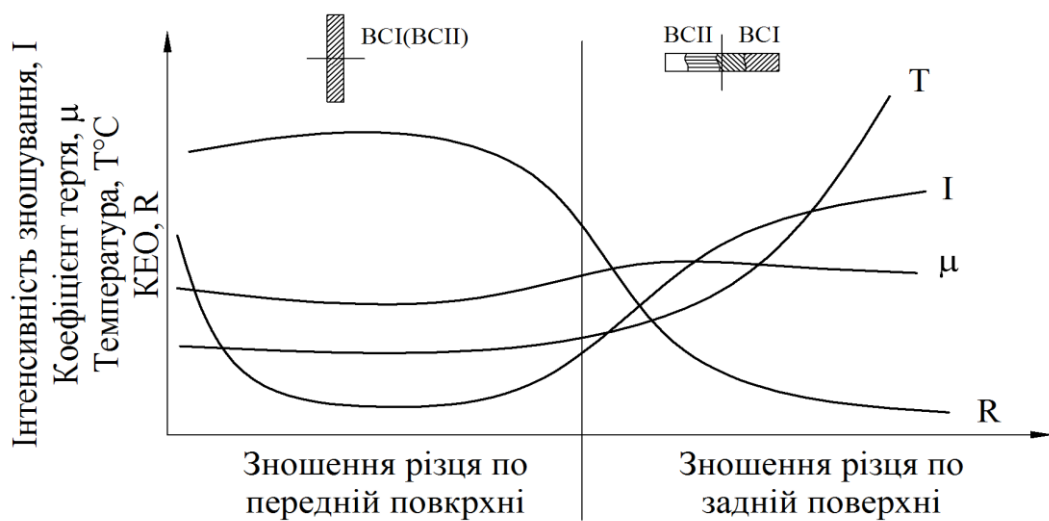


Рис.2.4 – Графічна залежність між $K_{\text{вн}}$ та інтенсивністю зношення різця

2.4. Дослідження процесів теплоутворення у зоні фрикційного контакту при точінні.

В процесі оброблення заготовок різанням теплові явища, викликані тертям контактних поверхонь, здійснюють протилежні за наслідками впливи на перебіг процесів різання. Позитивний ефект виділення теплоти полягає у зменшенні величини деформування оброблювальної поверхні, інтенсивності зношення різця та підвищення точності обробленої деталі.

Негативна дія зростаючої тепловіддачі призводить до нагрівання різця, погіршення його різальних властивостей, втрати стійкості інструменту, а також його інтенсивного зношення. Особливо цей негативний вплив проявляється тоді, коли температура на передній частині різця досягає критичних значень в інтервалі температур від 750°C до 900°C .

Основним завданням в оптимізації процесів різання для фрикційних систем є регулювання позитивного та негативного ефектів тертя з виділенням теплоти, коли зростання температури в контактній зоні викликає підвищення пластичності матеріалу, зменшує зусилля різання, в той час не викликаючи зношення різця та дотримання заданих технічних умов щодо розмірів, допусків та необхідної шорсткості поверхонь [11].

Дослідження велись також в напрямку вивчення та дослідження причин і джерел підвищення температур в контактній зоні. До основних з них відносяться:

1. Теплота Q_1 , зосереджена на передній контактній поверхні кромки різця внаслідок виникнення сил тертя при різанні.
2. Теплота Q_2 , зосереджена на задній контактній поверхні кромки різця внаслідок виникнення сил тертя в процесі оброблення.
3. Теплота Q_3 , викликана механічною роботою на пластичне деформування заготовки перед поверхнею сколювання та зосереджена в околі контактної площини.

4. Теплота Q_4 , викликана механічним пластичним деформуванням заготовки, зняттям стружки та формуванням обробленої поверхні. Ця теплота концентрується на робочих поверхнях.

В загальному в механічному обробленні металів теплота, що виділяється, розраховується з рівняння:

$$Q = P_z \cdot V,$$

де P_z , V – відповідно швидкість і сила різання.

Загальна виділена теплота перерозподілена між такими її складовими:

g_1 - частина тепла, яке виводиться зі стружкою;

g_2 - частина тепла, яке відводиться на нагрів різального інструменту;

g_3 - частина тепла, яке відводиться на нагрів заготовки;

g_4 - частина тепла, яке відводиться в довкілля.

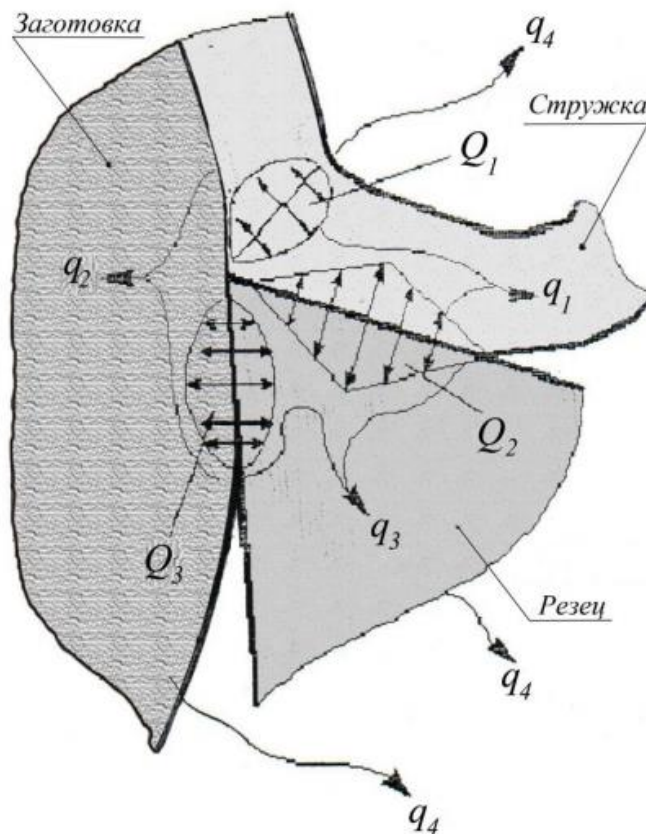


Рис.2.5 - Джерела виділення теплоти в зоні різання

Тоді справджується рівність:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Частка кожної складової рівності співвідносяться за значеннями у відсотковому відношенні залежно від швидкості оброблення (різання) та режимів. Для точіння ці співвідношення складають:

$$Q_1 = 75 - 78\%, Q_2 = 15 - 20\%, Q_3 = 1,5 - 3\%, Q_4 = 0,5 - 1\%.$$

Аналіз теплового розходу свідчить про наступний перерозподіл складових:

$$q_1 = 65-75 \%, q_2 = 3-6 \%, q_3 = 3-8 \%, q_4 = 5-22 \%.$$

Теплота q_4 , яка виводиться із зони різання в навколишнє середовище, коливається в широкому діапазоні температур і залежить від швидкості оброблення, чим більша швидкість точіння, тим менша тепловіддача у довкілля. Значення усіх складових загальної теплоти визначається видом та особливостями операцій. Так, при фрезеруванні внутрішніх поверхонь найбільше теплоти концентрується безпосередньо на фрикційній поверхні заготовки, в той час в процесі точіння найвища тепловіддача відходить із стружкою.

В процесах теплопередачі перерозподіл складових теплового балансу можна змінювати шляхом використання мастильно-охолоджувальних середовищ, а також за рахунок оптимізації режимів оброблення, використання прогресивного інструменту та керованих матеріалів.

3. ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Призначення корпусу, його характеристика.

Хроматограф 700ХА призначений для визначення компонентів аналізованих сумішей, їх ідентифікації та вимірювання абсолютної та відносної кількості в одиницях маси або концентрації. Хроматограф використовується для дослідження та контролю складу різних сумішей, типових для промислового виробництва.

Хроматограф складається з блоків аналізу, керування і контролю, які встановлюються поруч. Основний блок - блок аналізу, який складається з термокамери, у якій встановлено хроматографічні колонки, детектори, пристрій введення рідкої проби та газорозподільний модуль. Блок керування і контролю є комбінованим електронним пристроєм, який забезпечує керування аналітичними вузлами хроматографа за допомогою комп'ютера.

Корпус є основою для вимірювання потоків газу, в ньому прокладено два канали транспортування газу $\varnothing 8,6$ через давачі інтенсивності потоків. Газ кожного з потоків підводиться по вхідному отвору $M24$ за допомогою трубки з ущільнювальною насадкою і порожньою гайкою, що вгвинчується в різьблення вхідного отвору. Давачі інтенсивності потоку встановлюються в кожен з каналів транспортування газів, повинні обдуватися всім газом, який потрапляє у вимірювач потоку.

Матеріал корпусу - сталь 45. Найбільший діаметральний розмір - $\varnothing 184h10$ мм, довжина - 160 js14 мм. На верхній поверхні розташовано отвори $\varnothing 24,8$ і $\varnothing 36$ для встановлення та кріплення давачів інтенсивності потоку.

Нижня поверхня має отвори $M24$ для приєднання трубок, які відводять газу від давачів інтенсивності потоку. Виступ на цій поверхні використовується для правильної установки вимірювача на основі пристрою стабілізації газових потоків. Кріплення деталі до основи здійснюється за допомогою 4-х отворів $M12$. Більша лиска використовується для з'єднання пристрою керування

потоками з вимірником газових потоків. Кріплення здійснюється за допомогою двох отворів $M12$. На малій лисці розташовано два отвори $M24$ для кріплення трубок, які підводять газові потоки до давачів інтенсивності.

У заводських умовах програма випуску деталей складає 30 шт. на рік, що при її масі 16,5 кг відповідає одиничному типу виробництва. Оскільки потужності підприємства орієнтовані на дрібносерійне виробництво, то заводський технологічний процес передбачає виготовлення деталі на універсальному устаткуванні, розміщеному за групами устаткувань.

У запропонованому технологічному процесі річний випуск деталі - 5000 шт. на рік. Тип виробництва – серійний, характеризується виробництвом обмеженого виду виробів, які обробляють партіями на універсальному обладнанні, верстатах з ЧПК, оброблювальних центрах, гнучких автоматизованих лініях. Такі верстати доцільно оснащувати різними типами пристосувань як спеціальними, так і універсальними, що дозволить знизити витрати на виробництво.

3.2. Проектування технології виготовлення корпусу.

3.2.1. Вибір способу отримання заготовки.

Заготовку зі сталі 45 одержують відрізанням із прокату необхідного розміру. Перевагами такого способу є простота й дешевина. Недоліки - більші припуски на оброблення, наявність дефектів поверхні, що може призвести до поломки різальних інструментів. Пропонуємо метод виготовлення заготовки – гаряче штампування, який дозволяє одержати поковки подібні за формою до готового виробу з більш точними показниками точності порівняно з іншими, а саме зменшеними припусками на 20 – 30%, напусками та ухилами у 2 – 3 рази. Клас точності поковки $T4$; група сталі $M2$; коефіцієнт маси поковки $K_p = 15$. Тоді визначимо масу поковки:

$$M_n = m_0 \cdot K_p = 16,5 \cdot 1,5 = 24,75;$$

де m_0 - маса деталі; $m_0 = 16,5$ кг.

Розміри фігури, що описує поковку:

$$d = 184 \cdot 1,05 = 193,2 \text{ мм}; h = 160 \cdot 1,05 = 168 \text{ мм}.$$

Маса описуючої фігури $M_\phi = 38,4$ кг. Тоді $M_n / M_\phi = 16,5 / 38,4 = 0,43$.

Ступінь складності С1. Вихідний індекс – 14.

Додаткові припуски: відхилення поверхонь роз'єму штамп - 1,2 мм;
допуск площинності - 0,3 мм.

Розміри поковки й допустимі їх відхилення: діаметр
 $184 + (2,5 + 0,4 + 0,3) \cdot 2 = 189,7$ мм - приймаємо 192 мм; товщина
 $124 + (2,3 + 0,4 + 0,3) \cdot 2 = 135$ мм, довжина $160 + (2,3 + 0,4 + 0,3) \cdot 2 = 168$ мм.

Масу заготовки розраховуємо за формулою:

$$M_p = V \cdot \rho; V = V_n - V_1 - V_2,$$

V - об'єм заготовки;

V_n - об'єм поковки, $V_n = 5062 \text{ см}^3$;

V_1 - об'єм, що знімається з меншої лиски, $V_1 = 198,4 \text{ см}^3$;

V_2 - об'єм, що знімається з більшої лиски, $V_2 = 101,2 \text{ см}^3$;

ρ - щільність сталі, $\rho = 0,0078 \text{ кг/см}^3$.

$$M_s = (1265,6 - 49,6 - 252,8) \cdot 0,0078 = 30 \text{ кг}.$$

З попередніх розрахунків

$$K_z = 0,56; K_m = 0,51.$$

Таблиця 3.1 - Порівняльні характеристики методів

Метод	Штампування КГШП	Прокатування
K_z	0,56	0,37
K_m	0,51	0,37

Отже, одержання заготовки штампуванням на КГШП є оптимальним.

3.2.2. Розрахунки припусків аналітичним способом.

Для розрахунків припусків обрано зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 116d8_{-0,207}^{-0,120}$). Маршрут оброблення поверхні наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Дані для розрахунків

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності	Шорсткість
Заготовка	14	12,6
Токарна чорнова	12	45-6,3
Токарна напівчистова	11	23-1,6
Токарна чистова	9	3,2

Визначення складових припусків за переходами:

мікронерівності Rz і дефектний шар h , мкм;

- заготовки - $Rz = 200; h = 250$;
- чорнового точіння - $Rz = 50; h = 50$;
- напівчистового точіння - $Rz = 25; h = 25$.

Просторові відхилення форми

$$\rho_{см} = 1,4 \text{ мм} = 1400 \text{ мкм} - \text{похибка зсуву};$$

$$\rho_{кор} = 0,5 \text{ мм} = 500 \text{ мкм} - \text{величина короблення};$$

$$\rho_{см} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2} = \sqrt{1400^2 + 500^2} = 1487 \text{ мкм};$$

$$\rho_{чор} = \rho_{заг} \cdot K_{учор} = 1487 \cdot 0,06 = 89,22 \text{ мкм};$$

$$\rho_{н/ч} = \rho_{заг} \cdot K_{ун/ч} = 1487 \cdot 0,05 = 74,35 \text{ мкм};$$

$$\rho_{чист} = \rho_{заг} \cdot K_{учист} = 1487 \cdot 0,04 = 59,48 \text{ мкм}.$$

Сумарна похибка установки оброблення складає: заготівельне – 0;
чорнове - 100 мкм; напівчистове – 0; чистове - 80 мкм.

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{(i-1)} + T_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \sum y_i^2});$$

$$2Z_{\min(\text{чор})} = 2(200 + 250 + \sqrt{1487^2 + 100^2} = 3880 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min(n/\text{ч})} = 2(50 + 50 + \sqrt{89,22^2 + 0} = 378,44 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min(\text{чист})} = 2(25 + 25 + \sqrt{74,35^2 + 80^2} = 318,43 \text{ мкм}.$$

Визначення допусків Td :

$$Td_{\text{заг}} = 3600 \text{ мкм } (190_{-1,2}^{+2,4}); Td_{\text{чор}} = 1000 \left(\begin{smallmatrix} +0 \\ -1000 \end{smallmatrix} \right) \text{ мкм};$$

$$Td_{n/\text{ч}} = 400 \text{ мкм } \left(\begin{smallmatrix} +0 \\ -400 \end{smallmatrix} \right); Td_{\text{чист}} = 87 \text{ мкм } \left(116_{-0,207}^{-0,120} \right) \text{ мкм}.$$

Результати, отримані в попередніх розрахунках, зведено в табл. 3.4.

Розрахунки загального припуску на оброблення поверхні $2Z_{\text{н.заг}}$:

$$2Z_{\text{н.заг}} = \sum 2Z_{\text{м.о.ном.}},$$

де $2Z_{\text{м.о.ном.}}$ - сума міжопераційних номінальних припусків.

Чистовий прохід

$$d_{\min.\text{ч.}} = d_{\text{н.ч.}} + e_{i.\text{ч.}} = 118 + (-0,207) = 115,793 \text{ мм};$$

$$d_{\max.\text{ч.}} = d_{\text{н.ч.}} + e_{i.\text{ч.}} = 118 + (-0,120) = 115,88 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\min.\text{ч.}} = 0,318 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max.\text{ч.}} = 2Z_{\min.\text{ч.}} + Td_{\text{ч}} + es_{\text{ч}} + Td_{n/\text{ч}} = 0,318 + 0,087 + 0,4 = 0,805 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{н.ч.}} = 2Z_{\min.n/\text{ч.}} + Td_{\text{ч}} + es_{n/\text{ч}} + Td_{n/\text{ч}} = 0,318 + (-0,120) + 0,4 = 0,598 \text{ мм}.$$

Напівчистовий прохід

$$d_{\min.n/q.} = d_{\max.ч.} + 2Z_{\min.ч.} = 115,88 + 0,318 = 118,198 \text{ мм};$$

$$d_{\max.n/q.} = d_{н.н/q.} = d_{\min.n/q.} + Td_{n/q.} = 118,198 + 0,4 = 118,598 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min.n/q.} = 0,378 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max.n/q.} = 2Z_{\min.ч.} + Td_{n/q.} + Td_{чор} = 0,378 + 0,4 + 1,0 = 1,778 \text{ мм};$$

$$2Z_{н.н/q.} = 2Z_{\max.n/q.} - Td_{n/q.} = 1,778 - 0,4 = 1,378 \text{ мм}.$$

Чорновий прохід

$$d_{\min.чор.} = d_{\max.n/q.} + 2Z_{\min.n/q.} = 118,598 + 0,378 = 118,976 \text{ мм};$$

$$d_{\max.чорн} = d_{н.чорн} = d_{\max.n/q.} + 2Z_{н.н/q.} = 118,598 + 1,378 = 119,976 \text{ мм}.$$

$$2Z_{\min.чорн.} = 3,88 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max.чорн.} = 2Z_{\min.чорн.} + Td_{чорн} + Td_{заг} = 3,88 + 1,0 + 3,6 = 8,48 \text{ мм};$$

$$2Z_{н.чорн.} = 2Z_{\min.чорн.} - ei_{заг} = 3,88 - (-1,2) = 5,08 \text{ мм}.$$

Розміри заготовки

$$d_{\max.заг.} = d_{\max.чорн.} + 2Z_{н.чорн.} + es_{заг} = 119,976 + 5,08 + 2,4 = 127,456 \text{ мм};$$

$$d_{н.заг.} = d_{\max.чорн.} + 2Z_{н.чорн.} = 119,976 + 5,08 = 125,056 \text{ мм};$$

$$d_{\min.заг.} = d_{\max.чорн.} + 2Z_{\min.чорн.} = 119,976 + 3,88 = 123,856 \text{ мм}.$$

Сумарний припуск на оброблення поверхні

$$2Z_{н.сум.} = 5,08 + 1,378 + 0,598 = 7,056 \text{ мм}.$$

Розрахований міжопераційний припуск менше табличного значення:

$$2Z_{розр.} = 7,056 \text{ мм}; \quad 2Z_{табл.} = 8,6 \text{ мм}.$$

Схему розміщення розрахованих припусків представлено на рис. 3.1.

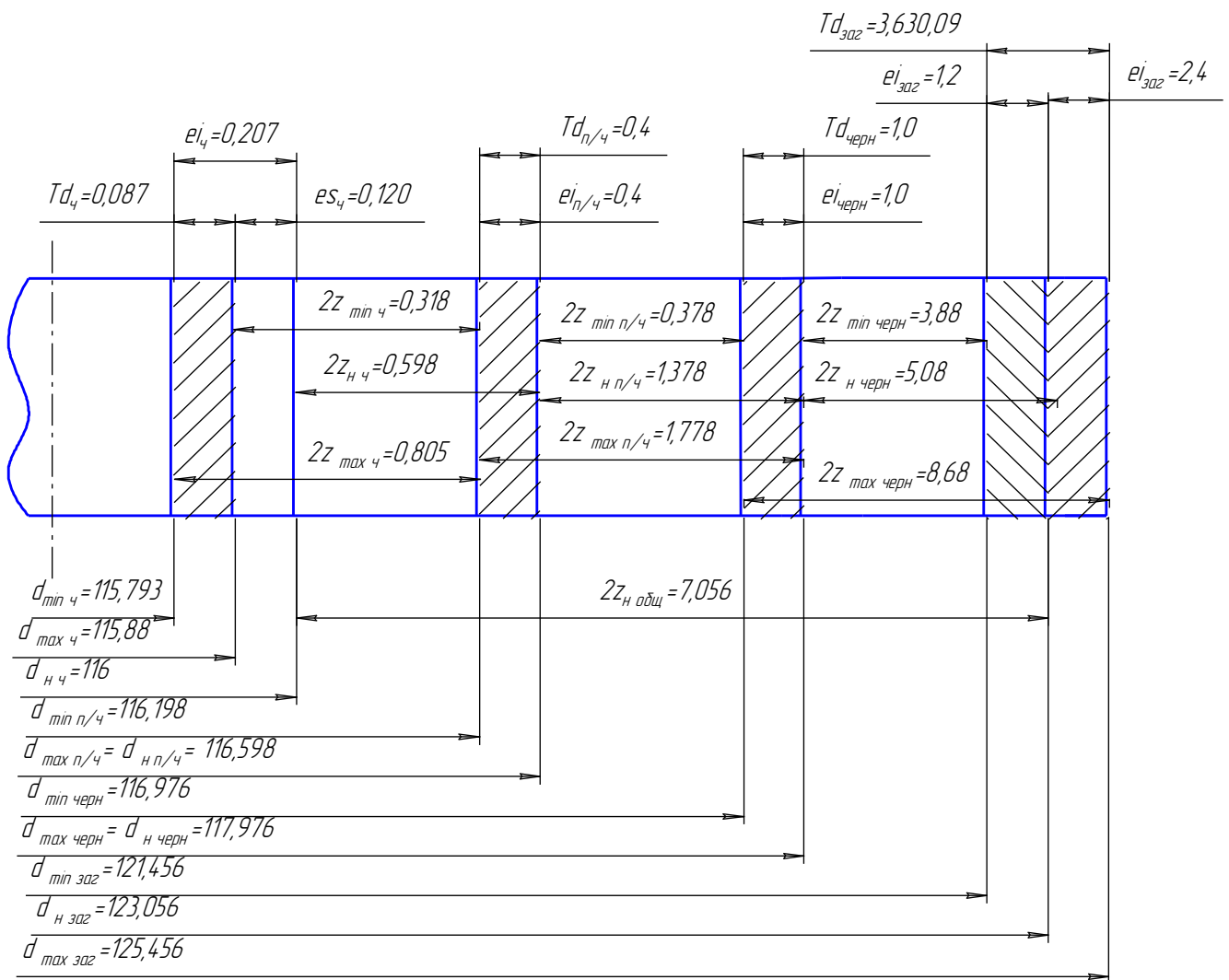


Рис. 3.1 – Схема взаємного розташування відхилень розміру $\varnothing 116d8_{-0,207}^{-0,120}$

3.2.3. Розроблення операційного маршруту для проектної технології.

Послідовність операцій для базового та проектного варіантів технологічного процесу оброблення корпусу представлено у таблицях 3.4, 3.5. Опишемо проектний маршрут технологічного процесу за операціями.

005 Заготівельна.

Заготовка - штамповка, одержана на КГШП. Перевага такої заготовки в тому, що вона за розмірами наближається до деталі, має малі припуски на оброблення.

Таблиця 3.4 - Базовий техпроцес виготовлення корпусу

№ операції	Операція	Устаткування
005	Відрізна	верстат мод.8Б72А
010	Контрольна	плита контрольна
015	Токарно-гвинторізна	верстат мод.16Б16К
020	Контрольна	плита контрольна
025	Вертикально-фрезерна	верстат мод.675
030	Мийна	спеціальні ванни
035	Слюсарна	слюсарний верстат
040	Контрольна	плита контрольна
045	Координатно-розточувальна	верстат мод.2А430
050	Мийна	спеціальні ванни
055	Радіально-свердлильна	верстат мод.2М55
060	Мийна	спеціальні ванни
065	Контрольна	плита контрольна
070	Гальванічна	дільниця цинкування

Таблиця 3.5 - Проектний варіант технології

№ операції	Операція	Устаткування
005	Заготівельна	КГШП
010	Контрольна	плита контрольна
015	Токарно-гвинторізна	верстат мод.16К40
020	Контрольна	плита контрольна
025	Вертикально-фрезерна	верстат мод.6Т13
030	Мийна	спеціальні ванни
035	Слюсарна	слюсарний верстат

010 Контрольна.

Контролюються усі розміри заготовки, контролюється розмір $\varnothing 195^{+2,4}_{-1,2}$ довжина $160^{+2,4}_{-1,2}$, товщина $124^{+2,1}_{-1,1}$. Вимірювальний інструмент: спеціальні шаблони $L = \varnothing 195$; $L = \varnothing 160$, $L = \varnothing 124$.

015 Токарно-гвинторізна.

Виконується фінішне оброблення поверхні $\varnothing 184h10$, $\varnothing 116d9$ і торців. Застосовуються два установи: на першому частково обробляється циліндрична поверхня $\varnothing 184h10$, на другому - проводиться оброблення іншої частини поверхні та фінішне оброблення уступу $\varnothing 116d9$. Переходи та установи аналогічні останнім в операції базової технології.

Заготовка закріплюється в чотирьохкулачковому патроні, кулачки калені, розточені на $\varnothing 190,5$ довжиною 15 мм; кулачки сирі, розточені на $\varnothing 184$ довжиною 15 мм.

Різальний інструмент.

1. Різець токарний прямий, матеріал пластини $T5K10$; спосіб кріплення пластини - пайкою; переріз державки - 16×25 мм; кути в плані $\varphi = 93^\circ$; $\varphi_1 = 7^\circ$; кут передній $\gamma = 10^\circ$, кут задній $\alpha = 6^\circ$; радіус вершини пластини $r_b = 1,0$ мм; кут нахилання різальної крайки $\lambda = 0$; ширина фаски $f = 0,6$ мм; період стійкості $T = 60$ хв.

2. Різець токарний прямий, матеріал пластини $T15K6$; спосіб кріплення пластини - пайкою; переріз державки - 16×25 мм; кути в плані $\varphi = 93^\circ$; $\varphi_1 = 7^\circ$; кут передній $\gamma = 10^\circ$, кут задній $\alpha = 6^\circ$; радіус вершини пластини $r_b = 1,0$ мм; кут нахилання різальної крайки $\lambda = 0$; ширина фаски $f = 0,6$ мм; період стійкості $T = 60$ хв.

3. Різець прохідний правий відігнутий, матеріал пластини $T5K10$; спосіб кріплення - пайкою; переріз державки - 16×25 , кути в плані $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 45^\circ$; кут

передній $\gamma = 10^\circ$, кут задній $\alpha = 6^\circ$; радіус вершини пластини $r_b = 1,0$ мм; кут нахилання різальної крайки $\lambda = 0$; ширина фаски $f = 0,6$ мм; період стійкості $T = 60$ хв.

020 Контрольна.

Проводиться контроль розмірів $\varnothing 184 - 0^{+0,185}$, $\varnothing 116_{-0,207}^{-0,120}$, $116_{-0,18}^{-0,18}$ і $160 \pm 0,5$.
Вимірювальні інструменти - спеціальні шаблони $L = 160 \pm 0,5$;
 $L = 168$, калібр-скоба $ПР - HE \cdot 116d9$ і $ПР - HE \cdot 184h10$.

025 Вертикально-фрезерна 6Т13.

Проводимо операцію за два установи. На першому - оброблення меншої лиски 124 js14, на другому - оброблення лиски 46,4 js14 і пазу $20h12 \times 18h12$.

Переходи та установи аналогічні базовим.

Вибір глибини різання. При фрезеруванні двох лисок глибина оброблення відповідає припуску на оброблення, при фрезеруванні пазу припуск знімається за 2 проходи $t_1 = 10$ мм і $t_2 = 10$ мм.

Заготовка встановлюється на столі верстату однією з торцевих поверхонь і торкається двох площин. Закріплення - прихват пневматичної дії. В цьому випадку всі бази суміщуються, тобто основа заготовки є базуючою водночас для оброблення й контролю.

Різальний інструмент:

1. Фреза торцева ступінчаста $\varnothing 200$ мм, матеріал різальної пластини $T5K10$ і $T15K6$.

2. Фреза кінцева $\varnothing 200$ мм, матеріал різальної пластини $P6M5$; число зубів $z = 6$; довжина $l = 32$ мм; довжина фрези $L = 115$ мм; кут $\gamma = 15^\circ$; кут $\alpha = 20^\circ$; кут передній на торцевій частині фрези $\gamma = 0^\circ$; кут задній на торцевій поверхні $\alpha' = 10^\circ$. Допоміжний інструмент: патрон 1 – 40 – 2 – 100. Оправка 6222 – 0119.

030 Мийна.

На даній операції поверхні деталі очищують від мастила, яке застосовувалося при нарізуванні різі. Мийка проводиться в спеціальних ваннах. Операція залишається без змін.

035 Слюсарна.

Зачищення поверхонь від заусенців після фрезерування лисок. Пристосування - лещата; інструмент - напилек, молоток, наждаковий папір.

040 Контрольна.

На цій операції контролюються отримані після фрезерування розміри $124_{js14} \pm 0,5$; $46,4_{js14} (\pm 0,125)$ і $20_{js12} \times 18_{js12} (-0,210)$.

Вимірювання проводяться майстром ВТК. Вимірювальний інструмент - спеціальні шаблони: $L = 124$; $L = 46,4$; $L = 18 \times 20$.

045 Координатно-розточувальна з ЧПК *IP800ЛМФ4*.

На даній операції проводиться оброблення ступінчатих отворів і різевих отворів. Оброблення проводиться за 4 позиції.

I позиція.

1. Центрування 6 отворів $M16 - 7H$ і 2 отворів $12,8^{+0,18}$.
2. Свердління 2 отворів $12,8^{+0,18}$.
3. Свердління 6 отворів $M16 - 7H$.
4. Свердління 2 отворів $24,8^{+0,21}$.
5. Свердління 2 отворів $36^{+0,62}$ і фаски в 6 отворів $M16 - 7H$.
6. Зенкерування 2 отворів $12,8^{+0,18}$ з підрізанням дна.
7. Нарізання різи в 6 отворів $M16 - 7H$.

II позиція.

1. Центрування 2 отворів $M24 - 7H$.

2. Свердління 2 отворів $8,8^{+0,15}$.
3. Свердління 2 отворів $M24-7H$.
4. Зенкерування 2 отворів $M24-7H$.
5. Нарізання різі в 2 отвори $M24-7H$.

III позиція.

1. Центрування 2 отворів $M24-7H$ і 4 отвори $M12-7H$.
2. Свердління 2 отворів $8,8^{0,15}$.
3. Свердління 4 отворів $M12-7H$.
4. Свердління 2 отворів $M24-7H$.
5. Зенкерування 2 отворів $M24-7H$ і 4 отворів $M12-7H$.
6. Свердління фаски в 2 отвори $M24-7H$ і 4 отвори $M12-7H$.
7. Нарізання різі в 2 отвори $M24-7H$.
8. Нарізання різі в 4 отвори $M12-7H$.

IV позиція.

1. Центрування 2 отворів $M12-7H$.
2. Свердління 2 отворів $M12-7H$.
3. Свердління фаски в 2 отвори $M12-7H$.
4. Нарізання різі в 2 отвори $M12-7H$.

Деталь базуємо та закріплюємо в спеціальному пристосуванні із пневматичним затиском.

Різальні й допоміжні інструменти.

1. Свердло центровальне $\varnothing 4$ цільне; $P6M5$; $l = 56$ мм.
2. Свердло спіральне $\varnothing 8,8$; $P6M5$; $L = 84$ мм; $l = 34$ мм.
3. Свердло спіральне $\varnothing 10,4$; $P6M5$; $L = 89$ мм; $l = 43$ мм.
4. Свердло спіральне $\varnothing 12,4$; $P6M5$; $L = 102$ мм; $l = 51$ мм.
5. Свердло спіральне $\varnothing 13,6$; $P6M5$; $L = 214$ мм; $l = 140$ мм.
6. Зенковка $\angle 60^\circ$, $P6M5$; $L = 135$ мм, $l = 40$ мм.

7. Свердло спіральне, конус Морзе2; $\varnothing 21,2$; $P6M5$; $L = 248$ мм; $l = 150$ мм.
8. Свердло спіральне, конус Морзе2; $\varnothing 24,8$; $P6M5$; $L = 281$ мм; $l = 160$ мм.
9. Машинний мітчик для метричного нарізання різі $M16 - H3$, $P6M5$; $L = 102$ мм, $l = 32$ мм.
10. Свердло спіральне $\varnothing 35,2$; $P6M5$; $L = 349$ мм; $l = 200$ мм.
11. Зенковка циліндрична для оброблення циліндричних поверхонь $\varnothing 36$, конус Морзе 2; $P6M5$; $L = 200$ мм.
12. Зенкер цільний $\varnothing 12,8$; $P6M5$; $L = 220$ мм, $l = 100$ мм з підрізуванням дна.
13. Зенкер цільний $\varnothing 24,8$; $P6M5$; $L = 220$ мм, $l = 100$ мм з підрізуванням дна.
14. Машинний мітчик для метричного нарізання різі $M12 - H3$, $L = 89$ мм, $l = 29$ мм; $P6M5$.
15. Машинний мітчик для метричного різьблення $M24 - H3$, $L = 230$ мм, $l = 45$ мм; $P6M5$.

Допоміжні інструменти - державка 50 – 80 – 231,8; втулки 50 – 2; 50 – 3, свердлильний патрон, конус хвостовика 2 типу 191111–016; різенарізний патрон типу 191221–030; різенарізний патрон типу 191221–140. Вимірювальний інструмент - спеціальні шаблони: $L = 82,2$; $L = 68$; $L = 10$; калібр-пробка $PP - HE \cdot 12,8H12$, калібр пробка $PP - HE \cdot 24,8H12$, калібр пробка $PP - HE \cdot 36H12$, калібр-пробка різева $PP - HE \cdot M12 - 7H$, калібр пробка різева $PP - HE \cdot M16 - 7H$, калібр пробка різева $PP - HE \cdot M24 - 7H$.

050 Мийна.

На цій операції проводиться очищення поверхонь від мастила, яке залишилось після нарізуванні різі. Мийка проводиться в спеціальних ваннах.

055 Контрольна.

Проводиться контроль розмірів, позиційних допусків і шорсткості після координатно-розточувальної і радіально-свердлильної операцій.

070 Гальванічна.

Проводиться покриття деталі цинком Ц18хр.

3.2.4. Розрахунки та призначення режимів оброблення.

Токарно-гвинторізна операція 015 виконується на верстаті мод.16K40, призначена для оброблення циліндричних поверхонь $\varnothing 184_{-0,185}^{+0,120}$ мм, 160_{js14} мм і двох торців.

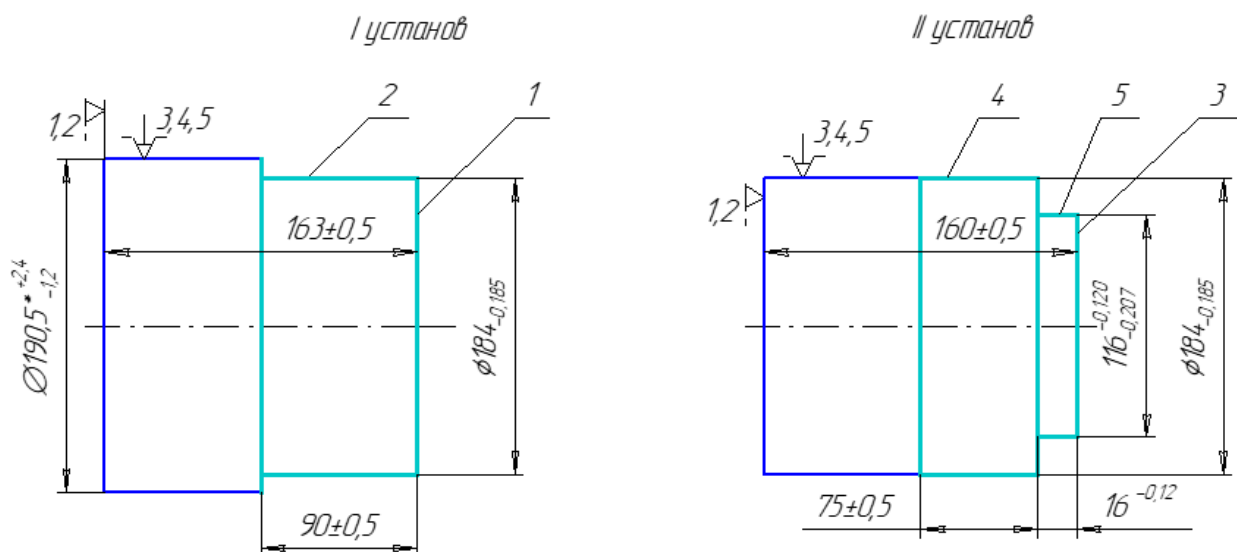


Рис. 3.3 - Операційний ескіз деталі (операція 015)

В табл. 3.6, 3.7 представлено результати розрахунків, призначень та нормування режимів різання згідно [17], часу оброблення для токарно-гвинторізної операції.

Таблиця 3.6 - Режими різання (операція 015)

Параметри різання	Види оброблення										
	чорнове					напівчистове			чистове		
	поверхня										
	1	2	3	4	5	2	4	5	2	4	5
Подача S_o , мм/об.	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,5	0,4	0,5	0,21	0,20	0,2
Кількість обертів шпинделя n_ϕ , об/хв.	120	120	120	120	120	125	125	200	300	300	300
Швидкість V_ϕ , м/хв.	74,6	73,5	74,6	73,5	73,0	81,4	81,4	95,0	180	180	112
Потужність N_p кВт	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	-	-	-	-	-	-
Хвилинна подача $S_{xв}$, мм/об.	87,4	98	87,3	98	87,3	124	124	198	78,6	78,6	78,6

Таблиця 3.7 - Результати розрахунків часу та його складових
(операція 015)

T_o	T_e	$T_{оп}$	$T_{пз}$	$T_{шт}$	$T_{шт.к}$
ХВИЛИН					
11,59	2,29	13,88	32,2	14,34	15,56

Вертикально-фрезерна операція 025 виконується на верстаті мод. 6Т13 та призначена для остаточного оброблення двох лисок $124js14$ і пазу $20h12 \times 18h12$.

В табл. 3.8, 3.9 подано зведені результати розрахунків режимів різання, часу оброблення для вертикально-фрезерної операції.

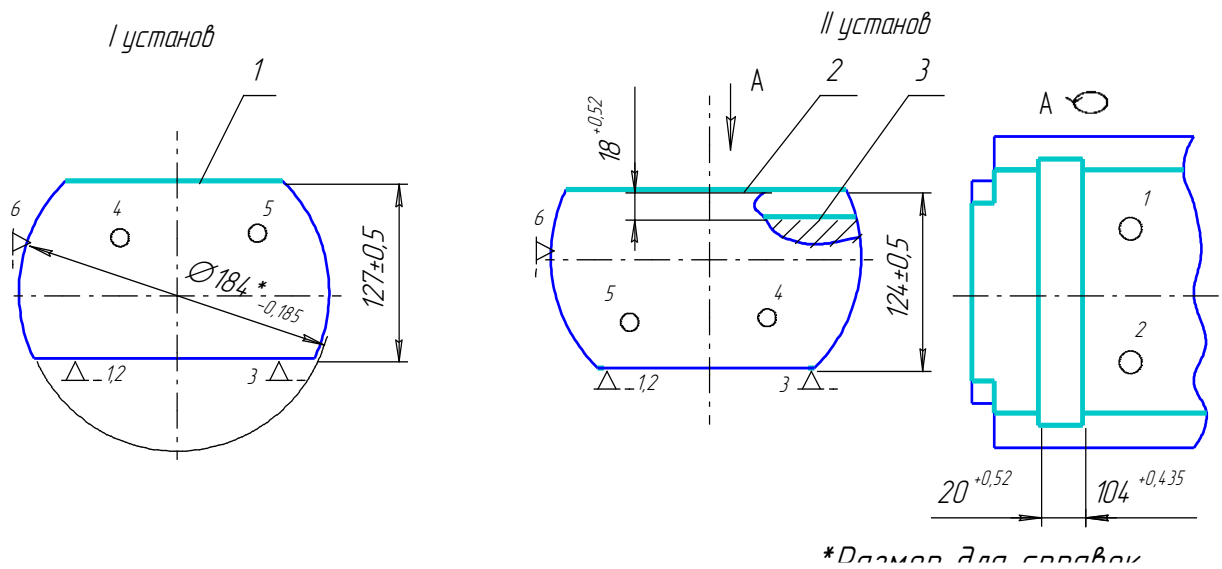


Рис. 3.4 - Операційний ескіз деталі (операція 025)

Таблиця 3.8 - Режими різання (операція 025)

Параметри різання	Вид оброблення		
	чорнове		
	поверхня		
	1	2	3
Подача S_z , мм/зуб	0,16	0,16	0,016
Кількість обертів шпинделя n_ϕ , об/хв.	550	300	300
Швидкість V_ϕ , м/хв.	197,5	198,6	19,9
Потужність N_p , кВт	9,9	9,8	1,2
Хвилинна подача $S_{xв}$, мм/об.	650	650	31,5

Таблиця 3.9 - Результати розрахунків часу та його складових
(операція 025)

T_o	T_v	T_{on}	$T_{пз}$	$T_{шт}$	$T_{шт.к}$
ХВИЛИН					
12,84	1,88	14,72	28	15,14	16,18

Для токарно-гвинторізної операції розраховані режими різання зведено у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 - Режими різання (операція 025)

№ позиції	Параметри								
	D , мм	t , мм	S_{of} , мм/об	n , об/хв	V_ϕ , мм/хв	N_ϕ , кВт	S_m , мм/хв	L_{px} , мм	T_o , хв
1, 2	6	4	0,2	2200	25,6	0,219	200	280	0,68
2, 3	8,6	4,3	0,14	1000	27,8	0,46	130	372	2,85
3, 4	10,2	5,1	0,26	700	22,9	1,1	200	250	0,92
1	12,2	6,1	0,24	700	26,9	0,8	150	190	1,61
1	13,4	6,6	0,44	350	15,1	1,1	130	180	1,45
1, 2	21,4	6,1	0,22	130	8,5	0,22	40	185	7,41
2, 3	21,4	10,5	0,48	200	16,8	1,2	100	165	1,65
1	26	1,4	0,48	200	18,8	2,6	100	150	1,58
1	14	1,2	1,4	30	1,52	0,52	50	148	3,4
1,2,3,4	36,4	17,8	0,62	120	13,7	2,48	60	326	2,1
1	36,2	0,6	0,22	120	14,4	0,46	30	540	1,52
1,2	12,6	0,1	0,22	200	10,2	1,06	50	186	3,5
2,3	24,6	0,2	0,34	120	9,6	1,26	50	158	3,6
3, 4	14	1,0	1,6	32	1,18	0,42	40	168	2,06
3, 4	26	1,2	1,6	32	2,36	0,56	50	132	3,26

3.3. Розрахунок необхідної кількості обладнання.

Розрахуємо дійсний час роботи устаткування:

$$\Phi_o = \Phi_n \cdot \left(1 - \frac{j}{100}\right),$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год.;

j – плановані невиходи на роботу, % (приймаємо $j=10\%$).

$$\Phi_o = 55 \cdot 8 \cdot 2 \left(1 - 10 / 100\right) = 3672 \text{ год.}$$

Таблиця 3.1 - Зведена відомість необхідної кількості устаткування і

Типи устаткування	Модель	Кількість	Встановлена потужність, кВт		Ремонтна складн.	
			одиниці	разом	одиниці	разом
Основне	16ДО20Ф	1	10	10	50	50
	ЗДО227А	1	50	50	40	40
	2204ВМФ4	1	7	7	50	50
	6Р13Ф3	1	9	9	40	40
	2А450Ф2	1	10	10	50	50
Піднімально-транспортне	кран мостовий	1	18	18	50	50
	передавальний-транспортер	1	-	-	-	-
Разом	-	7	58,8	58,8	245	245

В умовах середньосерійного виробництва необхідна кількість устаткування і спорядження розраховується за типами устаткування:

$$n_p = \frac{T_p}{\Phi_{\text{до}} \cdot K_{\text{е}}},$$

де T_p – річна працемісткість робіт з даного типу верстатів, год.;

$\Phi_{\text{до}}$ – фонд часу роботи одиниці устаткування, год.;

$K_{\text{е}}$ - коефіцієнт перевиконання норм часу, $K_{\text{е}} = 1,1$.

$$\Phi_{\text{до}} = D_p \cdot T_{\text{ом}} \cdot n \left(1 - \frac{j}{100} \right),$$

де D_p – число робочих днів у році;

$T_{\text{ом}}$ - тривалість роботи зміни;

n – число змін;

j - простої устаткування в, $j = 3\%$;

$$\Phi_{\text{до}} = 255 \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 3 / 100) = 3958 \text{ год.}$$

Розрахуємо коефіцієнт завантаження устаткування:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_{np}},$$

де n_p – розрахункова кількість устаткування;

n_{np} – прийнята кількість устаткування.

Оскільки розрахунковий коефіцієнт завантаження устаткування для оброблення корпусних деталей менший від рекомендованого, то умовно приймаємо його на рівні нормативного, завантаживши обладнання на ділянці операціями оброблення кришки, розрахувавши працемісткість виробничої програми.

Результати визначення необхідної кількості основного, допоміжного й піднімально-транспортного устаткування представлено у зведеній відомості, у якій зазначено вартість устаткування, встановлену потужність електродвигунів і категорії ремонтної складності.

Вартість устаткування підраховуємо за цінами, наявним на підприємстві. Витрати на транспортування й монтаж устаткування укрупнене ухвалюємо в розмірі 10–15% від загальної по прейскуранту.

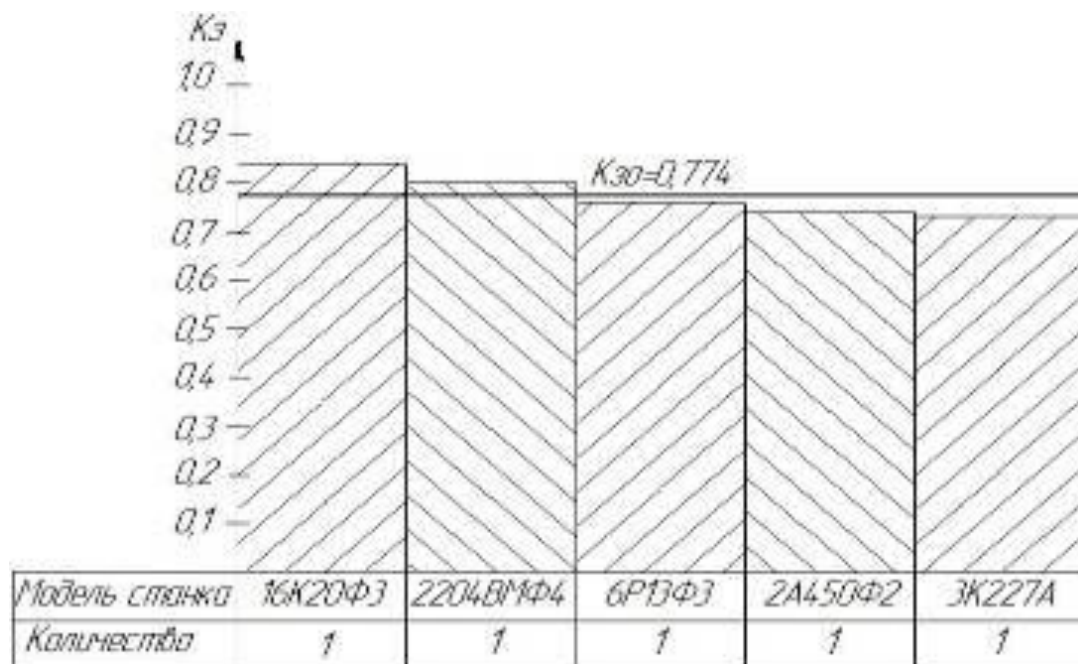


Рис. 3.5 - Графік завантаженості верстатів на ділянці

3.4. Проектування спеціальних пристосувань та інструментів.

3.4.1 Конструкції та принцип дії пристосувань.

Для координатно-розточувальної операції 045 проектної технології виникає необхідність у проектуванні пристосування. В заводських умовах корпус обробляється на універсальному верстаті моделі 2A430 в універсально-збірному пристосуванні. Застосування спеціального пристосування із пневматичним приводом підвищує зручності в роботі, забезпечується стабільність точнісних параметрів. Таке пристосування використовується для встановлення та закріплення корпусних деталей, аналогічних до об'єкту виробництва.

Деталь позбавлена шести ступенів вільності, за наявності трьох технологічних баз. Подвійна напрямна - поверхня $\varnothing 184h11$ позбавляє деталь чотирьох степеней вільності, направляюча база - паз $204h14 \times 18h14$, позбавляє деталь двох степеней вільності. Для закріплення заготовки прикладено сили P_1, P_2 , перпендикулярні двом лискам.

Пристосування працює при робочому тиску в пневмережі $p = 0,4 \text{ МПа}$, діаметром штока - 30 мм, діаметр діафрагми усередині пневмокамери $D = 280$ мм, діаметром опорного диска діафрагми - $d = 196$ мм.

Матеріали складальних одиниць; корпус - СЧ18, шток - сталь 40, гвинт натискний - сталь 45, прихват кулачковий - сталь 45.

Для координатно-розточувальної операції доцільно спроектувати таке пристосування, яке підходить до розмірів заготовки та забезпечує необхідну силу її затиску.

Пристосування в складанні повинно задовольняти технологічним вимогам креслення та забезпечувати якісне оброблення корпусу із заданою точністю розмірів.

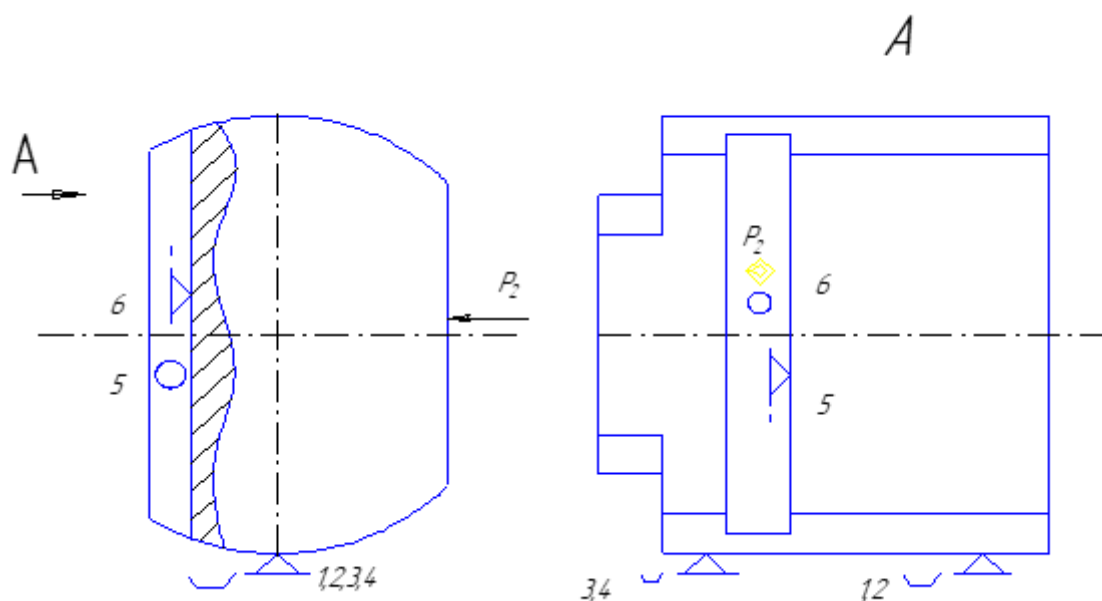


Рис. 3.6 – Схема базування заготовки в пристрої

Складання пристосування. Складальні одиниці та вузли пристрою слід візуально оглянути, у разі виявлення мікроефектів - усунути їх шляхом пригонки. Послідовність складання:

1. Прикріпити до штампованого корпусу 5 пневмокамеру 1 за допомогою болтів.
2. Вісь 8 встановити у корпус 5.
3. Балансир 7 встановити на вісь 8.
4. Штовхач 12 вставити у втулку 3.
5. Пружину 22 надягти на штовхач 12 і закрити кришкою 6 за допомогою болтів 15.
6. Розподільчий кран 2 приєднати до корпусу 5.
7. З'єднати пневмодвигун із розподільчим краном 10 за допомогою рукавів.
8. Встановити призму 11 на корпус 5, виконати точне базування, закріпити штифтами 21 і гвинтом 16.
9. У призму 11 вставити притискної кулачок 10 на вісь 9.
10. До призми 11 за допомогою гвинтів 17 закріпити шліц.

11. Вставити натискний гвинт у притискний кулачок і зафіксувати його гайкою 23.

Експлуатація пристрою.

1. Установити та закріпити пристосування на столі верстату за допомогою втулки перехідної 4 і пальця 22.

2. Підготувати поверхні до базування деталі.

3. Встановити заготовку ва призму 11 так, щоб закріплений на ній шліц 13 увійшов в паз заготовки, при цьому шліц служить опорною базою, а - призма - направляючою.

4. Закріпити заготовку притискним кулачком 10 поворотом та фіксацією рукоятки розподільного крана 2

5. Виконати операцію оброблення поверхонь заготовки.

6. Відкріпити заготовку, повернувши рукоятку розподільного крана 10 у зворотний бік (вихідне положення),

7. Зняти заготовку.

8. Підготувати поверхні базування пристосування для наступної заготовки.

3.4.2. Проектування різальних інструментів.

Для фрезерування двох лисок на вертикально-фрезерній операції 025 на верстаті 6Т13 виникає необхідність проектування різального інструменту. Для скорочення загального вибираємо двоступінчасту фрезу, оснащену вставками із твердого сплаву. Перша ступень вставок - із твердого сплаву Т5К10, друга - Т15К6.

Вихідні дані: матеріал деталі - сталь 45, твердість - 1900 – 1930НВ, ширина фрезерування 160 мм. Припуск на оброблення $h = 3$ мм. Оброблення проводиться на верстаті 6Т13 з потужністю електродвигуна 11 кВт. Заготовка кріпитися в пристосуванні підвищеної жорсткості.

Режими різання $t = 3$ мм; $S_z = 0,18$ мм./зуб, $V = 197,8$ м/хв, $T = 30$ хв.

Діаметр отвору на оправу визначимо за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1\sigma_{\text{з.д}}}},$$

де $M_{\text{сум}}$ - сумарний момент при згинанні та скручуванні оправы, Н·м;

$\sigma_{\text{з.д}}$ - допустима напруга на згин матеріалу оправки, приймаємо $\sigma_{\text{з.д}} = 250$ МПа.

Сумарний момент дорівнює:

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + M_{\text{кр}}^2};$$

де $M_{\text{зг}}$ - згинальний момент, діючий на оправку фрези, який розраховується за залежністю:

$$M_{\text{зг}} = \frac{3}{16}Pl,$$

де P - рівнодійна сил, виникаючих при фрезеруванні,

$$P = 1,411 \times P_z;$$

l - плече дії сили;

$M_{\text{кр}}$ - крутний момент, діючий на отворі під оправку фрези,

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2};$$

де D - діаметр фрези;

P_z - осьова сила різання, яка розраховується за формулою:

$$P_z = \frac{9,81 \cdot C_p \cdot t^{x\delta} \cdot S_z^{y\delta} \cdot B \cdot z}{D^{q\delta}},$$

де C_p - коефіцієнт конкретних умов оброблення; приймаємо $C_p = 68,2$;

$x; y; q$ - показники степеней; $x = 0,86; y = 0,72; q = 0,86$.

Сила різання P_z

$$P_z = \frac{9,81 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,18^{0,72} \cdot 160 \cdot 16}{200^{0,86}} = 13456,4 \text{ Н.}$$

Крутний момент, діючий на отвір під оправку фрези, дорівнює:

$$M_{кр} = \frac{13456,4 \cdot 200}{2} = 1345,6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначимо рівнодійну сил:

$$P = 13456,4 \times 1,411 = 18986,9 \text{ Н}.$$

Розрахуємо згинальний момент, діючий на отвір під оправку:

$$M_{зг} = \frac{3}{16} \cdot 18986,9 \cdot 41 = 146 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Сумарний момент дорівнює:

$$M_{сум} = \sqrt{1345,6^2 + 146^2} = 1353,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Діаметр державки фрези визначимо за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1353,5}{0,1 \cdot 250 \cdot 10^6}} = 0,038 \text{ м}.$$

Приймаємо $d = 50 \text{ мм}$.

3.4.3. Вибір і розрахунок вимірювальних інструментів.

В запропонованому технологічному процесі для розрахунків прийнято гладкий односторонній двох граничний калібр-скобу для контролю розміру деталі 118d9 ($\begin{smallmatrix} -0,120 \\ -0,207 \end{smallmatrix}$).

Граничні калібри призначені для контролю розмірів циліндричних, різевих, конічних і шліцевих поверхонь, розмірів виступів, глибини впадин, якщо на перевірочний розмір встановлено допуск, не точнішим ІТ6. До переваг калібрів відноситься довговічність, а також простота і досить висока продуктивність контролю. Не дивлячись на низку недоліків (складність виготовлення і настроювання калібру тощо), граничні калібри знаходять широке застосування як основних контрольних засобів в різних типах виробництва від масового до індивідуального. Найчастіше їх використовують для перевірки розмірів циліндричних деталей та отворів.

Схему розрахунків робочого та контрольного калібрів вибрано за [8]. У цьому ж стандарті наведено допуски на виготовлення калібрів, мкм (мм):

$$Z_1 = 15(0,015); H_1 = 10(0,01); H_p = 4(0,004).$$

Граничні розміри валу

$$d_{min} = d_{ном} + e_i;$$

де e_i - нижнє граничне відхилення;

$$d_{min} = 116 + (-0,120) = 115,793 \text{ мм};$$

$$d_{max} = d_{ном} + e_s;$$

де e_s - верхнє граничне відхилення;

$$d_{max} = 116 + (-0,207) = 115,880 \text{ мм}.$$

Розміри прохідного нового робочого калібру-скоби:

$$P - PP_{max} = d_{max} - Z_1 + H_{1/2};$$

$$P - PP_{max} = 115,880 - 0,015 + 0,005 = 115,870 \text{ мм};$$

$$P - PP_{min} = d_{max} - Z_1 - H_{1/2};$$

$$P - PP_{min} = 115,880 - 0,015 - 0,005 = 115,860 \text{ мм}.$$

Мінімальний розмір прохідного робочого калібру-скоби:

$$P - PP_{зн} = d_{max} - H_{1/2};$$

$$P - PP_{зн} = 115,880 - 0,002 = 115,878 \text{ мм}.$$

Розміри непрохідного калібру-скоби

$$HE_{max} = d_{min} + H_{1/2};$$

$$HE_{max} = 115,793 + 0,005 = 115,798 \text{ мм};$$

$$HE_{min} = d_{min} - H_{1/2};$$

$$HE_{min} = 115,793 - 0,005 = 115,788 \text{ мм}.$$

Для контрольного прохідного калібру-скоби:

$$K - PP_{max} = d_{max} - Z_1 + H_{p/2};$$

$$K - PP_{max} = 115,880 - 0,015 + 0,002 = 115,867 \text{ мм};$$

$$K - PP_{min} = d_{max} - Z_1 - H_{p/2};$$

$$K - PP_{min} = 115,880 - 0,015 - 0,002 = 115,863 \text{ мм.}$$

Розміри контрольного прохідного зношеного калібру-скоби:

$$K - PP_{зн. max} = d_{max} + H_{p/2};$$

$$K - PP_{зн. max} = 115,880 + 0,002 = 115,882 \text{ мм.}$$

Контрольний мінімальний зношений розмір калібру-скоби співпадає з найменшим прохідним зношеним розміром

$$K - PP_{зн. min} = 115,878 \text{ мм.}$$

Розміри контрольного непрохідного калібру-скоби складають:

$$K - HE_{max} = d_{min} + H_{p/2};$$

$$K - PP_{max} = 115,793 + 0,002 = 115,795 \text{ мм;}$$

$$K - HE_{min} = d_{min} - H_{p/2};$$

$$K - PP_{min} = 115,793 - 0,002 = 115,791 \text{ мм.}$$

Схему полів допусків розрахованого калібру наведено на рис.3.6.

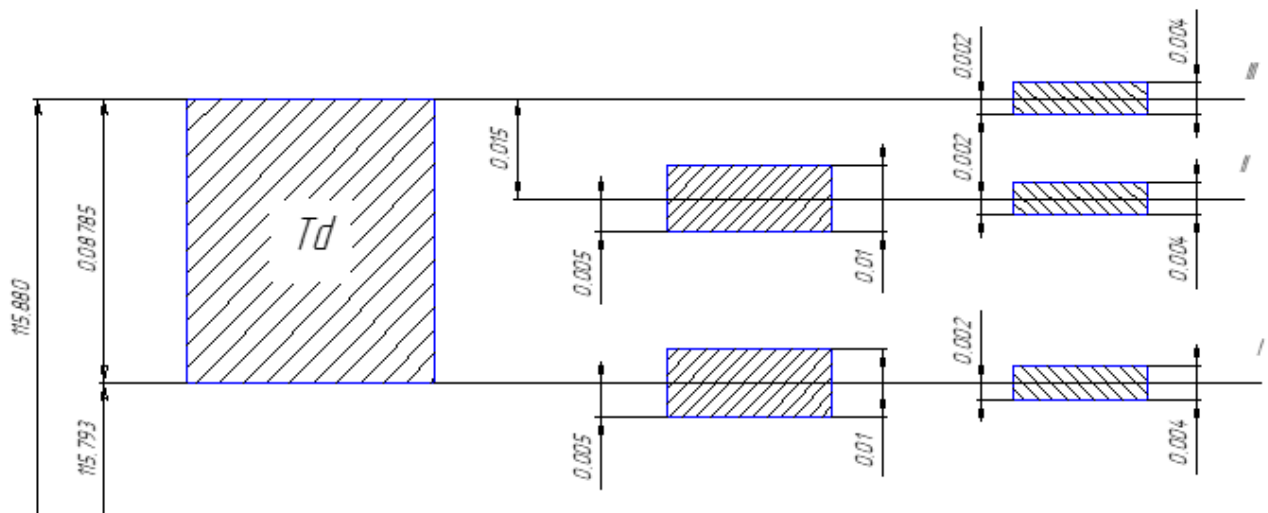


Рис. 3.6 – Розміщення полів допусків калібру скоби

4. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунки чисельності основного та допоміжного персоналу на дільниці.

На дільницях технологічної спеціалізації кількість працівників визначаємо з врахуванням наявності робочих місць і розраховуємо по кожній професії й розряду за формулою:

$$R_{яв} = \frac{T_p}{\Phi_{\partial} \cdot K_{\epsilon} \cdot K_{\partial\partial}},$$

де T_p – річна працемісткість робіт із професії та розряду, год.;

Φ_{∂} – річний фонд часу 1-го працюючого, год.;

K_{ϵ} – коефіцієнт нормативного виконання робіт, $K_{\epsilon} = 1,1$;

$K_{\partial\partial}$ – коефіцієнт багатостанкового обслуговування, $K_{\partial\partial} = 1$.

Розрахунки кількості необхідних на дільниці робітників за спеціалізацією зведено в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунки кількості робітників за операціями

Операції	Розрахунок	Прийнята кількість
- токарна	$K_{яв.ток} = 3859,1 / (3672 \cdot 1,1 \cdot 1) = 0,96$	1
- свердлильна	$K_{яв.сверд} = 3664,7 / (3671 \cdot 1,1 \cdot 1) = 1,73$	1
- шліфувальна	$K_{яв.шліф} = 3385,3 / (3672 \cdot 1,1 \cdot 1) = 0,83$	1
- фрезерувальна	$K_{яв.фрез} = 3580,6 / (3672 \cdot 1,1 \cdot 1) = 0,88$	1
Разом		4

Розраховуємо середній коефіцієнт виробничих робітників дільниці механічного цеху згідно тарифів:

$$K_0 = \frac{\sum K \cdot R_{яв}}{\sum R_{яв}},$$

де K – тарифні коефіцієнти відповідних розрядів;

$R_{яв}$ – явочна кількість робітників відповідних розрядів.

$$K_0 = \frac{1,62 \cdot 4 + 1,458 \cdot 2}{5} = 1,59.$$

Розраховуємо кількість допоміжних працівників на дільниці. Кожен працівник допоміжного персоналу закріплений за кожним робочим місцем на дільниці або за встановленими нормами його обслуговування [18].

Таблиця 4.2 – Кількість допоміжних працівників на дільниці

Допоміжні операції	Розряд	Норматив обслуговування	Прийнята кількість
- заточувальна	3	1 робітник на 1 верстат	1
- налагоджувальна	5	1 робітник на 8-10 верстатів	1
- слюсарно-ремонтна	3	1 робітник на 220 од. рем.склад.	1
- контрольна	3	1 робітник на 10-25 вир. робітн.	1
Разом			4

Кількість службовців, працівників ІТП і МОП визначаємо за встановленими нормативами на основі розробленої схеми керування дільницею, а також з урахуванням практичних даних підприємства, за умови, що кількість ІТП складає 10–15%, а МОП 2–3% від загальної штатної кількості працівників на дільниці.

Зведену відомість кількості працівників ІТП і МОП (по кожній категорії окремо) представлено в табл. 4.5.

Таблиця 6.6 - Відомість чисельності ІТП і службовців

Посада	Кількість працівників	Місячна заробітна плата, грн.
Старший дільничий майстер	1	7500
Змінний дільничий майстер	2	6300
Технічний працівник	2	3800
Разом	5	-

4.2. Розрахунки виробничої площі та побудова схеми планування дільниці.

Площу дільниці розраховуємо за формулою:

$$S_{dil} = n \cdot S_{num},$$

де n – кількість устаткування;

S_{num} – питома площа, займана одиницею устаткування, ($S_{num} = 20 - 30 \text{ м}^2$).

$$S_{dil} = 5 \times 25 = 125 \text{ м}^2.$$

Площу виробничої дільниці розраховуємо за формулою:

$$V = S_{dil} \cdot h,$$

де h – висота прольоту в цеху, $h = 8,2 \text{ м}$.

$$V = 125 \times 8,2 = 1025 \text{ м}^3.$$

Схему планування дільниці представлено в графічній частині.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Заходи з техніки безпеки на ділянці механічного цеху.

Основними заходами техніки безпеки в проектному цеху, ділянці є:

- застосування устаткування та установок, які відповідають категорії приміщень щодо пожежо- і вибухонебезпечності;
- суворе дотримання передбачених технологічним регламентом і паспортними даними режимів роботи устаткування, регламентів його експлуатації, оглядів, ремонтів, а також допустимих навантажень;
- оснащення устаткування та приміщень, у яких вони розташовані, автоматичними пристроями, які усувають або сигналізують про небезпеку;
- надійна герметизація устаткування, апаратури, резервуарів і трубопроводів із речовинами, що виділяють вибухонебезпечні гази, пил, а у випадку неможливості герметизації – оснащення устаткування вмонтованими в нього місцевими відсмоктувачами;
- теплоізоляція нагрітих поверхонь устаткування та комунікацій повинна забезпечувати температуру її зовнішньої поверхні не вище 45°C;
- оснащення устаткування апаратурою періодичного та безперервного автоматичного контролю і сигналізації витікання пожежо- і вибухонебезпечних парів, газів та рідин, а також вимкнення устаткування у випадку витікання;
- оснащення устаткування засобами, що запобігають накопиченню статичної електрики і її стіканню з усіх елементів устаткування;
- встановлення на устаткуванні граничних норм завантаження, швидкостей;
- дотримання режимів змащування та застосування мастил, які відповідають технічній характеристиці устаткування.
- з метою попередження ураження електричним струмом корпуси повинні бути заземлені або обнулені;

- при роботі з приладом, з якого знято захисний кожух, необхідно слідкувати за тим, щоб не доторкатися одночасно однією рукою до деталей, які знаходяться під напругою, а іншою – корпусу;

- слідкувати, щоб при роботі під струмом ручки викруток та інших інструментів були надійно ізольовані, а вільна рука не торкалася до корпусу приладу та його елементів;

- підлога приміщення регулювальної ділянки повинна бути виконана з струмонепровідного матеріалу, наприклад із сухої деревини, а за умови присутності високої напруги за необхідності використовувати додаткові засоби захисту: діелектричні рукавички, гумові килимки, тощо.

Для попередження нещасних випадків необхідно:

- проводити інструктажі та перевіряти знання робітників апаратури правил техніки безпеки та надання першої допомоги постраждалим;

- утримувати робочі міста, інструмент та одяг робітників в належному порядку;

- виконуючи монтажні роботи, підключати та переключати вимірювальні прилади лише при вимкненій напрузі живлення;

- не допускати сторонніх людей до робочих місць, попереджувати випадки залишання робочих місць без нагляду при відкритому монтажі приладу, що знаходиться під напругою;

- перед увімкненням та після вимкнення апаратури з відкритим монтажем розряджати конденсатори великої ємності спеціальними приладами;

- перевіряти справність протипожежного устаткування та захисних засобів.

5.2. Небезпечні виробничі фактори на ділянці та заходи щодо їх зниження.

Спроектована ділянка призначена для виробництва деталі «корпус». Для виготовлення деталі використовуються: токарно-гвинторізні верстати, токарні

верстати з ЧПК, свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат, координатно-розточувальний і вертикально- фрезерний верстат з револьверною головкою. Збирання стружки проводиться вручну. Оброблення ведеться із застосуванням ЗОР. Технологічне устаткування, в основному, універсальне. Заготовка подається на робочі місця партіями в піддоні за допомогою мостового крана вантажопідйомністю 5т, стружка з робочих місць вилучається аналогічно.

Категорії виконуваних робіт на ділянці по вазі – середньої ваги, по точності – середньої та високої точності.

Основними травмонебезпечними виробничими факторами, які можуть виникати в процесі оброблення деталі, є:

1. Різальні інструменти, швидкорізальні фрези, свердла можуть нанести травму, у тому числі з тяжкими наслідками, при випадковому дотику з ними в процесі роботи, у випадку захоплення ними одягу, а також раптовому їх руйнуванню. Доцільним є застосування і розроблення огорожень.

2. Пристосування для закріплення оброблюваних деталей, особливо кулачкові патрони становлять небезпеку як при випадковому до них дотику, так і у випадку захоплення одягу виступаючими частинами в процесі роботи верстата.

3. В сучасних режимах різання оброблювана деталь може вириватися із закріплюючих пристроїв. Травма може бути також нанесена обробленою деталлю при її знятті з верстата вручну без відповідних пристосувань.

4. При порушенні заземлення робітник може бути уражений електричним струмом. Ураження струмом при роботі на металорізальних верстатах явище відносно рідкісне, однак, це є значною небезпекою, тому огороження, блокування й заземлення повинні бути завжди в справному стані відповідно до чинних правил.

5. Приводні та передавальні механізми верстатів, особливо ходові гвинти токарних верстатів, ремінні, ланцюгові та зубчасті передачі, які можуть нанести травму в процесі налагодження, змащення і ремонту верстатів, а ходові гвинти та валики токарних верстатів становлять величезну небезпеку у процесі

експлуатації, оскільки їх огороження не передбачене заводами-виготовлювачами.

6. Стрічкова (зливна) металева стружка, яка утворюється при точінні та свердлінні деталей, зачіпає частини верстата й, упираючись у підлогу, звивається в петлі, заплутуючись навколо різця, деталі, супорта, задньої бабки, важелів керування та інших частин верстату. Розплутування стружки викликає додаткові витрати часу, окрім того, робітник зазнає небезпеки поранення рук і обличчя. Стружка сколювання, яка утворюється при точінні і фрезеруванні, а також пилові частки можуть травмувати очі робітника.

7. Вилітаюча стружка і пил крихких металів наносяться травми очей і опіки обличчя і рук. При обробленні крихких металів і неметалічних матеріалів повітря робочої зони забруднюється пилом оброблюваного матеріалу, шкідливими компонентами (свинець, берилій, азбест тощо). У цих випадках захисні окуляри та екрани на верстатах просто необхідні, але вони не вирішують зазначених проблем повністю.

8. Рухомі частини верстатів. До них відносяться: столи поздовжньо-стругальних, вертикально і горизонтально-фрезерних верстатів, повзуни шепінгів тощо. Усе це становить небезпеку, особливо за відсутності огорожувальних бар'єрів.

Для усунення і запобігання нещасних випадків на ділянці необхідно суворо дотримуватися правил і заходів, рекомендованих відповідними нормативними документами, які передбачають:

1. Передачі (ремінні, ланцюгові, зубчасті та інші), розташовані поза корпусом верстату повинні бути огорожені суцільними, з жалюзі або сітчастими покриттями залежно від необхідності спостереження за загородженим механізмом. Передбачається фарбування в сигнальні кольори рухомих складальних одиниць і огорожувальних пристроїв.

2. Органи керування верстатів необхідно оснащувати фіксаторами, які виключають випадкове їх включення або переміщення рухомих органів, а також пояснюючими написами та символами.

3. Обертальні пристрої або гладкі зовнішні поверхні за наявності виступаючих частин або заглиблень повинні мати огороження.

4. Для попередження порізів стрічковою стружкою необхідна зміна її форми в процесі різання шляхом завивання у гвинтову спіраль або подрібнення на окремі елементи. Щоб подрібнена стружка не потрапила в очі робітнику, необхідно використовувати захисні екрани та окуляри.

Рівень шуму в середньому на ділянці становить 73-77 ДБ, при гранично припустимому рівні 80 ДБ.

Рівень виробничої вібрації в середньому на ділянці становить 102 ДБ при гранично припустимому рівні для даних умов у 113 ДБ. Такий рівень вібрації є допустимим, і будь-які заходи щодо його зниження не потрібні.

Концентрація пилу в середньому на ділянці становить 2,6%, як показує практика, вона дещо завищена на механічній ділянці, проте не перевищує 6,0%.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі запропоновано проектну технологію виготовлення деталі «корпус» в серійному виробництві. За основу взято технологічний процес базового підприємства, але в нього були внесені зміни, оскільки розроблений він для одиничного типу виробництва.

Змінено спосіб одержання заготовки, запропоновано одержання заготовки на кривошипно-гаряче-штампувальному пресі. Це дозволило зменшити припуски на механічне оброблення і працемісткість одержання, а також собівартість штампованої заготовки на 10-30% за рахунок зменшення витрат матеріалу та експлуатаційних витрат.

Внесено зміни у базову технологію виробництва корпусу. Дві універсальні операції (координатно-розточувальна і радіально свердлильна) замінені на одну з використанням багатоцільового верстату ІР800ПМФ4. Це дозволило зменшити кількість основних робітників та допоміжного персоналу, зменшити площу ділянки механічного оброблення.

На вертикально-фрезерній операції запропоновано використання прогресивного різального інструменту - двохступінчатої торцевої фрези. За рахунок зменшення робочих ходів зменшуються енергетичні витрати на різання матеріалу у два рази, зменшується штучний час, а це приводить до зниження собівартості деталі.

На всіх операціях, де необхідний геометричний контроль якості поверхні, використовуються спеціальні шаблони, які зменшують допоміжний час на контроль і вимірювання розмірів.

За рахунок проведених змін зменшується технологічна собівартість корпусу, що обґрунтовує доцільність запровадження у виробництво прийнятих рішень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев. В 3-х т. Т.1. Изд. 6-е доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 736 с.
2. Автоматизоване проектування технологічних процесів: Навчальний посібник / С.М. Соловійов, О.Л. Ніколев, М.М. Івахненко, О.П. Гожий. – Миколаїв: Вид-во УДМТУ, 2001. – 63 с.
3. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих закладів освіти / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 2001. – 296 с.
4. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
5. Гевко Б.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра / Б.М. Гевко, Ю.Б. Капаціла, І.Г. Ткаченко. – Тернопіль: Вид-во ТДТУ, 2002. – 35 с.
6. Горбатюк Є.О. Технологія машинобудування / Є.О. Горбатюк, М.П. Мазур, А.С. Зенкін, та ін. – К.: Вид-во «Новий світ», 2009. – 360 с.
7. Добрянський С.С. Технологія машинобудування і технологічні основи машинобудування / С.С. Добрянський, В.К. Фролов, Ю.М. Малафеев, В.М. Гриценко. - К.: НТУУ «КПІ», 2007. - 72 с.
8. Данильченко Л.М., Дудар П.А. Кінцево-елементне математичне моделювання процесів різання / Л.М. Данильченко, П.А. Дудар / Збірник тез доповідей VIII Науково-технічної конференції. Інформаційні моделі, системи та технології – Тернопіль 09-10 грудня 2020 р. - Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 8-9.
9. Данильченко Л.М., Дудар П.А. Моделювання процесів стружкоутворення при різанні / Л.М. Данильченко, П.А. Дудар / Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020 р. - Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 63-64.

10. Данильченко Л.М., Кушнір Я.М. Дослідження імітаційно-реологічної моделі функціонально-орієнтованого проектування ТП / Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів ТНТУ ім. І. Пулюя “Актуальні задачі сучасних технологій” 26-27 листопада 2018 р. - Тернопіль: ТНТУ, 2018. - С. 78-79.

11. Данильченко Л.М., Радик Д.Л.. Аналіз математичних моделей тертя в оборобленні тиском / Л.М. Данильченко, Д.Л. Радик / Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020 р. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2020. С. 65-66.

12. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. / М.Г. Дичковський. - Тернопіль: ТДТУ, 2001. - 277 с.

13. Когут М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник / М.С. Когут. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.

14. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов / В.С. Корсаков. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.

15. Мельничук П.П. Технологія машинобудування: Підручник / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков. – Житомир: Вид-во ЖДТУ, 2005. - 835 с.

16. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2019. - 240 с.

17. Пилипець М.І., Данильченко Л.М., Ткаченко І.Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Організація виробництва». Тернопіль: ТНТУ, 2018. - 60 с.

18. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник / П.О. Руденко. – К.: Вища школа, 1993.

– 414 с.

19. Соловйов С.М. Автоматизоване проектування технологічних процесів: Навчальний посібник / С.М. Соловйов, О.Л. Ніколаєв, М.М. Івахненко, О.П. Гожий. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 63 с.

20. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова – 4-е изд. переработанное и дополненное – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

21. Yousif Duhair. Investigation of machining parameters in the design of cnc technologies / Danylchenko L., Yousif Duhair. Book of abstract of the International scientific and technical student's conference "Fundamental and applied sciences. Actual questions" 26th-27th of April 2018. – Ternopil: TNTU, 2018. – P. 203-204.