

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Чорноокому Андрію Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення
цапфи ПС-10А.15.080 з дослідженням процесів
ступеневого розточування отворів

Керівник роботи Комар Роман Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» вересня 2021 року № 4/7-791

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, технічні умови на виготовлення;
річна програма випуску N = 6000 шт.; базовий технологічний процес виготовлення
цапфи ПС-10А.15.080

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина. Проектна частина.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Результати наукових досліджень(1 арк. А1).

Складальні креслення пристроїв для механічної обробки (2 арк. А1, 1 арк. А2).

Схеми інструментальних налагоджень на операції механічної обробки (2 арк. А1).

Компонувальний та план розміщення обладнання на ділянці (1 арк. А2).

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу	
Реферат	
Вступ	
1 Аналітична частина	
1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи	
1.2 Методи вирішення поставленої проблеми	
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	
2 Науково-дослідна частина	
2.1 Характеристика об'єкту дослідження	
2.2 Обробка результатів досліджень	
2.3 Аналіз і узагальнення отриманої інформації	
2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів досліджень	
3 Технологічно-конструкторська частина	
3.1 Службове застосування та характеристика виробу	
3.2 Розробка технологічного процесу виробництва деталі	
3.3 Визначення кількості верстатів	
3.4 Конструювання оснащення для мехобробки	
4 Проектна частина.....	
4.1 Визначення площі ділень цеху	
4.2 Розробка компоновки цеху та обладнання мехдільниці	
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
5.1 Розробка заходів для зниження рівня шуму на ділянці	
5.2 Розрахунок віброізоляторів для верстатів	
5.3 Заходи для пожежної безпеки проекрованої ділянці	
Висновки	
Перелік посилань	
Додатки	

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна роботи магістра на тему: «Розроблення технології виготовлення цапфи ПС-10А.15.080 з дослідженням процесів ступеневого розточування отворів», автор: Чорноокий Андрій Вікторович.

Актуальність теми роботи. Отвори великих діаметрів, технологічне отримання яких включає їх поступове розточування до потрібного розміру, відносяться до поширених конструктивних елементів деталей класу корпусів, ступиць, цапф, втулок та інших продуктів машинобудування. Тому дослідження технології ступеневого розточування отворів поряд із розробленням технологічного процесу виготовлення деталі типу цапфи і розробкою механічної дільниці для впровадження даного технологічного процесу стали актуальним напрямом досліджень при виконанні кваліфікаційної роботи.

Мета і завдання досліджень: дослідити процес ступеневого розточування отворів та розробити технологічний виробництва цапфи ПС-10А.15.080.

Отримані результати: проаналізовано процес ступеневого розточування отворів і конструктивних особливостей засобів для його здійснення; досліджено вплив конструктивних параметрів ріжучих пластин на якість та продуктивність оброблення; розроблено технологічний процес виготовлення цапфи з проектом механічної дільниці для його реалізації; сконструйовано спеціальне оснащення для забезпечення точності обробки заданих поверхонь.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено ґрунтовний технологічний процес виробництва деталі типу цапфи, який може мати застосування в умовах діючого виробництва. Запропоновано рекомендації щодо забезпечення продуктивності обробки процесами ступеневого розточування.

Апробація. Основні результати досліджень по даній роботі доповідались на IV-й Міжнародній студентській науково-технічній конференції, яка проводилася у ТНТУ ім. Івана Пулюя у 2021 р.

ВСТУП

Отвори великих діаметрів, технологічне отримання яких включає їх поступове розточування до потрібного розміру, відносяться до поширених конструктивних елементів передусім корпусних деталей, а також їх можна зустріти у конструкціях ступиць, цапф, втулок та інших продуктах машинобудування. Так аналізом сучасних технологічних процесів механічної обробки корпусних деталей встановлено, що більше третьої частини трудомісткості виготовлення цих виробів, становлять технологічні операції точіння чи розточування отворів. Причому залежно від функціонального призначення цих поверхонь до них ставляться різні вимоги щодо точності обробки. У більшості випадків розточувані отвори є посадочними місцями під встановлення підшипникових вузлів, базувальними чи складальними поверхнями, що й зумовлює підвищені вимоги щодо точності їх оброблення. Але до таких поверхонь ставлять додаткові вимоги до точності форми, точності просторового розташування їх осей, параметрів шорсткості поверхні. Також у поперечному розрізі задають точність форми отвору, відхилення від круглості; в поздовжньому перерізі – відхилення осі отвору, його конусоподібність. Відповідальним, з точки зору технології, є забезпечення заданого просторового розташування осі отвору: паралельності відносно заданої базової поверхні, або паралельності осей групи отворів; відхилення осі отвору від перпендикулярності до поверхні в якій вони обробляються, відхилення від співвісності групи отворів, які розміщуються на одній вісі в декількох стінках корпусної деталі, відхилення від заданого допуску перетину осей декількох отворів – саме ці складні технологічні умови визначили процеси ступеневого розточування отворів як об'єкт подальших досліджень.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

Актуальність теми роботи

Технологічні отвори обробка яких передбачає їх поступове розточування до потрібного розміру, відносяться до поширених конструктивних елементів корпусних виробів, а також їх можна зустріти у конструкціях ступить, цапф, втулок та інших аналогічних деталях. Зазвичай операції розточування проводять на розточних, агрегатних верстатах та оброблювальних центрах. Подача інструменту направлена вздовж осі отвору, обертовий рух задається або інструменту, або заготовці.

Класичні технології та способи ступінчастого розточування застосовуються ще з минулого століття, але сучасне машинобудування ставить вимогу щодо підвищення продуктивності обробки, якості оброблюваних поверхонь, точності. Для підвищення точності обробки розточуванням, на токарних верстатах, доцільно застосовувати уніфіковане оснащення. Аналіз типового технологічного оснащення для підвищення точності та продуктивності обробки розточуванням проведений колективом науковців [1]. Також окремі праці присвячені дослідженням підвищення ефективності технологій розточування [2], впливу геометрії циліндричної поверхні при її обточуванні на якість поверхні, точність розточуваної поверхні [3, 4].

Також всесвітньо відомі виробники як Sandvik Coromant (Швеція) [5], Mitsubishi (Японія) [6], Taegutec (Південна Корея) [7], Walter tools (Німеччина) [8], є розробниками нових технологій обробки та виробниками широкої номенклатури різальних інструментів, які застосовуються на сучасних виробництвах для чорнових та чистових оброблень ступінчастим розточуванням отворів. На основі попередньо проведеного аналізу [9] особливостей та перспектив застосування такого способу обробки було

встановлено актуальність та доцільність такого дослідження при виконанні завдань поставлених у кваліфікаційній роботі магістра.

У машинобудуванні технологічно доцільно розточувати діаметри від 3 мм. Найбільшого поширення набули технологічні процеси оброблення отворів 20...110 мм. Стандартний інструмент призначений для ступінчастого розточування отворів за технологіями попередньої обробки 18...500 мм, а для викінчувальної обробки 25...1000 мм. Доцільно також зауважити, що більш продуктивнішою є технологія попередньої обробки, оскільки вона передбачає використання багатолезових розточувальних інструментів. Недоліком є відносно низька точність та якість чорнової обробки.

Точність оброблених розточуванням поверхонь відповідає 9-му квалітету, а для чистової обробки, при застосуванні певних режимів обробки та високоточного інструменту, забезпечує 6-й квалітет. Шорсткість оброблених поверхонь в межах $Ra = 1$ мкм. Переважно конструкція інструменту для чистової обробки передбачає підвищення точності позиціонування леза для отримання допусків отвору за вищим квалітетом. Але і попереднім проточуванням досягається досить висока якість та точність оброблюваних отворів. У даному випадку це визначається режимами оброблення та застосовуваним інструментом. Щодо кількості ріжучих пластин – то технологія виду оброблення передбачає застосування, як для попереднього так і для кінцевого розточування, інструмент із одним або декількома пластинами. Кількість ріжучих пластин залежить від потужності використовуваного обладнання, матеріалу заготовки. Зокрема технологія попередньої обробки, де потрібна висока продуктивність при зніманні припуску, передбачає використання двох-, трьох- та більше ріжучих пластин. Дані пластини розміщуються або ж на одному рівні, знімаючи кожна однаковий припуск за оберт заготовки чи інструменту, або ці пластини мають різне положення чи різний розмір згідно свого висотного і діаметрального розміщення. Перша технологія обробки забезпечує значні подачі на оберт, а друга і є видом класичного ступеневого розточування.

Обробка за технологією розвертання відноситься до чистових операцій, хоча інструмент характеризується застосуванням декількох ріжучих пластин у вигляді зубів, що типово для попередньої обробки, але забезпечує значно вищу якість обробленого отвору. Недоліком є те, що дана технологія є мало продуктивна, знімається за оберт малий припуск і є мала глибина різання у радіальному напрямку обробки.

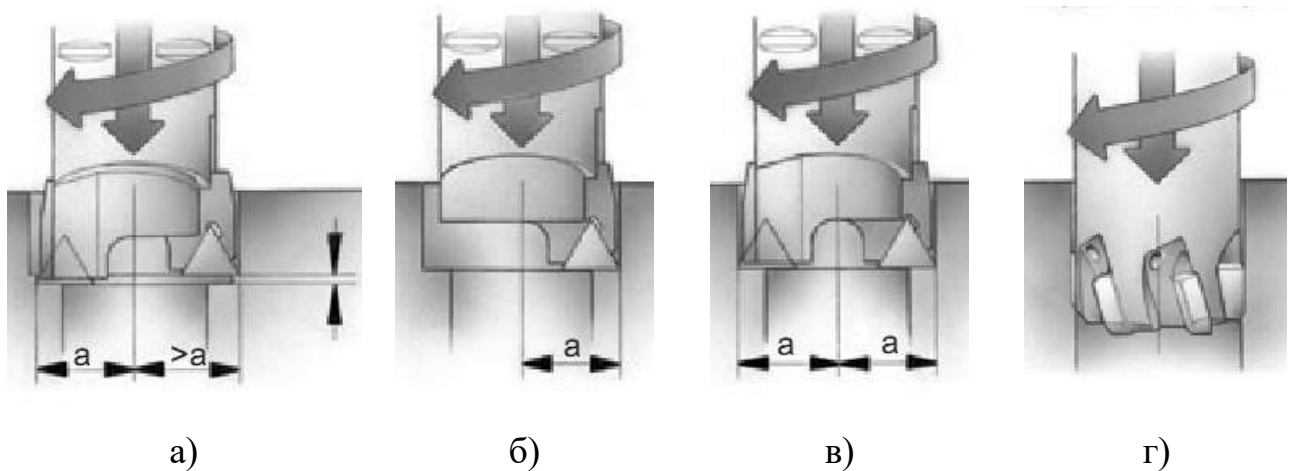


Рисунок 1.1 – Технології виконання розточних операцій:

а) ступеневе розточування; б) одна ріжуча пластина; в) дві і більше ріжучих пластин; г) розвертання.

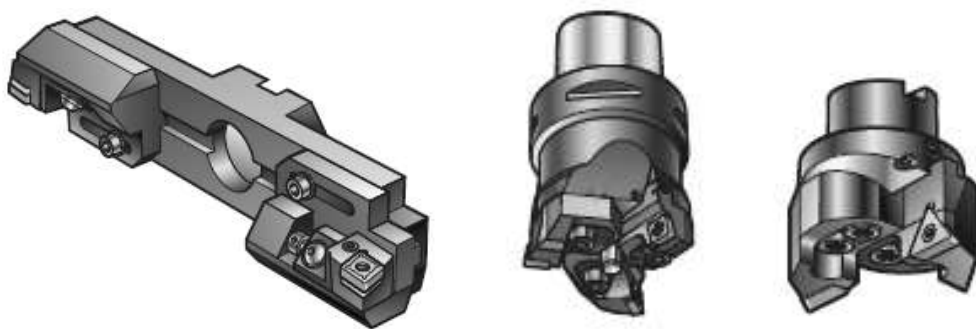


Рисунок 1.2 – Типові конструкції головок для ступеневого розточування

При обробці деталей із важкооброблюваних чи надтвердих матеріалів, оптимальне стружко утворення при ступеновому розточуванні забезпечується якщо глибина обробки рівна довжині ріжучого леза або не більша 1,5 значення його довжини. Якщо технологічно необхідно отримати дрібну стружку – припуск приймають половині і менше довжини ріжучої пластини.

При необхідності отримання дуже дрібної стружки можна розділити на декілька частин навіть припуск рівний половині довжини ріжучої кромки пластини.

Сучасний розточний інструмент виготовляється переважно у вигляді модульної конструкції у яку входить різцева вставка (1, 2, 3 шт. або більше), проставка, заглушка, корпус. Різцеві вставки регулюються по вильоту гвинтом або проставками. Заглушка застосовується балансування інструменту та для блокування каналів для підведення змащувально-охолоджувальних рідин, якщо під час обробки буде використовуватися лише одна різцева вставка.

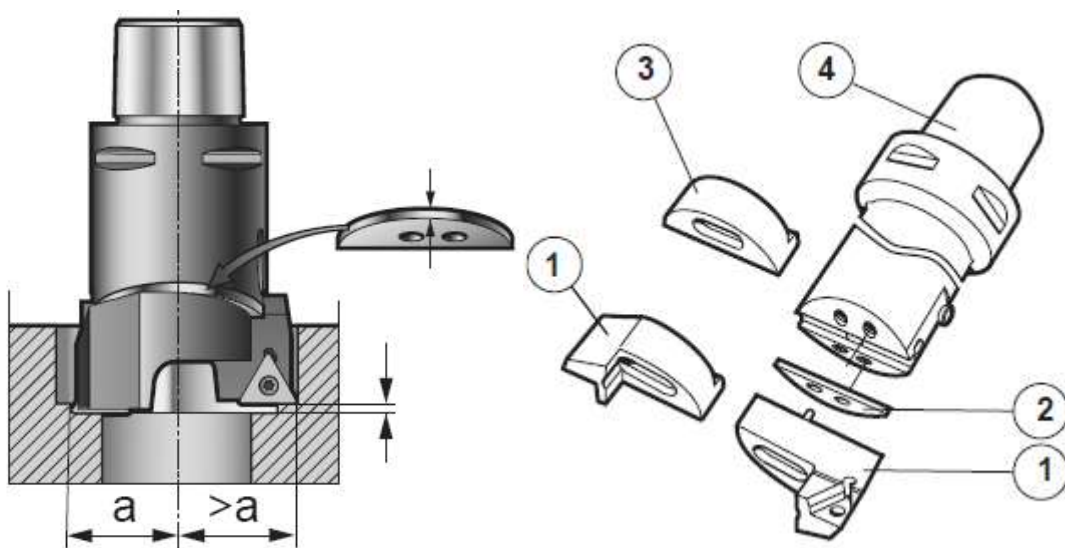


Рисунок 1.3 – Типова конструкція різцевої головки для ступеневого розточування із регулюванням проставкою: 1 – різцева вставка; 2 – проставка; 3 – заглушка; 4 – корпус

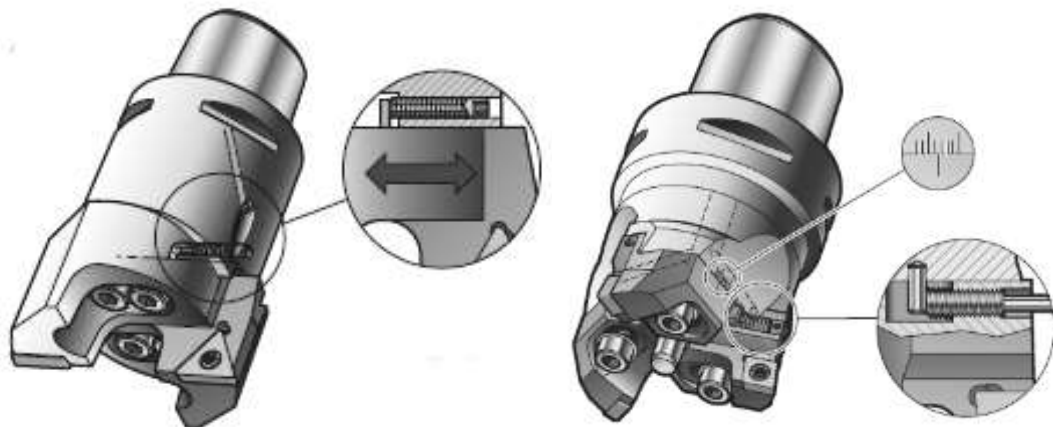


Рисунок 1.4 – Типова конструкція різцевої головки для ступеневого розточування із регулюванням гвинтом

Розточування із застосуванням багатолезового інструменту є оптимальним рішенням для більшості операцій ступеневого розточування, оскільки дане конструктивне рішення забезпечує максимальну продуктивність обробки. Кількість лез, як правило, два або три, які дозволяють високопродуктивно проводити попередню обробку з точністю до 9-го квалітету або й вище. Така технологія доцільна тільки для тих випадків коли продуктивність оброблення є пріоритетом. У такому випадку значення подачі визначається добутком подачі для кожної ріжучої пластини на їх кількість [5]

$$S_n = S_z \cdot z \quad (2.1)$$

Пластини інструменту для ступеневого розточування налаштовані на різні діаметральні розміри і осьову висоту. Таке конструктивне виконання забезпечує можливість більшого радіального врізання та контроль над подрібненням стружки. Особливо це актуально для матеріалів, які мають властивість утворювати довгу стружку. У даному випадку широка або довга стружка технологічно подрібнюється і легше видаляється із зони оброблення. Щодо контрольованості процесу стружко подрібнення та продуктивності обробки – то необхідно правильно вибрати геометрію, матеріал ріжучих пластин, їх тип, головний кут в плані. Переважно ці параметри є у рекомендаціях виробників інструменту. Також під час технології ступеневого розточування можна зменшити кількість використовуваного інструменту. Значення подачі і якість оброблюваних поверхонь аналогічні як при однолезовій обробці. Точність 9-й квалітет або вище [5]:

$$S_n = S_z \quad (2.2)$$

Ріжучі пластини, які застосовуються у інструменті для ступеневого розточування, застосовують двох типів:

- із задніми кутами;
- без задніх кутів.

Так як технологія ступеневого розточування застосовується для попереднього оброблення (чорнового) – то доцільно використовувати пластини із задніми кутами, малими кутом і радіусом при вершині. Така конструктивна особливість забезпечує зменшення сил різання у порівнянні із пластинами без задніх кутів. Проте пластини без задніх кутів більше підходять для жорстких умов роботи де необхідні міцні пластини і підвищена безпека технологічного процесу мехобробки. Також така конструкція стабілізує умови обробки та зменшує витрати пластин.

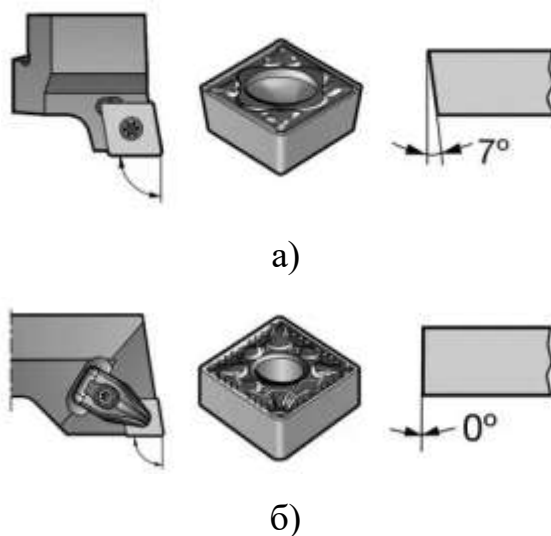


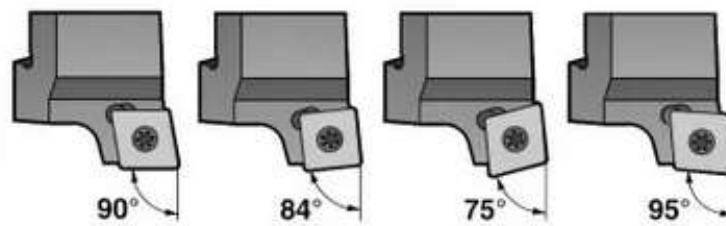
Рисунок 1.5 – Конструкції пластин для ступеневого розточування:

а) із задніми кутами; б) без задніх кутів

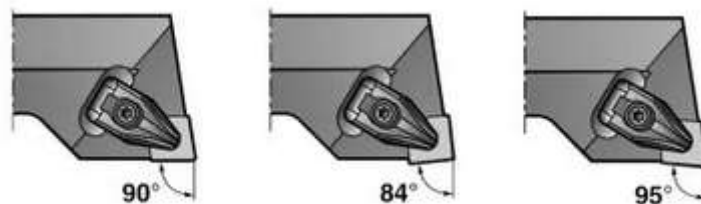
Кут в плані для розточного інструменту впливає на напрям та величину радіальної та осьової складових сил різання. Велике значення головного кута в плані під час обробки сприяє виникненню значних осьових сил, а мале значення кута в плані – значних радіальних сил. Є наступні рекомендації щодо конкретних значень головного кута в плані [5]:

- головний кут 90^0 : рекомендований для основних операцій технологій ступінчастого розточування та обробки виступів;
- головний кут $84^0/75^0$: під час обробки переривистим різанням, пакетного розточування, обробки литих заготовок із можливими пісчаними вclusions. Застосовується для обробки тільки наскрізних отворів;

- головний кут 95° : застосовується з метою підвищення подачі, для покращення якості оброблюваної поверхні. Застосовуються тільки при стабільних умовах обробки.



а)



б)

Рисунок 1.6 – Конструкції пластин із головним кутом в плані:

а) пластини із задніми кутами; б) пластини без задніх кутів

Особливості типових конструкції інструменту для технологій високопродуктивного ступеневого розточування:

- застосовується інструмент із трьома ріжучими пластинами. Оскільки технологічно збільшена пляма контакту пластин із заготовкою, цей інструмент потребує обладнання із певним запасом потужності. При потребі підвищення продуктивності обробки всі ріжучі пластини налаштовують на один діаметральний і висотний параметр. Для ступеневого розточування пластини налаштовують на необхідні діаметральні та висотні розміри. Налаштування проводиться проставками, які розміщують між ріжучою вставкою та корпусом різцевої головки. Відповідно дві ріжучі пластини відповідно налаштовуються на максимальний та мінімальний розмір розточування, а проміжна на величину припуску між ними, що ділиться порівну. При потребі чистової обробки – дві різцеві вставки демонтують, а на їх посадочні місця встановлюють заглушки,

які балансують інструмент, запобігають пошкодженню корпусу та втрат мастильно-охолоджувальної рідини через відкриті канали;

- використовується інструмент із двома ріжучими пластинами. Таке конструктивне виконання не потребує високо потужного верстатного обладнання. Найбільший припуск матеріалу, що знімається за один прохід, приймається половині довжини контактуючої кромки різальної пластини. Якщо заданий припуск на обробку розподіляється між ними – то беруть до уваги технічні можливості зняття даного припуску двома пластинами за один оберт. У випадку виникнення проблем із видаленням стружки – припуск зменшують. Принцип роботи для різних видів обробки аналогічний попередньому типу інструменту.

На процес обробки значний вплив має величина припуску, який знімає ріжуча пластина. Оскільки при крупносерійному чи масовому виробництві процеси обробки проводяться безперервно, то внаслідок температурних деформацій від нагрівання зони різання можливе «віджимання» ріжучої пластини. Це може спричинити погіршення точності та якості обробки, зниження продуктивності внаслідок зменшення припуску, який знімається за оберт, аж до виходу ріжучої пластини із контакту з поверхнею заготовки і проковзування по оброблюваній поверхні.

Типовими проблемами, при ступеневому розточуванні, також можуть бути явища вібрацій в зоні різання, пакетування стружки, наростоутворення на ріжучих пластинах, швидке затуплення пластин, їх пластична деформація, приварювання стружки до інструменту, пошкодження стружкою інструменту, надмірне нагрівання та поломка ріжучих пластин.

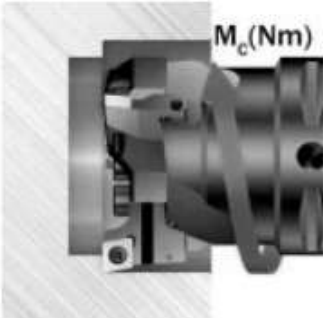
1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

Поширені проблемні явища, які мають місце у технологіях ступеневого розточування отворів, мають відносно прості вирішення. Для наглядності причини виникнення проблем та способи їх усунення чи попередження узагальнено у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Способи вирішення проблем ступінчастого розточування отворів

Проблема 1	Причина виникнення 2	Спосіб вирішення 3
Стружкоподрібнення (стружка надто дрібна) 	<ul style="list-style-type: none"> - надто висока подача; - дуже мала швидкість різання; - невідповідна геометрія різальної пластини 	<ul style="list-style-type: none"> - зменшити значення подачі; - збільшити швидкість різання; - вибрати геометрію пластини з більш відкритим стружколомом
Стружкоподрібнення (стружка надто довга) 	<ul style="list-style-type: none"> - надто мала подача; - надто висока швидкість різання; - невідповідна геометрія різальної пластини 	<ul style="list-style-type: none"> - збільшити значення подачі; - зменшити швидкість різання; - вибрати геометрію пластини з більш закритим стружколомом
Вібрація інструменту 	<ul style="list-style-type: none"> - надто великий виліт (довжина) інструменту 	<ul style="list-style-type: none"> - застосовувати максимально допустиму довжину вильоту; - використовувати антивібраційні оправки
— // —	<ul style="list-style-type: none"> - не стабільні умови обробки 	<ul style="list-style-type: none"> - забезпечити жорстке закріплення інструменту з контактом по торцю; - використовувати

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3
		розточний інструмент з двома пластинами; - перевірити міцність інструментального складання та момент затягування гвинтових з'єднань; - перевірити шпиндель верстата, закріплення заготовки, ступінь їх зношення.
—//—	- надто велике / мале значення подачі	- зменшити / збільшити подачу
—//—	- надто велика швидкість різання	- зменшити швидкість різання
—//—	- надто велика глибина різання	- застосувати тільки технологію ступеневого розточування
—//—	- значні сили різання	- зменшити глибину обробки за оберт; - застосувати ріжучі пластинки із задніми кутами; - застосувати ріжучі пластинки з меншими радіусами при вершині.
—//—	- низькі сили різання	- збільшити глибину обробки за оберт.
<p>Потужність верстата</p> 	- обмежена потужність обладнання	- зменшити режими різання; - застосувати тільки технологію ступеневого розточування.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

В результаті аналізу останніх досліджень та розробок технологій ступеневого розточування було виявлено окремі проблеми, які знижують ефективність такої обробки. Проте поряд із присутніми недоліками такого способу обробки є ряд його переваг, зокрема це можливість більшого радіального врізання та контроль над подрібненням стружки. Особливо це актуально для матеріалів, які мають властивість утворювати довгу стружку. У даному випадку широка або довга стружка технологічно подрібнюється і легше видаляється із зони оброблення. Також технологія ступеневого розточування дозволяє зменшити час на зміну і кількість використовуваного інструменту. У окремих випадках така технологія запобігає виникненню вібрацій, а також проводити обробку на малопотужному обладнанні. Відповідно при подальших дослідженнях необхідно встановити оптимальні технологічно-конструктивні параметри застосовуваного інструменту та їх вплив на якість та продуктивність обробки. Також на основі аналізу призначення та конструктивних особливостей цапфи необхідно вибрати оптимальний спосіб одержання її заготовки. Для пропонувані способів обробки вибрати схеми базування, провести технічне нормування та призначення режимів обробки, верстатного обладнання. На основі проведеного розробити технологічний процес виготовлення цапфи із розробкою оснастки для операцій механічної обробки. Взявши за основу типорозміри призначеного верстатного обладнання спроектувати механічну дільницю для виробництва заданого виробу.

Також необхідно узагальнити та систематизувати заходи щодо дотримання охорони праці та безпеки життєдіяльності на виробництві.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика об'єкту дослідження

Об'єктом досліджень є технологія ступеневого розточування отворів та технічні засоби (інструмент) для її реалізації. Аналізом технологічних процесів розточування встановлено, що ступеневе розточування відноситься до видів чорнової обробки. У більшості випадків застосовується універсальний багатолезовий інструмент, який швидко переналагоджується за допомогою регулювальних гвинтів або відповідних проставок як на високопродуктивну обробку так і на ступеневе розточування. Наближене налаштування проводиться лінійним переміщенням різцевої вставки до осі адаптера чи оправки, а у кінцевому положенні різцева вставка точно позиціюється та фіксується гвинтами. Конструктивно інструмент для обробки малих діаметрів схожий на пристрої для важких умов роботи при розточуванні отворів більше 150 мм. Різниця лише у габаритах та способах регулювання різцевих вставок.

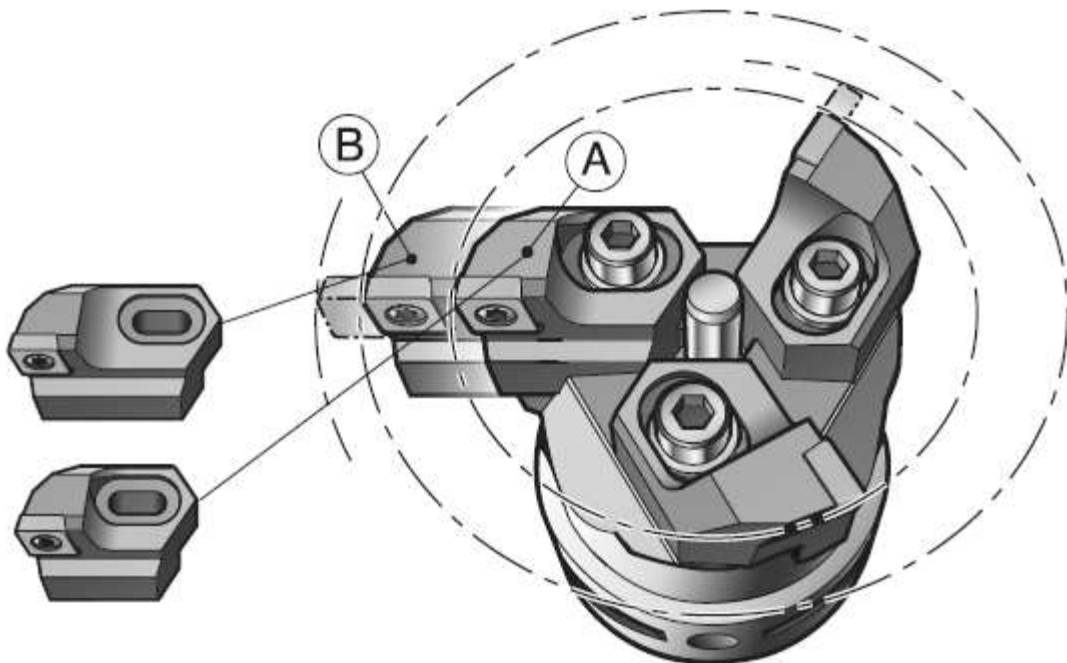
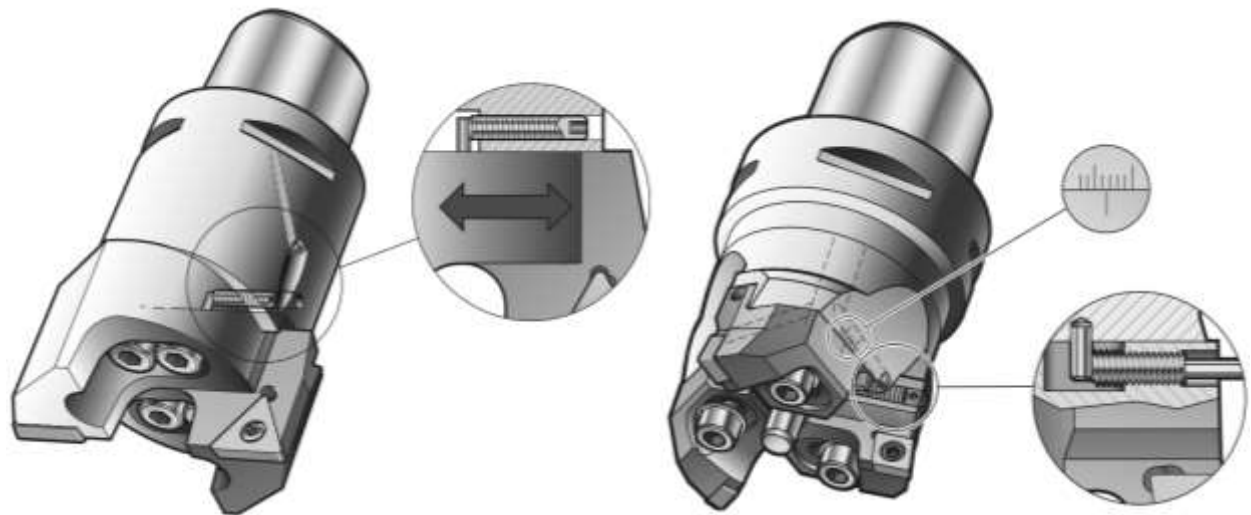
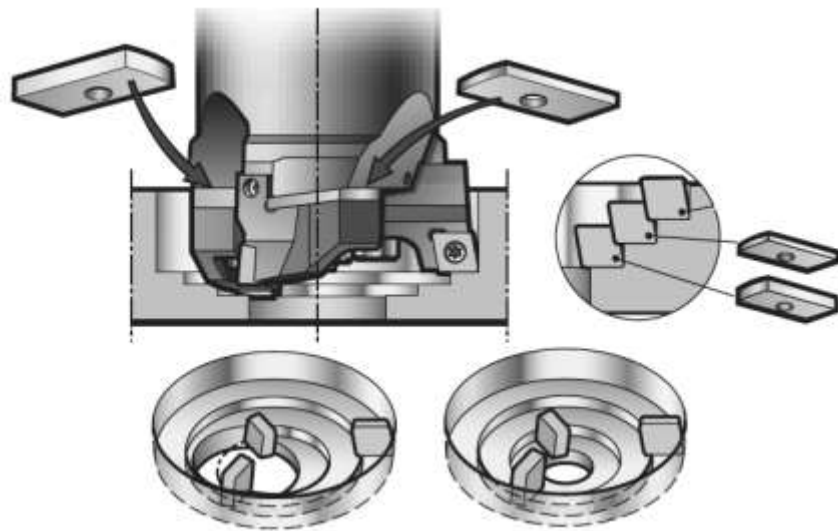


Рисунок 2.1 – Принцип регулювання різцевих вставок на ступеневе розточування: А, В – min і max положення різцевих вставок



а)



б)

Рисунок 2.2 – Способи регулювання різцевих вставок:

а) – гвинтами; б) – проставками

Найбільша номенклатура інструменту для ступеневої обробки отворів різних діаметрів та різних умов оброблення представлена розробками Sandvik Coromant [5]. Інструмент для ступеневого розточування типу «Duobore» призначений для чорнової обробки у значеннях $\varnothing D_c = 25 - 550$ мм. Оснащується даний інструмент двома або трьома регульованими різцевими вставками з точністю регулювання вставки 2 мкм.

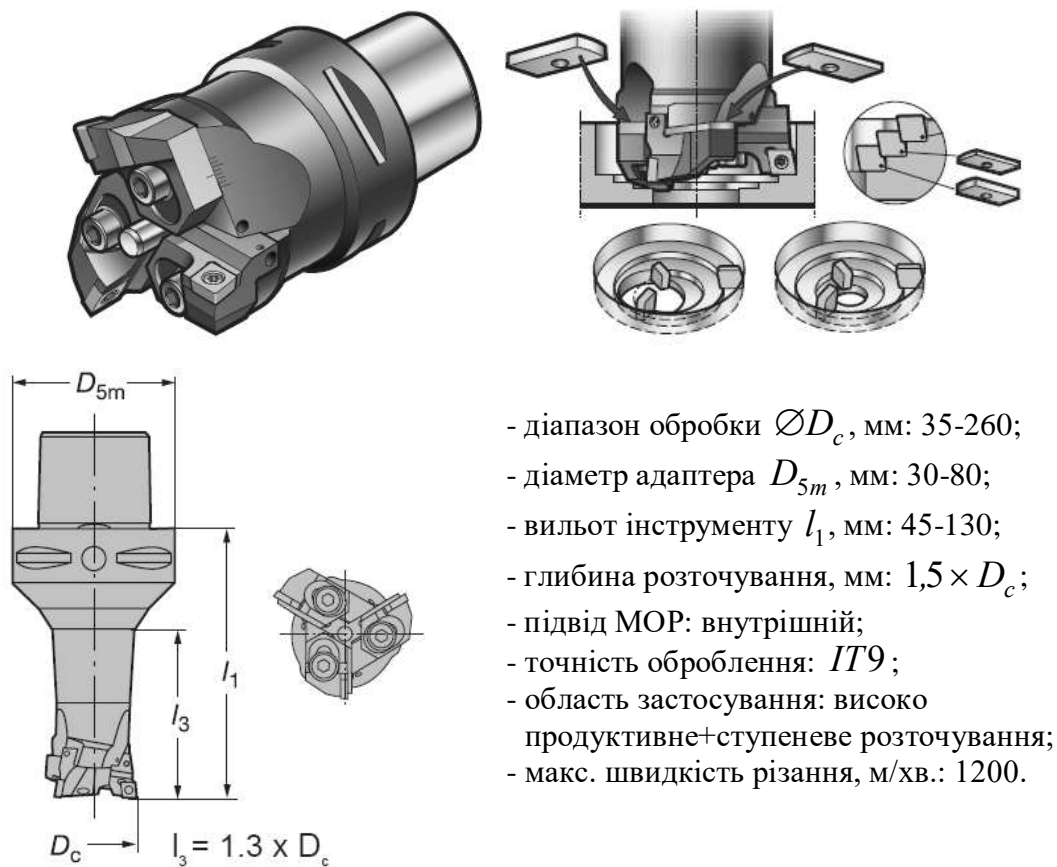


Рисунок 2.3 – Інструмент для ступеневого розточування із трьома пластинами

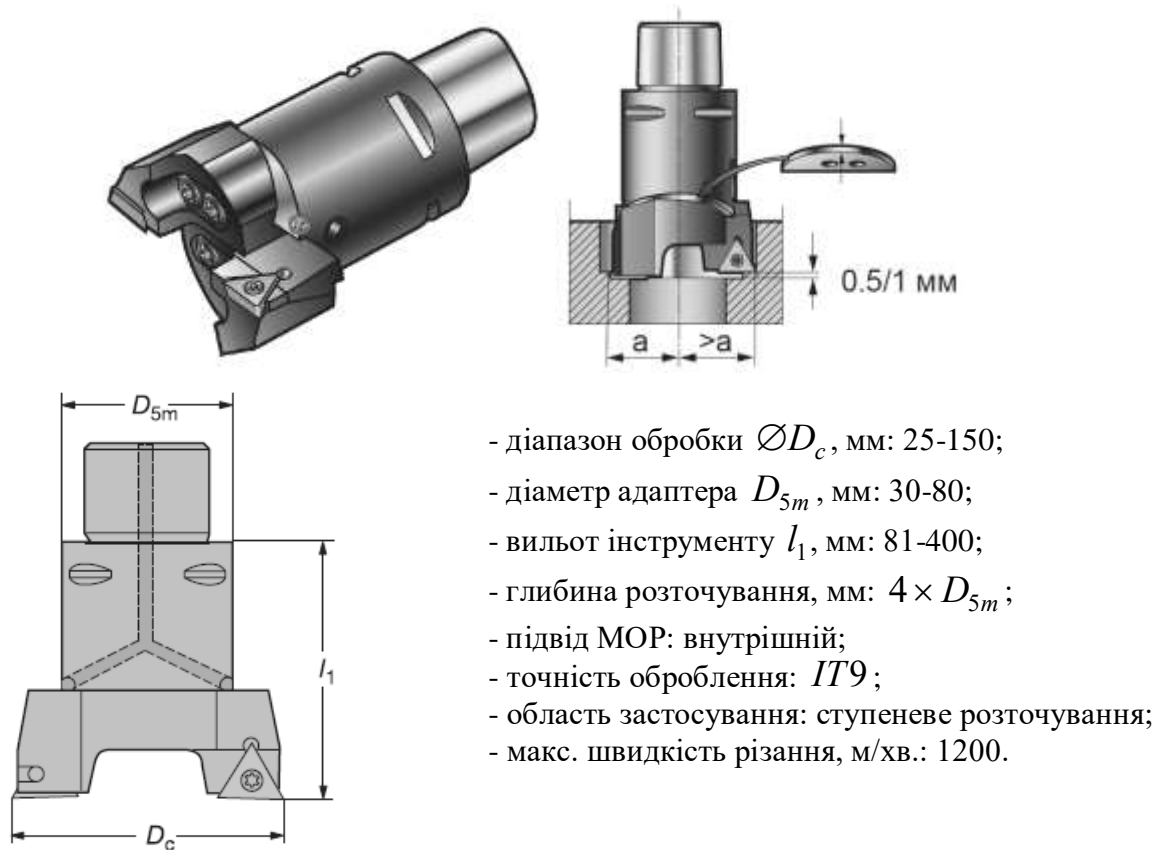
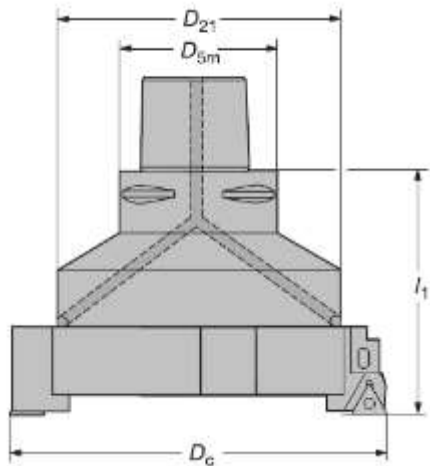
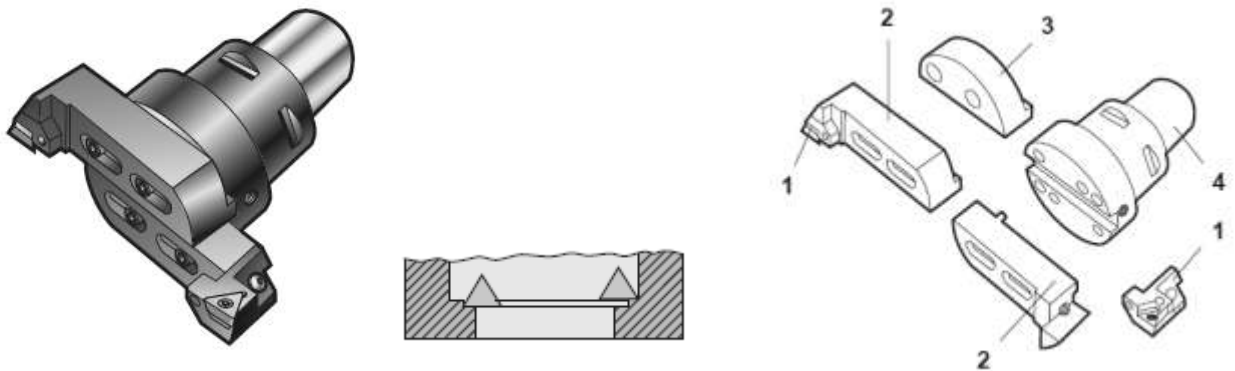


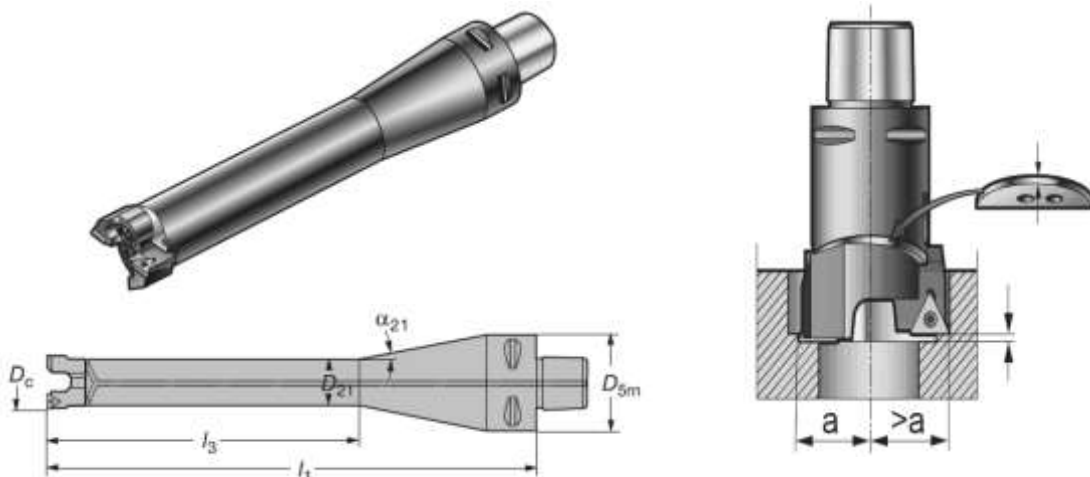
Рисунок 2.4 – Інструмент для ступеневого розточування із двома пластинами



- діапазон обробки $\varnothing D_c$, мм: 150-270;
- діаметр адаптера D_{5m} , мм: 80;
- діаметр платформи D_{21} , мм: 140;
- вильот інструменту l_1 , мм: 125;
- глибина розточування, мм: $4 \times D_{5m}$;
- підвід МОР: внутрішній;
- точність оброблення: *IT9*;
- область застосування: ступеневе розточування;
- макс. швидкість різання, м/хв.: 900.

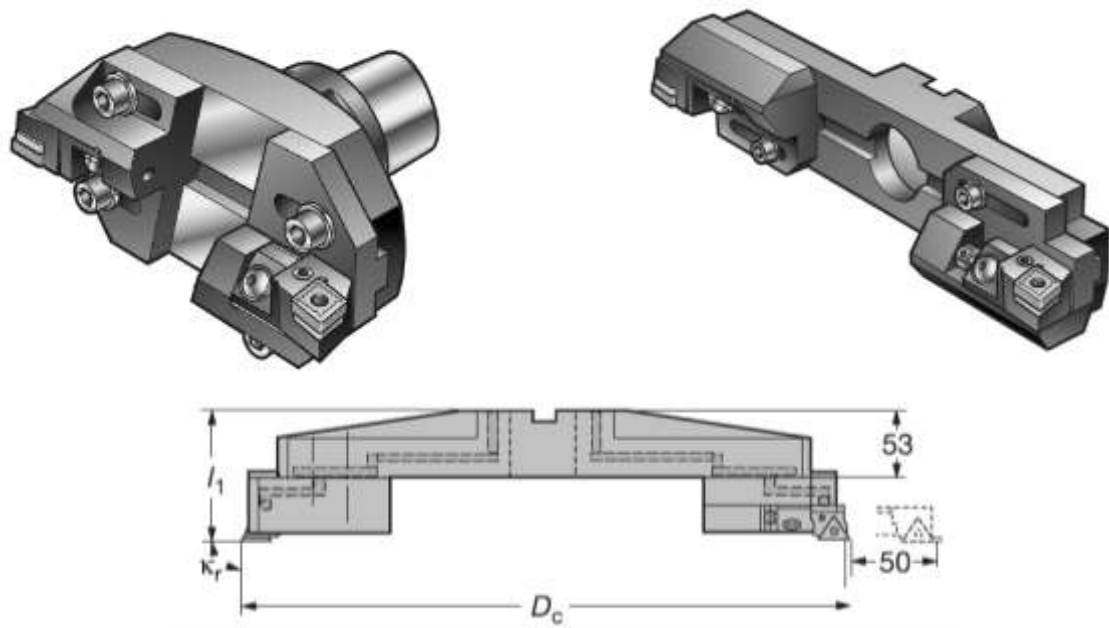
Рисунок 2.5 – Інструмент для ступеневого розточування із двома пластинами та подовженими повзунами різцевих вставок:

1 – різцева вставка; 2 – подовжений повзун; 3 – заглушка; 4 – корпус



- діапазон обробки $\varnothing D_c$, мм: 25-100;
- діаметр адаптера D_{5m} , мм: 30-60;
- діаметр платформи D_{21} , мм: 20-60;
- кут нахилу адаптера α_{21} , град.: 5;
- вильот інструменту l_1 , мм: 20-400;
- глибина розточування, мм: $6 \times D_c$;
- підвід МОР: внутрішній;
- точність оброблення: *IT9*;
- область застосування: ступеневе розточування;
- макс. швидкість різання, м/хв.: 6000.

Рисунок 2.6 – Антивібраційний інструмент для ступеневого розточування



- діапазон обробки $\varnothing D_c$, мм: 250-550;
- вильот інструменту l_1 , мм: 90;
- глибина розточування, мм: 400;
- підвід МОР: внутрішній;
- точність оброблення: *IT9*;
- макс. швидкість різання, м/хв.: 900.

Рисунок 2.7 – Інструмент для важких умов ступеневого розточування

2.2 Обробка результатів досліджень

Сучасні модульні системи технології ступеневого розточування забезпечують точність допусків за 9-м квалітетом і вище. Окрім жорсткості обладнання, оснастки, способу закріплення суттєвий вплив на якість отриманої поверхні має геометрія застосовуваних пластин. Також, залежно від характеру обробки, застосовують кріплення пластин для звичайної жорсткості системи, як правило одним гвинтом через наскрізний отвір. А також фіксацію пластини для забезпечення підвищеної жорсткості, також гвинтом, але через спеціальну затискну планку. Такий спосіб не послаблює ріжучу пластину в місці кріплення. Забезпечена жорсткість фіксації різальної пластинки у різцевій вставці не викликає проблем із вібрацією різальної головки та дозволяє застосовувати високопродуктивні режими обробки та сприймати великі радіальні зусилля від сили різання. Оскільки ступеневе розточування відносять до чорнових способів обробки – то важливу роль відіграє задній кут та радіус

при вершині. Варто зазначити, що нульовий задній кут сприяє збільшенню ресурсу пластини у жорстких умовах обробки. Жорстке кріплення пластин застосовують при розточуванні отворів \varnothing більше 160 мм і без заднього кута. Кріплення гвинтом рекомендоване для пластин із заднім кутом. Ріжучі пластини для ступеневого розточування застосовуються з головним кутом в плані 75° , 84° , 90° , 95° .

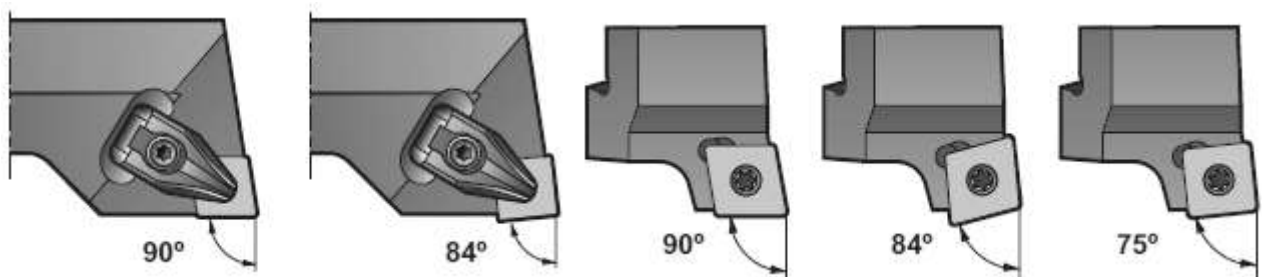


Рисунок 2.8 – Системи кріплення ріжучих пластин: а) жорстке кріплення; б) стандартна фіксація гвинтом

Сили різання, температурні деформації під час токарної обробки спричиняють зміщення початкового положення ріжучої пластинки відносно оброблюваної поверхні (рисунок 2.9).

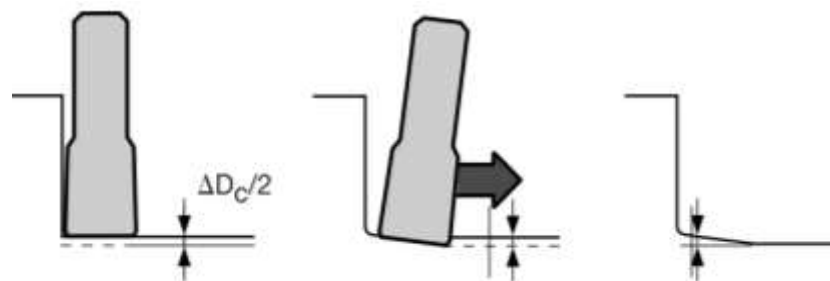


Рисунок 2.9 – Схема для визначення можливих зміщень ріжучої пластини щодо розточуваного отвору

Відповідно це зміщення потрібно компенсувати, щоб забезпечити необхідну точність обробки. Для встановлення додаткового значення подачі для компенсації зміщення можна використовувати відповідні діаграми, які побудовані по експериментально отриманих значеннях зміщень та додаткових на оберт в залежності від величини загального припуску a_p при ступеневому розточуванні. Приклад такої діаграми показаний на рисунку 2.10.

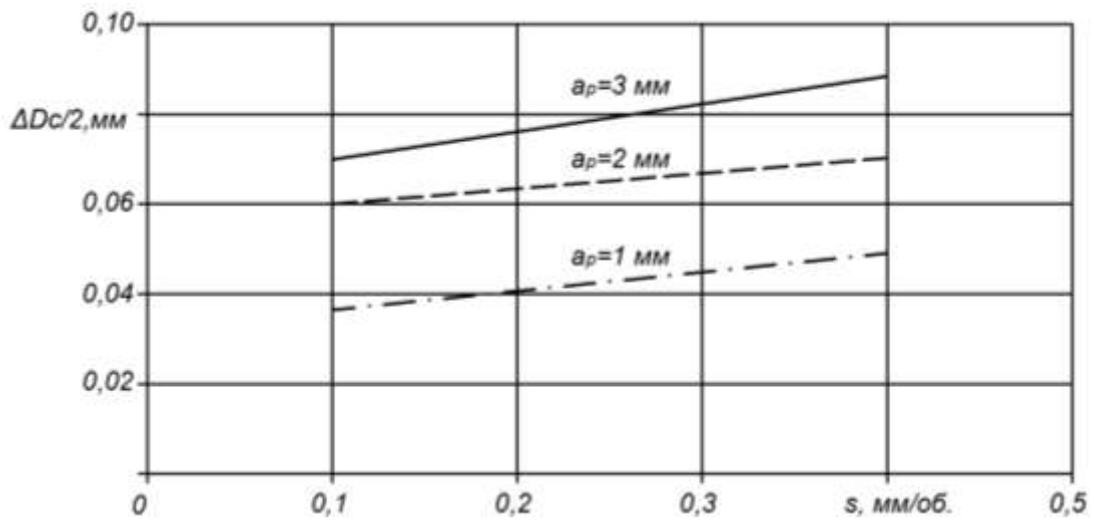


Рисунок 2.10 – Діаграма визначення величини компенсації подачі при відхиленні різця в залежності від припуску

Для запобігання вібраціям, підвищенню стійкості ріжучих пластин та контролю за утворенням стружки забезпечують достатні радіальні навантаження на працюючу ріжучу пластину. Це також забезпечує стабільність процесу ламання стружки. Якість обробки також забезпечує технологія врізання ріжучих пластин у оброблювану заготовку, рекомендовано це проводити радіальним врізанням перпендикулярно до осі заготовки.

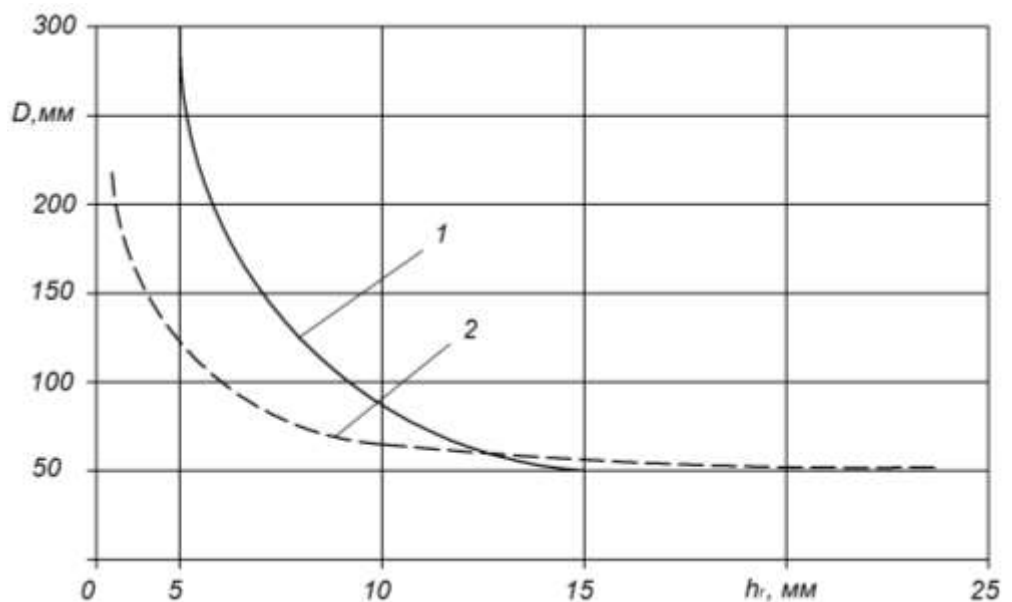


Рисунок 2.11 – Співвідношення діаметрів отворів від глибини обробки:

- 1 – розточування монолітною різцевою вставкою;
- 2 – розточування пластиною закріпленою гвинтом

Для чорнової обробки шорсткість поверхні не має вирішального значення, але пластини без задніх кутів у порівнянні із пластинами із задніми кутами, забезпечують кращу якість розточених поверхонь оскільки така конструктивна особливість стабілізує умови обробки.

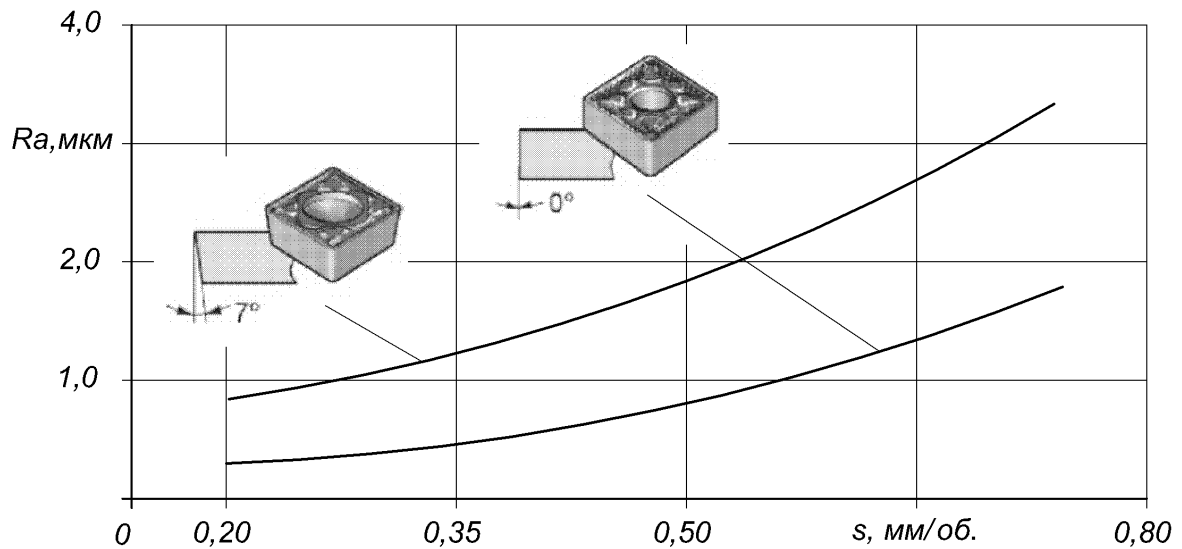


Рисунок 2.11 – Порівняльні залежності якості розточуваної поверхні від геометрії пластинки різця

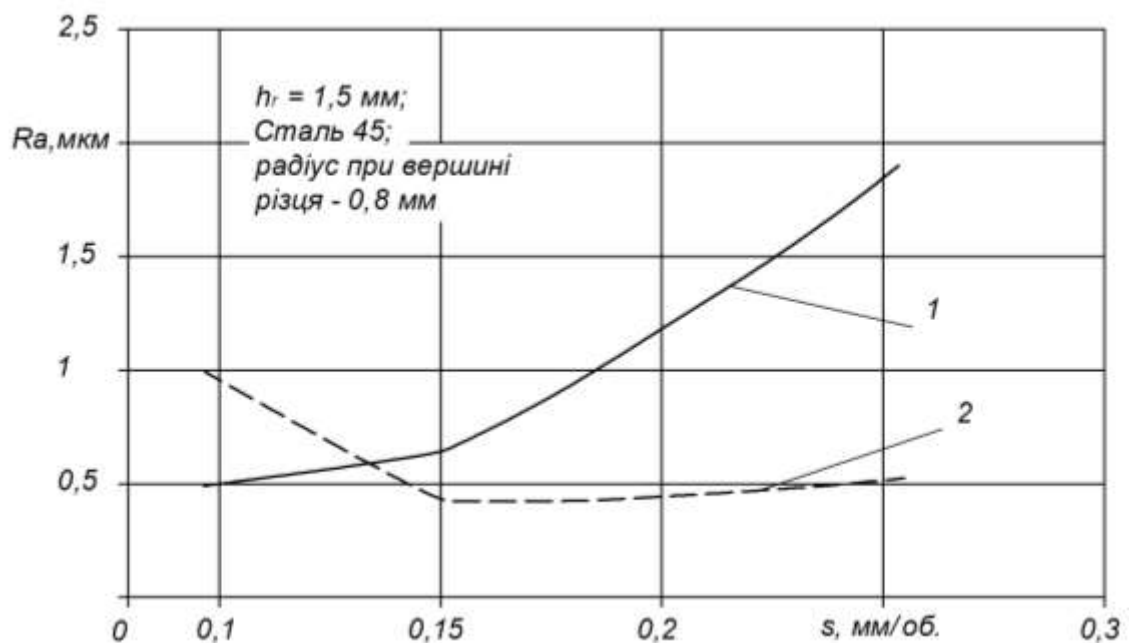


Рисунок 2.12 – Залежність шорсткості поверхні розточуваного отвору від подачі при: 1 – розточуванні звичайним різцем; 2 – розточуванні різцем типу «CoroCut»

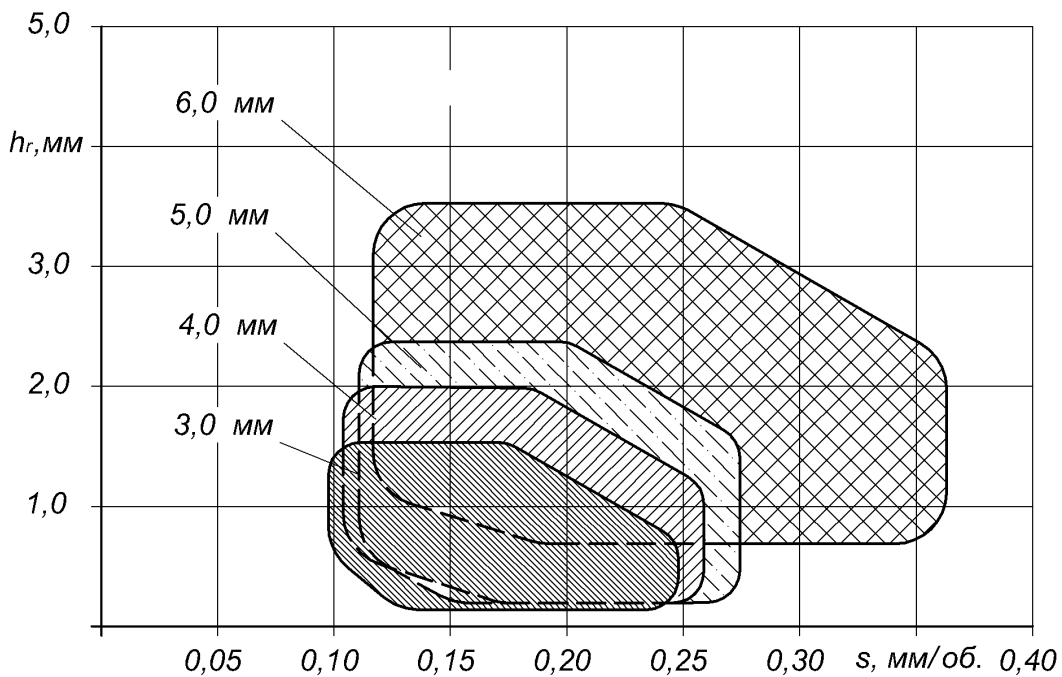


Рисунок 2.13 – Зони оптимального відношення глибини обробки та подачі для ріжучих пластин різної товщини

2.3 Аналіз і узагальнення отриманої інформації

На основі проведеного аналізу результатів досліджень та наявної інформації щодо оснастки та особливостей технології ступеневого розточування було узагальнено та систематизовано наявні відомості щодо вибору геометрії ріжучих пластин, обладнання, способів оброблення поверхонь отриманих не механічною обробкою, глибоких, глухих не співвісних отворів, отворів, обробки з великою глибиною різання. Перший прохід рекомендовано проводити із швидкістю обробки, яка становить $1/2$ від рекомендованої, це забезпечить сприятливі умови для відведення стружки, що особливо актуально для ступеневого розточування де задіяно багатолезовий інструмент. Найбільша глибина розточування повинна складати не більше $1/2$ довжини кромки пластини ріжучої вставки.

Під час вибору ріжучих пластин необхідно враховувати безліч параметрів обробки, але основними є геометрія, сплав та форма пластини (кут при

вершині), її розмір, радіус при вершині і головний кут в плані. Ці параметри пластини визначають добрий контроль над подрібненням стужки та забезпечують оптимальну продуктивність. Тобто:

- геометрія пластини повинна відповідати виду обробки (чорнова обробка, ступеневим розточуванням);
- максимально можливий кут при вершині пластини (міцність та низькі втрати пластин);
- розмір ріжучої пластини повинен відповідати глибині різання;
- максимально можливий радіус при вершині пластини (міцність пластин);
- мінімальний радіус при вершині (запобігання вібраціям).

Пластини для ступеневого розточування повинні відповідати високим вимогам міцності оскільки вони працюють в умовах поєднання великої глибини різання та великої подачі.

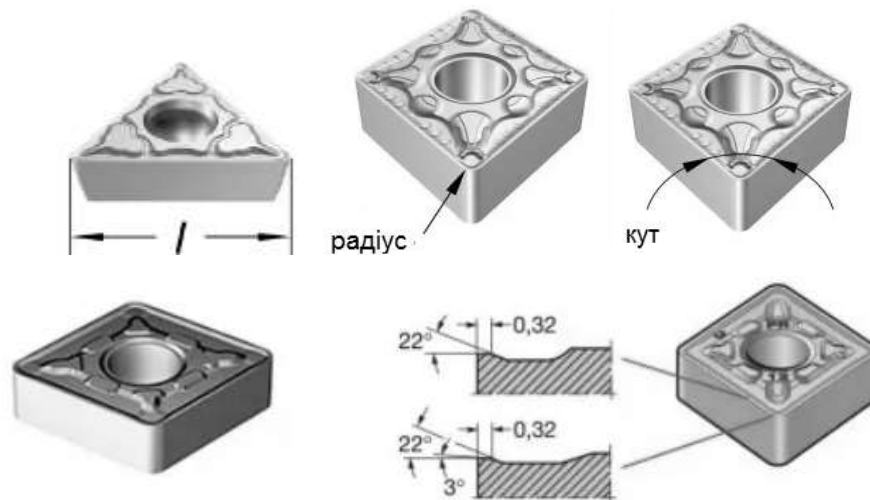


Рисунок 2.14 – Основні параметри ріжучих пластин для ступеневого розточування отворів

Форма ріжучої пластини підбирається відповідною куту в плані. Для забезпечення міцності та надійності пластини необхідно приймати найбільший кут при вершині. Але потрібно приймати його збалансоване значення у зв'язку з варіацією виконуваного процесу розточування. Так великий кут при вершині значно підвищує міцність ріжучої пластини, проте потребує більш потужного

верстатного обладнання, також виникає схильність до вібрацій. Якщо ж вибрати пластину із невеликим кутом при вершині – то контакт ріжучої пластини і оброблюваної поверхні є незначним. Дані особливості роблять ріжучу пластину більш чутливою до термічної деформації.

Радіус при вершині є вирішальним фактором для операцій розточування. Принцип вибору ріжучої пластини з певним значенням радіуса при вершині залежить від глибини різання та подачі і впливає на якість обробленої поверхні, подрібнення стружки та міцність пластини.

Відношення радіуса при вершині до глибини різання впливає на схильність до появи вібрацій. Радіальні сили, які зміщують ріжучу пластину від оброблюваної поверхні, по мірі збільшення глибини різання змінюються на осьові. А з точки зору якості обробки перевагу слід надати саме осьовим силам. Оскільки значні радіальні зусилля можуть негативно впливати на процес різання спричиняючи вібрації та низьку якість оброблюваної поверхні. Відповідно необхідно дотримуватися умови, щоб радіус при вершині був рівним глибині різання або меншим за це значення.

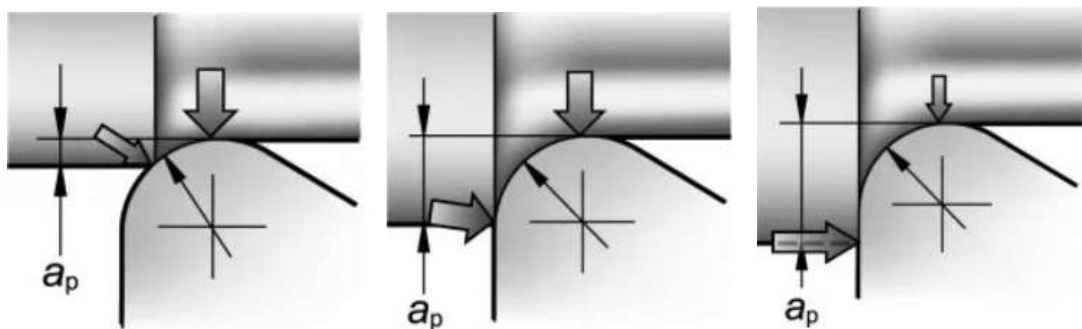


Рисунок 2.15 – Співвідношення глибини і сили різання при ступеневому розточуванні отворів

Головний кут в плані (кут в плані) – це кут між ріжучою кромкою пластини і напрямком подачі. Для забезпечення якості обробки важливо правильно підібрати кут в плані, адже він впливає на процес стружкоутворення, напрям сил різання, довжину ріжучої кромки.

Оскільки при ступеневому розточуванні кожне лезо працює як самостійний ріжучий інструмент, то необхідно провести перевірочний

розрахунок необхідної потужності різання та порівняти її з потужністю встановленого двигуна верстата. Визначальними є такі параметри як подача, кількість одночасно ріжучих пластин, діаметр розточуваного отвору та глибина різання. Також при обробці отворів великого діаметру потрібен значно більший крутний момент ніж під час обробки малого діаметра. Конструктивно інструмент для обробки отворів великого діаметра оснащений пластинами більших розмірів ніж такий же інструмент, але призначений для малих отворів, відповідно інструмент для обробки великих отворів може застосовуватися для глибокого різання якщо обладнання забезпечує відповідну потужність та крутний момент.

Оброблення наскрізних та глухих отворів має свою специфіку, оскільки під час розточування глухих отворів важливо забезпечити ефективне видалення стружки. Також принципове значення для належного стружко утворення мають коректні режими різання. Під час розточування необхідно слідкувати, щоб стружка не забивалася і не налипалася на ріжучі пластини. Тиск і розхід МОР в системі повинні забезпечувати видалення стружки і оптимальний температурний режим обробки. Розточування вертикально розміщених отворів частіше є проблематичнішим, з точки зору видалення стружки, ніж горизонтально.

Обробка переривистим різанням, у випадку розточування отворів, що перетинаються, вимагає застосування ріжучих пластин підвищеної якості та з покращеними характеристиками. Для цього необхідно вибирати високоміцні пластини, а саме квадратні без задніх кутів. Це забезпечить безпечність процесу розточування, але рекомендується тільки для використання при стабільних умовах обробки. При важкому переривистому різанні необхідно зменшувати режими різання. Потрібно враховувати, що при розточування отворів у відливках включення піску із формувальних сумішей підвищують інтенсивність зношення ріжучих пластин. Для мінімізації зношування необхідно також підбирати міцний сплав пластин, зменшувати режими різання, використовувати міцні квадратні пластини із нульовим заднім кутом.

Отвори, які були попередньо отримані шляхом газопламеневого, лазерного чи плазмового різання можуть мати локальні загартовані зони, оброблення яких також спричинить інтенсивне зношення ріжучих пластин. Заходи запобігання цьому явищу аналогічні обробці литих заготовок. Але це не актуально для попередньо механічно оброблених заготовок.

Якщо необхідна високопродуктивна обробка отвору з мінімальною кількістю технологічних переходів та застосовуваного інструменту, яка характеризується значною глибиною різання, то тут альтернативи ступеневому розточуванню немає. Але є необхідність перевірки здатності забезпечення верстатним обладнанням необхідної потужності та крутного моменту. Також якщо осі симетрії попередньо обробленого отвору і розточного інструменту не співпадають, то глибина обробки також є несиметричною. Дуже часто такі ситуації зустрічаються під час оброблення тих же відливок. У таких випадках також оптимальним рішенням є застосування ступеневого розточування, яке як відомо допускає великі глибини різання. Також несиметричність осей оброблюваного отвору та інструменту може спричинити пружні деформації останнього, що призводить до його зміщення та виникнення вібрацій, особливо часто така ситуація притаманна при великих вильотах інструменту.

2.4 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

На основі аналізу інформації проведених досліджень можна провести наступні узагальнення та пропозиції щодо режимів чи конструктивних особливостей ступеневого розточування отворів. Оптимальним є застосування ріжучих вставок із круглими пластинами. Така конструкція характеризується надійністю, продуктивністю та точністю обробки. Використання таких пластин забезпечить стабільність розточування, зменшення потужності різання та ймовірність вібраційних явищ. Актуальним для ступеневого розточування є те,

що через змінний головний кут, забезпечується висока продуктивність зняття припуску за один оберт та висока якість поверхні гарантовано не нижче IT9.

Щодо геометрії використовуваних ріжучих пластин:

Кут при вершині

великий:

- міцність ріжучої кромки;
- велика подача;
- збільшена сила різання;
- ймовірність виникнення вібрацій.

малий:

- збільшена геометрична прохідність;
- менша ймовірність вібрацій;
- низькі сили різання;
- крихкість ріжучої кромки.

Головний кут в плані

великий:

- мала ймовірність вібрацій;
- можливість обробки виступів;
- великі сили різання (особливо на вході і виході із зони обробки);
- утворення проточин при обробці жароміцних та гартованих матеріалів.

малий:

- збільшення радіальних сил в сторону заготовки
- велика ймовірність вібрацій;
- низьке навантаження на ріжучу кромку;
- більш тонка стружка;
- високі подачі;
- зменшення утворення проточин;
- неможливість обробки виступів 90° .

Радіус при вершині

великий:

- інтенсивні подачі;
- велика глибина різання;
- висока міцність ріжучої кромки;
- збільшені радіальні сили.

малий:

- оптимальний при мінімальній глибині різання;
- зниження вібрацій;
- низька міцність ріжучої кромки;
- оптимальне подрібнення стружки.

Необхідно дотримуватися умови, щоб радіус при вершині був рівним глибині різання або меншим за це значення.

Ріжуча пластина

із заднім кутом:

- тільки одностороння;
- низькі сили різання;
- задній кут забезпечується пластиною;
- рекомендовано для розточування тонкостінних заготовок.

без заднього кута (нульове значення):

- двох- або одностороння;
- висока міцність ріжучої кромки;
- рекомендовано для зовнішнього точіння;
- важкі умові обробки.

Основні рекомендації для ступеневого розточування отворів:

- для продуктивного розточування застосовувати трьохлезову, і більше, інструментальну оснастку;

- вибирати максимально можливий розмір з'єднання адаптера;

- призначити відповідний умовам обробки кут в плані;

- забезпечити контроль над подрібненням стружки, оскільки тверда або коротка стружка спричиняє вібрацію, надто довга – пошкодження оброблюваної поверхні або ріжучої пластини;

- горизонтальне розміщення розточуваного отвору і належна кількість та тиск МОР забезпечать видалення стружки при обробці довгих та глухих отворів;

- для ступеневого розточування вибирати пластини з геометрією, яка рекомендована для чорнового оброблення і великих припусків;

- рекомендовані ріжучі вставки із високоміцних сплавів для запобігання пакетуванню стружки та виникнення вібрацій;

- забезпечувати максимально короткий виліт інструментального оснащення, якщо виліт перевищує довжину оснащення більш ніж 3 рази – необхідне застосування антивібраційних оправок чи демпферів;

- не рекомендовано поєднання максимальної подачі та глибини різання;

- максимальна початкова швидкість розточування не більше 200 м/хв., це забезпечить ефективне видалення стружки;

- великий радіус при вершині ріжучої пластини підвищує безпечність процесу розточування і дозволяє застосовувати високі подачі, але може викликати вібрації;

- рекомендований радіус при вершині ріжучої пластини рівний 0,8 мм;

- якщо це можливо застосовувати пластини із задніми кутами, вони забезпечують більш низькі сили різання;

- надмірне або недостатнє врізання ріжучої пластини може викликати вібрацію (внаслідок значного тертя).

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службове застосування та характеристика виробу

Деталь «цапфа ПС-10А.15.080» призначена для розміщення у ній опорного підшипника вала приводу змішуючого механізму і є складовою приводу коліс комплексу для обробки зернопродуктів ПС-10А.

Поверхні виробу показані на рисунку 3.1, згідно якого констатувати, що основними поверхнями деталі є *Б, В, Є, Ж, К, П, Г, Г₁*, які використовуються як встановлювальні, центрувальні чи опорні. Поверхні *А, Д, Е, Д₁, Е₁, З, Л, Р, О, І, ІІ, П, Н, М, Ф, Х* – є допоміжними і служать для монтажу або фіксації допоміжних комплектуючих вузла, використовуються як технологічні бази, формують конструкцію деталі.

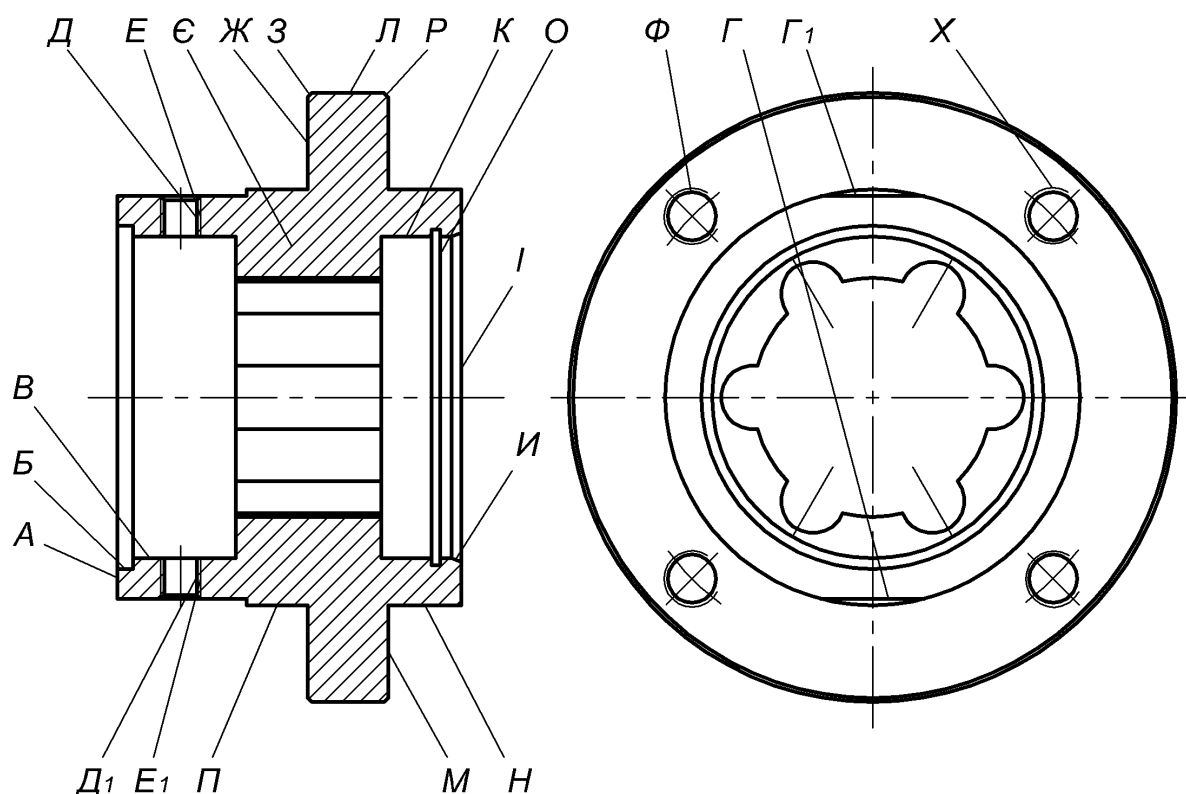


Рисунок 3.1 – Позначення основних поверхонь виробу

Так поверхні *Б, В* призначені для встановлення і центрування підшипникового вузла у цапфі під час зборки. Зокрема вимоги до поверхні *В*,

це допуск на радіальне биття не більше 0,01 мм. Відхилення від круглості поверхні *B*, відносно тієї ж поверхні *B*, не більше 0,05 мм по діаметру, шорсткість $Ra = 6,3$ мкм. Поверхня *B* обробляється по 8-му квалітету точності. Основною за функціональним призначенням і базовою для більшості операцій механічної обробки є поверхня *B*. Поверхня *K* призначена для встановлення підшипника вала. Дана поверхня обробляється по 9-му квалітету із шорсткістю $Ra = 1,6$ мкм, до неї також ставляться вимоги щодо відхилення від круглості відносно поверхні *B* не більше 0,05 мм по діаметру. Отвори з різьбою (поверхня Φ) призначенні для кріплення болтовим з'єднанням ступиці, вони виконуються по 12-му квалітету із допуском на розміщення відносно центруючої поверхні *B* не більше 0,1 мм.

Деталь виготовляється із сталі 35. Даний матеріал постачається у вигляді прокату, поковок. Призначення матеріалу – це конструктивне застосування для валів, вилок, кронштейнів та інші деталей, які в процесі експлуатації зазнають значних та помірних навантажень. Сталь даної марки характеризується добрими конструктивними властивостями, є технологічною при механічній обробці.

Проаналізувавши особливості виробу встановлено, що його конструкція є достатньо жорсткою для операцій механічної обробки, тобто деталь можна закріпляти в різноманітних затискних пристроях без спотворення конструктивних розмірів і форм. Мехобробку поверхонь заготовки доречно здійснювати у спеціалізованих пристосібленнях із встановленням на попередньо оброблені поверхні та із застосуванням механічних та пневматичних затискних приводів.

Базовою заготовкою є поковка I групи, отримана вільним куванням. Даний спосіб отримання заготовки є відносно дешевим, простим, але характеризується низькою точністю конструкції заготовки, великими припусками на механічну обробку, низьким коефіцієнтом використання матеріалу, великою масою заготовки.

3.2 Розробка технологічного процесу виробництва деталі

Розробці технологічного процесу обробки деталі передуює вибір способу отримання заготовки. Сучасна технологія виготовлення деталей передбачає використання заготовки форма і розміри якої б максимально відповідали формі і розмірам готового виробу. Відповідно для заданого матеріалу і програми виробництва отримання заготовки можна вільним куванням або ж гарячим штампуванням. Кінцевий варіант приймається на основі результату щодо розрахунку вартості заготовки певного способу отримання. Наближену вартість заготовки розраховуємо за формулою [10].

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_O \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}. \quad (3.1)$$

Приблизну масу заготовки можна встановити за формулою [10]

$$Q = \gamma \cdot K_{II} \cdot V_0, \quad (3.2)$$

Економічна ефективність вибраного способу виробництва заготовки розраховується за формулою [10]

$$E_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \quad (3.3)$$

Розрахунки щодо обґрунтування вибору способу отримання заготовки наведено у додатку А. Відповідно за їх результатами для подальшого оброблення приймаємо варіант 2 – заготовка отримувана гарячим штампуванням.

Припуски на обробку можна визначити як розрахунково, так і табличним способом [10, 11]. Розрахунковий спосіб на прикладі обробки поверхонь Ж, М (рис.3.1) в розмір $10^{+0,6}$ мм.

Маршрут обробки складається з наступних переходів:

1. Точіння;
2. Чистове точіння.

Припуски на обробку:

1. заготовка: $R_z = 150 \text{ мкм}, T = 250 \text{ мкм};$
2. точіння: $R_z = 30 \text{ мкм}, T = 30 \text{ мкм};$
3. чистове точіння: $R_z = 5 \text{ мкм}, T = 15 \text{ мкм}.$

Просторові відхилення під час базування [11]

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (3.4)$$

де $\rho_{кор}$ – значення можливого короблення, мкм;

$\rho_{см}$ – значення загального зміщення, мкм.

Короблення визначається за формулою [11]

$$\rho_{кор} = \Delta_k l, \quad (3.5)$$

де Δ_k – питома кривизна заготовки, $\Delta_k = 1,5 \text{ мкм/мм};$

l – довжина заготовки, $l = 140 \text{ мм}.$

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 140 = 210 \text{ мкм}.$$

Загальне зміщення заготовки

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2}, \quad (3.6)$$

де δ_1 – допуск на розмір базової поверхні, $\delta_1 = 200 \text{ мкм}.$

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{200}{2}\right)^2} = 100 \text{ мкм}.$$

$$\rho_z = \sqrt{210^2 + 100^2} \approx 233 \text{ мкм}.$$

Значення просторового відхилення

$$\rho_1 = 0,05\rho_3 = 0,05 \cdot 233 = 11,65 \approx 12 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,05\rho_1 = 0,05 \cdot 12 \approx 1 \text{ мкм}.$$

В результаті можливого перекосу заготовки при її установці в патроні виникає похибка базування. Значення установочного зазору

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + s_{\min}, \quad (3.7)$$

де δ_A – допуск на діаметр поверхні встановлення, $\delta_A = 16$ мкм;

δ_B – допуск на фіксуючий елемент, $\delta_B = 14$ мкм;

s_{\min} – мін. зазор між елементами, $s_{\min} = 13$ мкм.

Макс. кут повертання заготовки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta_A + \delta_B + s_{\min}}{L_c}, \quad (3.8)$$

де L_c – лінійна довжина заготовки, $L_c = 71$ мм.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,016 + 0,014 + 0,013}{71} \approx 0,0006.$$

Відхилення базування по довжині

$$\varepsilon_{\bar{o}} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (3.9)$$

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 140 \cdot 0,0005 = 0,07 \text{ мм} = 70 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення заготовки $\varepsilon_3 = 40$ мкм [11]. Похибка встановлення на операції точіння

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (3.10)$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{70^2 + 40^2} \approx 80 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення при чистовій обробці

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1. \quad (3.11)$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 80 \approx 4 \text{ мкм}$$

Міжопераційні припуски [10]

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (3.12)$$

Мінімальний припуск на оброблення

$$2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 246) = 2 \cdot 646 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 2(30 + 30 + 12) = 2 \cdot 72 \text{ мкм.}$$

Розрахункові розміри:

- точіння

$$l_{p1} = 10 + 0,146 = 10,146 \text{ мм};$$

- заготовка

$$l_{p2} = 10,146 + 1,308 = 11,454 \text{ мм.}$$

Граничні розміри:

- чистове точіння

$$l_{\min 3A\Gamma} = 9,8 \text{ мм};$$

$$l_{\max 3A\Gamma} = 9,8 + 0,2 = 10 \text{ мм};$$

- точіння

$$l_{\min 3A\Gamma} = 10,15 \text{ мм};$$

$$l_{\max 3A\Gamma} = 10,15 + 0,25 = 10,4 \text{ мм};$$

- заготовка

$$l_{\min 3A\Gamma} = 11,45 \text{ мм};$$

$$l_{\max 3A\Gamma} = 11,45 + 3,2 = 14,65 \text{ мм.}$$

Мінімальні $2z_{\min}^{np}$ і $2z_{\max}^{np}$ максимальні граничні значення припусків:

$$2z_{\min 2}^{np} = 10,15 - 9,8 = 0,35 \text{ мм} = 350 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 10,4 - 10 = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 11,45 - 10,15 = 1,3 \text{ мм} = 1300 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 14,65 - 10,4 = 4,25 \text{ мм} = 4250 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски $z_{0\min}$ і $z_{0\max}$ рівні

$$2z_{0\min} = 350 + 1300 = 1650 \text{ мкм};$$

$$2z_{0\max} = 400 + 4250 = 4650 \text{ мкм}.$$

Загальний номінальний припуск

$$z_{0\text{ном}} = z_{0\min} + H_3 - H_D, \quad (3.13)$$

де H_3 – нижнє відхилення заготовки, мкм;

H_D – нижнє відхилення деталі, мкм.

$$H_3 = I_i + \frac{K_y}{2}, \quad (3.14)$$

де I_i – допуск на зношений інструмент, $I_i = 0,8$ мм;

K_y – можливі зміни усадки, $K_y = 1$ мкм/мм.

$$H_3 = 0,8 + \frac{1,0}{2} = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм}.$$

$$z_{0\text{ном}} = 1650 + 400 - 200 = 1850 \text{ мкм}.$$

Номінальний розмір заготовки

$$d_{3_{НОМ}} = d_{Д_{НОМ}} + z_{0_{НОМ}} \text{ мм.} \quad (3.15)$$

$$d_{3_{НОМ}} = 9,8 + 1,85 = 11,65 \text{ мм.}$$

Перевірка вірності розрахункових припусків і розмірів

$$z_{\max 2}^{np} - z_{\min 2}^{np} = \delta_1 - \delta_2;$$

$$400 - 350 = 250 - 200;$$

$$50 = 50.$$

$$z_{\max 1}^{np} - z_{\min 1}^{np} = \delta_3 - \delta_2;$$

$$4250 - 1300 = 3200 - 250;$$

$$2950 = 2950.$$

– отже розрахунок вірний.

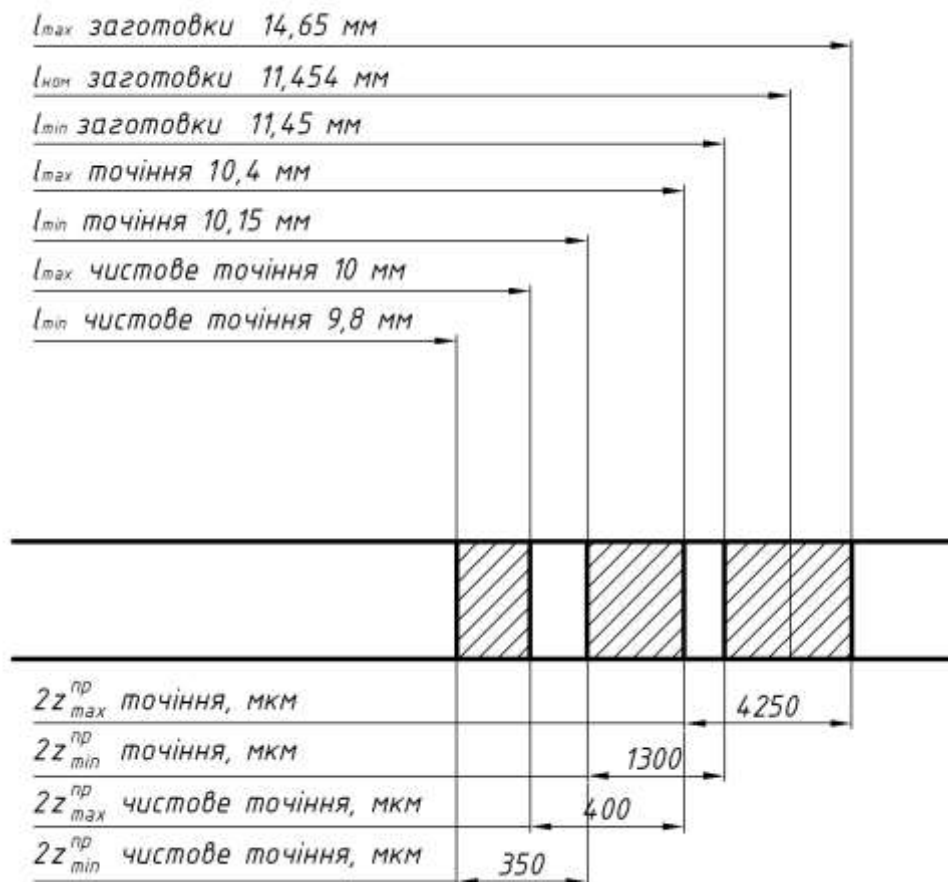


Рисунок 3.2 – Схема розміщення припусків і допусків під час оброблення поверхонь Ж, М в розмір $10^{+0,6}$ мм

Таблиця 3.1 – Розрахунок припусків граничних розмірів під час оброблення поверхонь J, M в розмір $10^{+0,6}$ мм

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір l_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				l_{\min}	l_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
1. Заготовка	150	250	246	–	–	11,454	3200	11,45	14,65		
2. Точіння	30	30	12	141	2·646	10,146	250	10,15	10,4	1300	4250
3. Чистове точіння	5	15	1	7	2·72	10	200	9,8	10	350	400
										1650	4650

На основі рекомендацій [12] розглянемо два відмінні технологічних процеси механічної обробки виробу з метою вибору оптимального.

Таблиця 3.2 – Перший маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції, переходу	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Обладнання мод.
1	2	3	4	5
005	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір попередньо	Є	H, M	2H135
010	Вертикально-свердлильна 1. Розсвердлити отвір	Є	H, M	2H135
015	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець 2. Точити поверхні 3. Переустановити деталь 4. Підрізати торець 5. Точити поверхні 6. Проточити фаску і канавку 7. Проточити фаски	$A, Ж;$ $B, П,$ $M, I, Л,$ $K, H,$ $O, И, З,$ P	$H, M;$ A, B	16K30Ф3

Закінчення таблиці 3.2

1	2	3	4	5
020	Фрезерна з ЧПК 1. Фрезерувати шліци	<i>Є</i>	<i>Ж, П</i>	<i>6P13Φ3</i>
025	Горизонтально-протяжна 1. Протягнути шліцевий отвір	<i>Є</i>	<i>Ж, П</i>	<i>7B56</i>
030	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити одночасно 4 отвори	<i>Φ</i>	<i>В, Є</i>	<i>2H135</i>
035	Вертикально-свердлильна 1. Зенкувати почергово 4 фаски 2. Змінити інструмент 3. Нарізати почергово різьбу в 4-х отв.	<i>Φ, X</i>	<i>В, Є</i>	<i>2H135</i>
040	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати полицю 2. Перевстановити деталь 3. Фрезерувати полицю	<i>Г, Г₁</i>	<i>А, Є, І</i>	<i>6H10</i>
045	Радіально-свердлильна 1. Свердлити отвір 2. Перевстановити деталь 3. Свердлити отвір 4. Змінити інструмент 5. Зенкувати фаску 6. Перевстановити деталь 7. Зенкувати фаску 8. Змінити інструмент 9. Нарізати різьбу 10. Перевстановити деталь 11. Нарізати різьбу	<i>Д, Е, Д₁, Е₁,</i>	<i>А, Є, І</i>	<i>2H55</i>
050	Калібрування 1. Калібрувати шліцевий отвір	<i>Р</i>	<i>А, А₁</i>	<i>П6324</i>
055	Токарно-гвинторізна 1. Розточити отвір	<i>Ж, З</i>	<i>А, Р</i>	<i>16K20</i>
060	Радіально-свердлильна 1. Калібрувати різьбу	<i>Н</i>	<i>А, В</i>	<i>2H55</i>
065	Слюсарна 1. Зачистити заусениці	<i>Усі</i>	—	—
070	Промивка 1. Промити деталь	<i>Усі</i>	—	<i>2M2</i>
075	Контрольна 1. Проконтролювати розміри	<i>Усі</i>	—	<i>ПР1466</i>

Таблиця 3.3 – Другий маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції, переходу	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Обладнання мод.
1	2	3	4	5
005	Токарна 1. Підрізати торець 2. Точити поверхні 3. Переустановити деталь 4. Підрізати торець 5. Точити поверхні 6. Проточити канавку і фаски 7. Розточити отвір і фаску	<i>A, Ж, B, П, Б, M, I, Л, K, H, O, И, З, P, C</i>	<i>H, M, A, B</i>	1A720
010	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити одночасно 4 отвори	<i>Φ</i>	<i>B, C</i>	2C132
015	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати шліци	<i>Є</i>	<i>Ж, П</i>	6H10
020	Горизонтально-протяжна 1. Протягнути шліцевий отвір 2. Змінити інструмент 3. Протягнути шліцевий отвір	<i>Є</i>	<i>Ж, П</i>	7B56
025	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати полицю 2. Переустановити деталь 3. Фрезерувати полицю	<i>Г, Г₁</i>	<i>A, C, I</i>	6H10
030	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір 2. Зенкувати фаску 3. Нарізати різьбу 4. Переустановити деталь 5. Повторити переходи 1, 2, 3	<i>Д, Е, Д₁, Е₁,</i>	<i>A, C, I</i>	2C132
035	Вертикально-свердлильна 1. Зенкувати почергово 4 фаски 2. Нарізати почергово різьбу в 4-х отв.	<i>Φ, X</i>	<i>B, C</i>	2C132

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3	4	5
040	Слюсарна 1. Зачистити заусениці	Усі	—	—
045	Промивка 1. Промити деталь	Усі	—	2М2
050	Контрольна 1. Проконтролювати розміри	Усі	—	ПП1466

Вибір варіанту технологічного маршруту для заданих умов обробки здійснимо за результатами співставлення різних варіантів по собівартості і трудомісткості. Величина приведених годинних затрат [11]

$$C_{П.З} = \frac{C_3}{M} + C_{Ч.З} + E_H \cdot (K_C + K_3). \quad (3.16)$$

Затрати на оплату працюючих, грн./год.:

$$C_3 = C_{Т.Ф} \cdot 1,53K. \quad (3.17)$$

Затрати на використання робочого місця:

$$C_{Ч.З} = C_{Б.З} \cdot K_M, \quad (3.18)$$

Вкладення капітальних коштів у верстати

$$K_C = \frac{Ц \cdot 100}{3200}, \quad (3.19)$$

Вкладення капітальних коштів у споруди цеху

$$K_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \quad (3.20)$$

Співставлення проводимо по відмінних операціях. Результати розрахунків наведені у додатку Б.

Відповідно по собівартості обробки для подальшої розробки приймаємо другий варіант маршруту обробки деталі «цапфа ПС-10А.15.080».

Всі технологічні переходи маршруту механічної обробки деталі забезпечуються стандартним інструментом і засобами контролю. Проте необхідний спеціальний пристрій для контролю вимог креслення щодо циліндричних поверхонь *B*, *B* і *K*, які пов'язані технічними вимогами на відхилення від циліндричності, торцевої поверхні *Ж* (торцеве биття), а також отворів (поверхня *Ф*) – допуск на розміщення відносно центра. А для решти переходів потрібне оснащення на операції можна призначити із стандартного ряду згідно рекомендацій [11].

Таблиця 3.4 – Різальний і вимірювальний інструмент

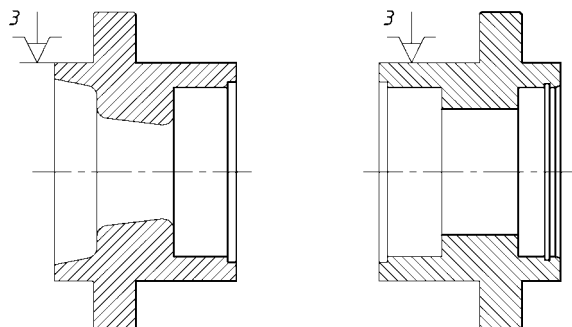
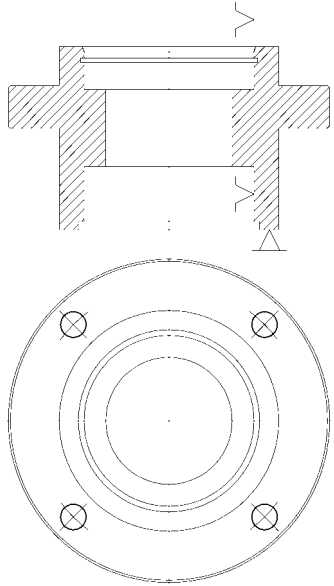
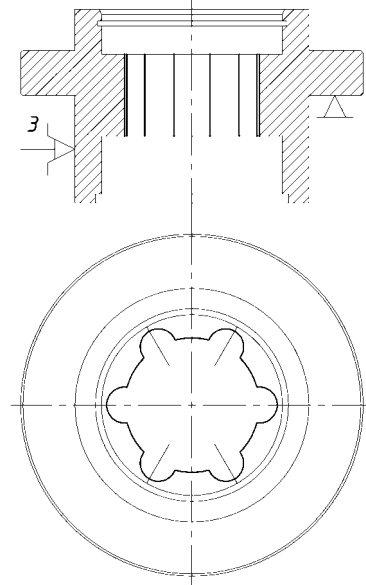
№ операції	Операція	Інструмент	
		різучий	вимірний
1	2	3	4
005	Токарна	різець BK8 <i>ÃÎÑÒ 21151-75</i> (пер.1, 4) – 2 шт.; різець T15K6 <i>ÃÎÑÒ 21151-75</i> (пер.2, 5, 7) – 2 шт.; різець T15K6 <i>ÃÎÑÒ 21151-75</i> (пер.6, 7.) – 2 шт.; різець T15K6 <i>ÃÎÑÒ 21151-75</i> (пер.6)	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 <i>ÃÎÑÒ 2166 - 80</i> ; пробка (Ø80H8) <i>ÃÎÑÒ 214815 - 69</i>
010	Вертикально-свердлильна	свердло Ø11 P18 <i>ÃÎÑÒ 210903 - 77</i> (4 шт.)	калібр на розміщення; пробка (Ø12) B12 <i>ÃÎÑÒ 214810 - 69</i>
015	Вертикально-фрезерна	фреза (Ø20) P18 <i>ÃÎÑÒ 217026 - 71</i>	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 <i>ÃÎÑÒ 2166 - 80</i> ; калібр 8150-4953; пробка (76,2)

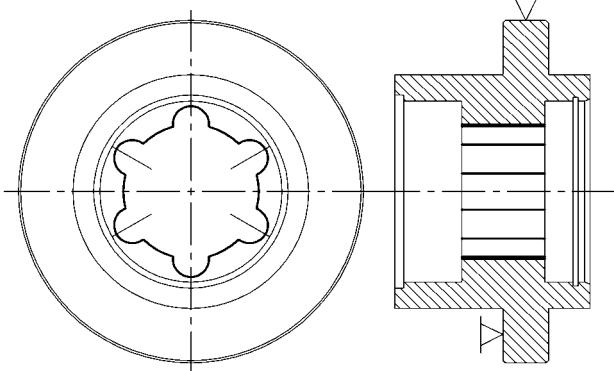
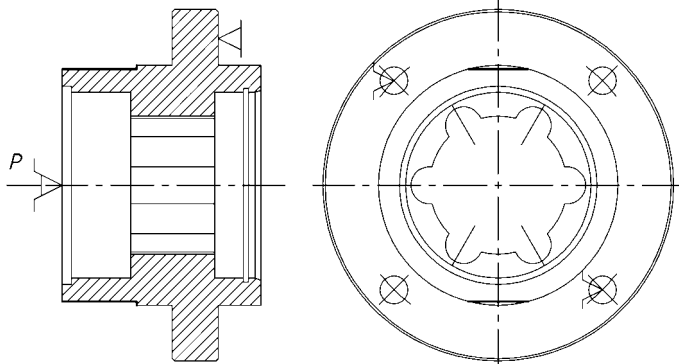
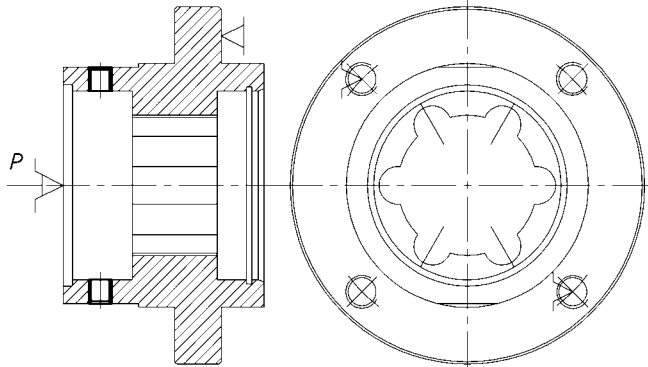
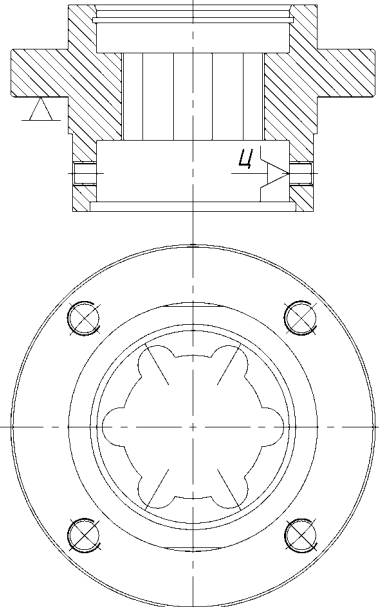
Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4
020	Горизонтально-протяжна	протяжка спеціальна; протяжка спеціальна	калібр комплексний
025	Вертикально-фрезерна	фреза Ø40 BK6 ÃÎÑÒ 217026 - 71	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ÃÎÑÒ 2166 - 80
030	Вертикально-свердлильна	свердло (Ø9) P18 ÃÎÑÒ 2886 - 77; зенківка Ø14 P18 ÃÎÑÒ 214953 - 80; мітчик (M10) P18 ÃÎÑÒ 23266 - 81	шаблон 8371-0197 МН 1422-61
035	Вертикально-свердлильна	зенківка Ø14 P18 ÃÎÑÒ 214953 - 80; мітчик (M12) P18 ÃÎÑÒ 23266 - 81	шаблон 8371-0198 МН 1422-61
040	Слюсарна	напильник ÃÎÑÒ 21465 - 80	—
045	Промивка	корзина ПР 1709	—
050	Приймальний контроль	—	штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ÃÎÑÒ 2166 - 80; спеціальні приспосіблення; зразки шорсткості

Вибираємо схеми базування, які б забезпечували мін. похибку встановлення та дотримання принципу суміщення баз [12].

Таблиця 3.5 – Схеми встановлення та закріплення заготовки

№ опер.	Назва операції	Схема базування
1	2	3
005	Токарна	
010	Вертикально-свердлильна	
015	Вертикально-фрезерна	

1	2	3
020	Горизонтально-протяжна	
025	Вертикально-фрезерна	
030	Вертикально-свердлильна	
035	Вертикально-свердлильна	

Встановлення режимів обробки проведемо на окремих операціях та з використанням нормативних даних [11].

Операція 015 – вертикально-фрезерна

Швидкість різання розраховується за формулою [11]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_\phi}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot z^n \cdot B^z}, \quad (3.21)$$

де C_v – сталий коефіцієнт, $C_v = 64,7$;

D – діаметр інструменту, $D = 20$ мм; q, m, x, y, n, z – степеневі показники, $q = 0,25$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,6$; $n = 0,1$; $z = 0,1$;

T – період стійкості інструменту, $T = 180$ хв.;

K_m, K_n, K_u, K_ϕ – поправочні коефіцієнти, $K_m = 1$; $K_n = 0,9$; $K_u = 1,3$; $K_\phi = 1$.

Також вихідними параметрами є глибина обробки $t = 10$ мм; кількість проходів фрези $i = 6$; кількість зубів фрези $z = 12$; ширина оброблення $B = 20$ мм; подача на зуб $S_z = 0,15$ мм/зуб.

$$V = \frac{64,7 \cdot 20^{0,25} \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 1}{180^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 12^{0,1} \cdot 39^{0,1}} = 17,7 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 17,7}{3,14 \cdot 20} = 282 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо розрахункове значення чисел обертів з паспортними даними обладнання $n = 250$ об/хв. Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 250}{1000} = 15,7 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n. \quad (3.22)$$

Відповідно

$$S_m = 0,15 \cdot 12 \cdot 250 = 450 \text{ мм/об.}$$

Ефективна потужність обробки [11];

$$N_e = \frac{P \cdot V}{60 \cdot 102}, \quad (3.23)$$

де P – колова сила різання, Н;

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z \cdot B^z \cdot D^q, \quad (3.24)$$

де C_p – постійний коефіцієнт, $C_p = 68$;

q, x, y, z – показники степеня, $q = -0,86$; $x = 0,86$; $y = 0,74$; $z = 1$.

$$P = 68 \cdot 10^{0,86} \cdot 0,15^{0,74} \cdot 12 \cdot 20^1 \cdot 20^{-0,86} = 565,3 \text{ Н.}$$

Ефективна потужність обробки фрезою

$$N_e = \frac{565,3 \cdot 15,7}{60 \cdot 102} = 1,45 \text{ кВт.}$$

Основний час

$$T_o = \frac{L}{S_m}, \quad (3.25)$$

де L – загальна довжина обробки, мм.

$$L = B_L + y_1 + y_2, \quad (3.26)$$

де B_L – довжина фрезерування, $B_L = 36$ мм;

y_1 – величина підводу інструменту, $y_1 = 5$ мм;

y_2 – величина перебігу інструменту, $y_2 = 5$ мм.

$$L = 36 + 5 + 5 = 46 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{46}{120} = 0,38 \text{ хв.}$$

З врахуванням того, що фрезерування здійснюється за шість проходів ($i = 6$), основний час обробки

$$\Sigma T_o = 6 \cdot T_o = 2,28 \text{ хв.}$$

Операція 030 – вертикально-сверлильна

Розрахунок проводимо за відомою методикою [11]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.27)$$

де C_y – сталий коефіцієнт, $C_y = 8,9$;

D – діаметр свердла, $D = 12$ мм;

q, m, y – показники степеня, $q = 0,35$; $m = 0,2$; $y = 0,6$;

T – період стійкості інструменту, $T = 60$ хв.;

K_v – поправочний коефіцієнт, $K_v = 0,72$.

Вихідними даними є також глибина обробки $t = 0,5D = 0,5 \cdot 12 = 6$ мм;
кількість проходів $i = 1$; подача $S = 0,2$ мм/об. Швидкість різання рівна

$$V = \frac{8,9 \cdot 12^{0,35}}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,6}} \cdot 0,72 = 16,03 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 16,03}{3,14 \cdot 9} = 567,2 \approx 567 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо розрахункове значення чисел обертів з паспортними даними обладнання $n = 500$ об/хв. Дійсна швидкість різання

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 500}{1000} \approx 14,1 \text{ м/хв.}$$

Ефективна потужність різання [11]

$$N_e = \frac{M_K \cdot n}{975 \cdot 1000}, \quad (3.28)$$

де M_K – крутний момент, Н

$$M_K = C_m \cdot D^{2,0} \cdot S^y \cdot K_m, \quad (3.29)$$

де C_m – постійний коефіцієнт, $C_m = 39$;

y – показник степеня, $y = 0,8$;

K_m – поправочний коефіцієнт, $K_m = 0,78$.

$$M_K = 39 \cdot 9^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,78 = 679,9 \approx 680 \text{ Н·м.}$$

Відповідно

$$N_e = \frac{680 \cdot 500}{975 \cdot 1000} \approx 0,35 \text{ кВт.}$$

Основний час обробки [11]

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (3.30)$$

де L – загальна довжина обробки, мм;

$$L = t + y_1 + y_2, \quad (3.31)$$

де y_1 – величина підводу інструменту, $y_1 = 3$ мм;

y_2 – величина перебігу інструменту, $y_2 = 3$ мм.

$$L = 10 + 3 + 3 = 16 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{16}{500 \cdot 0,2} = 0,16 \text{ хв.}$$

Режими обробки для решти операцій призначаємо згідно довідникової літератури [11]. Всі результати представимо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.6 – Режими різання за операціями обробки

№ опер.	Назва операції і перехід	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	S _m , мм/хв.	n, об/хв.	V, м/хв.	T _o , хв.	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005	Токарна									4,31
	Перехід 1	52	2,5	1	0,45	-	250	103	1,59	
	Перехід 2	30	4	2	0,4	-	200	94	2,65	
	Перехід 4	52	2,5	1	0,45	-	250	103	1,59	
	Перехід 5	20	4	2	0,4	-	200	94	3,04	
	Перехід 6	2,3	2,3	1	0,2	-	200	93	0,42	
	Перехід 7	36	8	3	0,45	-	250	103	1,06	
010	Вертикально-свердлильна Перехід 1	11	5,5	1	0,2	-	500	14,1	0,16	0,35
015	Вертикально-фрезерна Перехід 1	36	10	6	-	0,15	250	15,7	2,28	1,45
020	Горизонтально-протяжна									5,56
	Перехід 1	1420	-	1	-	-	-	3	0,8	
	Перехід 3	1420	-	1	-	-	-	3	0,8	
025	Вертикально-фрезерна									0,65
	Перехід 1	20	1,6	1	-	0,15	250	15,7	0,62	
	Перехід 3	20	1,6	1	-	0,15	250	15,7	0,62	
030	Вертикально-свердлильна									0,31
	Перехід 1	11	4,5	1	ручна	-	710	8,9	0,6	
	Перехід 2	3	1	1	ручна	-	355	13,4	0,04	
	Перехід 3	10	-	1	0,941	-	250	7,9	0,16	
	Перехід 5	11	4,5	1	ручна	-	710	8,9	0,6	
	Перехід 6	3	1	1	ручна	-	355	13,4	0,04	
	Перехід 7	10	-	1	0,941	-	250	7,9	0,16	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
035	Вертикально-свердлильна									0,28
	Перехід 1	3	1	4	ручна	-	355	13,4	0,95	
	Перехід 2	12	-	4	0,941	-	250	7,9	2,04	

Норми штучного часу на операцію [11]:

$$T_{шт} = T_o + T_\delta + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (3.32)$$

де T_o – основний час, хв.;

T_δ – допоміжний час, хв.;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$ – час на відпочинок та природні потреби робітника, хв.

Оперативний час

$$T_{оп} = T_o + T_\delta. \quad (3.33)$$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (3.34)$$

де $T_{нз}$ – підготовчо-заключний час, хв.

Проведемо нормування за операцією 005 – токарною.

Основний час $T_o = 0,32$ хв. Допоміжні операції і затрачуваний час [11]:

$$T_\delta = T_{уст} + T_{унр} + T_{вим}, \quad (3.35)$$

- установка заготовки і зняття її після операції $T_{уст} = 0,2$ хв.;

- допоміжний час на керування верстатом $T_{унр} = 0,12$ хв.;

- допоміжний час на вимірювання розмірів $T_{вим} = 0,08$ хв.

Загальний допоміжний час

$$T_{\partial} = 0,2 + 0,12 + 0,08 = 0,4 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію

$$T_{оп} = 0,32 + 0,4 = 0,72 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = 0,04 \cdot 0,72 \approx 0,03 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$T_{відп} = 0,04 \cdot 0,72 \approx 0,03 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію

$$T_{шт} = 0,32 + 0,4 + 0,03 + 0,03 = 0,78 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час на операцію: $T_{пз} = 18 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час на операцію:

$$T_{шт.к} = 0,78 + \frac{18}{240} = 0,855 \text{ хв.}$$

Аналогічно проводимо нормування для інших операцій технологічного процесу. Результати представимо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.7 – Норми штучного часу за операціями обробки

Опер.	T_o , хв.	Допоміжний, хв.			T_{∂} , хв.	$T_{оп}$, хв.	$T_{обс}$, хв.	$T_{відп}$, хв.	$T_{шт}$, хв.	$T_{пз}$, хв.	$T_{шт.к}$ хв.
		$T_{уст}$	$T_{унр}$	$T_{вим}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	0,32	0,21	0,11	0,02	0,34	0,40	0,026	0,026	1,57	12	1,62
010	2,66	0,20	0,12	0,08	0,40	0,92	0,03	0,03	2,98	18	3,06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
015	2,28	0,64	0,48	0,08	1,20	1,8	0,11	0,11	3,02	24	5,12
020	0,08	0,32	0,18	0,08	0,58	1,16	0,16	0,16	1,48	16	1,74
025	0,51	0,20	0,12	0,08	0,40	0,80	0,03	0,03	0,86	12	0,91
030	2,08	0,35	0,12	0,11	0,58	0,84	0,19	0,19	3,22	16	3,79
035	0,6	0,42	0,16	0,11	0,69	0,92	0,04	0,04	1,00	12	1,05
040	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	9	0,37
045	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	5	0,65
050	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	12	0,50

3.3 Визначення кількості верстатів

Кількість верстатів визначимо за штучним часом на операціях (таблиця 3.6) і тактом випуску продукції [11]

$$t_{\epsilon} = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{N}, \quad (3.36)$$

де F_{∂} – час роботи верстатів, год.; $F_{\partial} = 4015$ год.;

N – кількість деталей в рік, шт.; $N = 6000$ шт.

$$t_{\epsilon} = \frac{4015 \cdot 60}{6000} = 40,15 \text{ хв.}$$

Оскільки операції 010, 030, 035 – вертикально-свердлильні, то загальний штучний час на них $\Sigma T_{um} = 1,12 + 5,44 + 1,49 = 8,05$ хв. Для операцій 015, 025 – вертикально-фрезерні, час $\Sigma T_{um} = 7,34 + 2,27 = 9,61$ хв. Відповідно необхідна кількість верстатів по операціях

005 Токарна

$$m_p = \frac{8,33}{40,15} \approx 0,21 - \text{прийmemo } m_n = 1 \text{ верстат};$$

010, 030, 035 – Вертикально-свердлильні

$$m_p = \frac{8,05}{40,15} \approx 0,2 - \text{прийmemo } m_n = 1 \text{ верстат};$$

015, 025 – Вертикально-фрезерні

$$m_p = \frac{9,61}{40,15} \approx 0,24 - \text{прийmemo } m_n = 1 \text{ верстат};$$

020 – Горизонтально-протяжна

$$m_p = \frac{4,04}{40,15} \approx 0,1 - \text{прийmemo } m_n = 1 \text{ верстат}.$$

Коефіцієнт завантаження обладнання рівний відношення розрахункової кількості m_p обладнання до фактично прийнятої m_n [11]. Відповідно середній коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{з.ср} = \frac{0,21 + 0,2 + 0,24 + 0,1}{4} \approx 0,22.$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{шт.к}}. \quad (3.37)$$

$$\eta_{o_{1A720}} = \frac{0,32 + 2,66 + 1,35 + 0,77}{5,42} = \frac{5,1}{8,42} \approx 0,61;$$

$$\eta_{o_{6H10}} = \frac{2,28}{5,12} \approx 0,46;$$

$$\eta_{o_{7B56}} = \frac{0,8}{1,74} \approx 0,46;$$

$$\eta_{o_{2C132}} = \frac{2,08 + 0,51 + 0,6}{3,79 + 0,91 + 1,05} = \frac{3,19}{5,75} \approx 0,55.$$

Відповідно середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом обробки

$$\eta_{o.c.p} = \frac{0,61 + 0,46 + 0,46 + 0,55}{4} \approx 0,52.$$

Використання верстатів за потужністю приводу характеризується коефіцієнтом η_M , який рівний відношенню необхідної потужності N_{np} на приводі верстата до потужності N_{cm} встановленого електродвигуна

$$\eta_M = \frac{N_{np}}{N_{cm}}. \quad (3.38)$$

$$\eta_{M_{1A720}} = \frac{2,31 + 2,71 + 1,77 + 1,06}{8} = \frac{7,85}{8} = 0,98;$$

$$\eta_{M_{6H10}} = \frac{1,45}{3} \approx 0,48;$$

$$\eta_{M_{7B56}} = \frac{5,56}{30} \approx 0,19;$$

$$\eta_{M_{2H132}} = \frac{0,35 + 0,12 + 0,22}{7,5} = \frac{0,69}{7,5} \approx 0,09.$$

Середній коефіцієнт використання обладнання за потужністю встановленого приводу

$$\eta_{M.c.p} = \frac{0,98 + 0,48 + 0,19 + 0,09}{4} \approx 0,44.$$

Для наглядного уявлення щодо завантаження вибраного верстатного обладнання представимо їх у вигляді графіків на рисунках 3.3, 3.4 та 3.5.

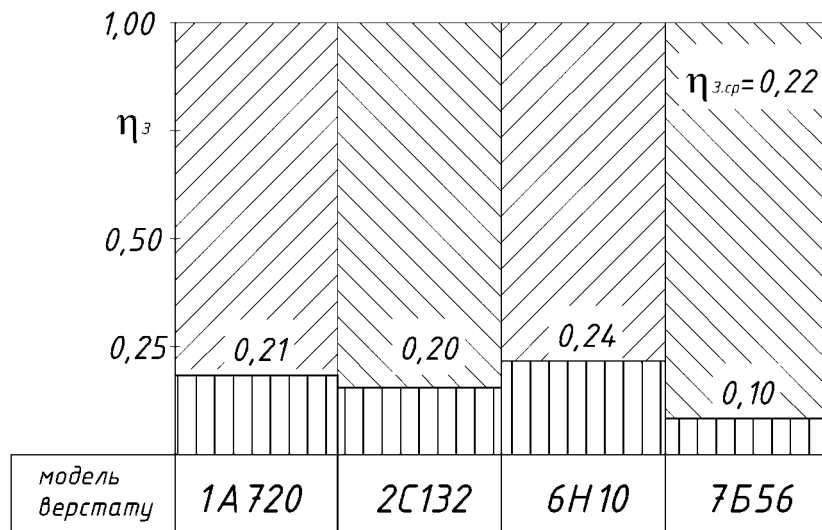


Рисунок 3.3 – Графік завантаження обладнання

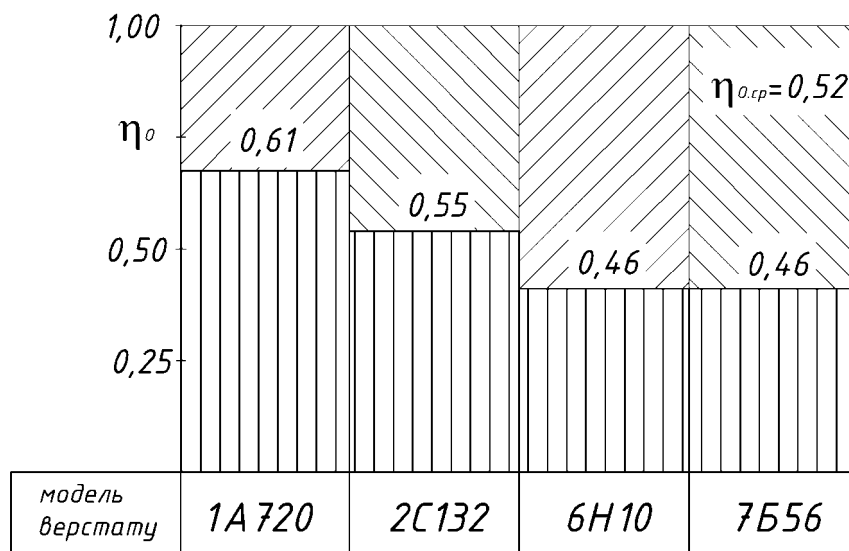


Рисунок 3.4 – Графік завантаження обладнання по основному часу

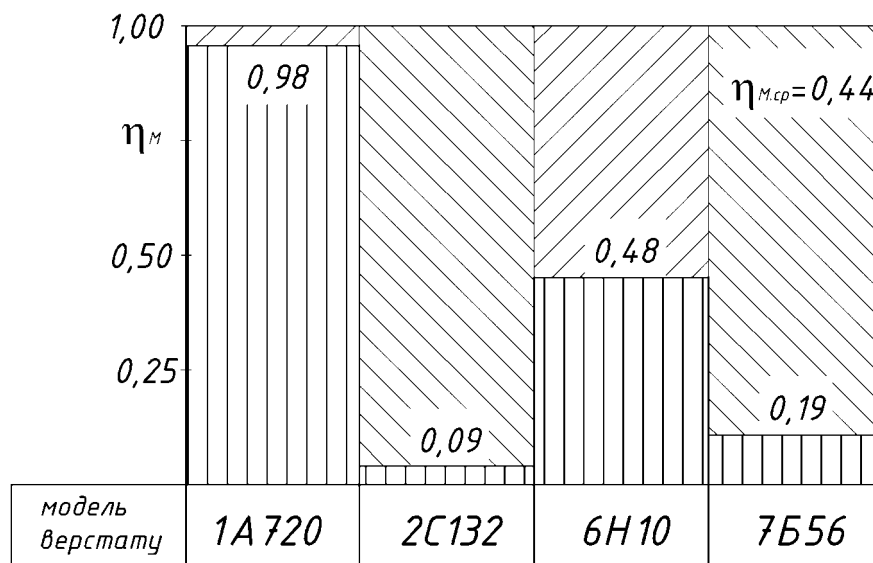


Рисунок 3.5 – Графік завантаження обладнання по потужності

3.4 Конструювання оснащення для мехобробки

Для одночасної обробки свердлінням 4-х отв. застосовано кондуктор точність якого [11]

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{p,i}^2 + (k_2 \omega)^2}, \quad (3.39)$$

де δ – допуск на виконуючий розмір, $\delta = 0,8$ мм;

k – коефіцієнт, що враховує відхилення від розміщення окремих складових, $k = 1,2$;

ε_{δ} – похибка встановлення, яка рівна

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta_D}{2}, \quad (3.40)$$

де δ_D – допуск на установчу поверхню, $\delta_D = 0,16$ мм;

Відповідно отримаємо

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ мм.}$$

k_1, k_2 – коефіцієнти серійності виробництва, $k_1 = 0,7$; $k_2 = 0,6$;

ε_3 – похибка зміщення оброблюваних поверхонь від сили затиску, $\varepsilon_3 = 0$ мм;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою, мм.

$$\varepsilon_{уст} = \frac{L_{\delta} \cdot s_{uu}}{l}, \quad (3.41)$$

де L_{δ} – довжина оброблюваної поверхні, $L_{\delta} = 20$ мм;

s_{uu} – зазор між направляючою шпонкою пристосування і пазом стола, $s_{uu} = 0,05$ мм;

l – відстань між направляючими шпонками, $l = 390$ мм.

$$\varepsilon_{уст} = \frac{20 \cdot 0,05}{390} \approx 0,00128 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{зн}$ – похибка від зносу установочних елементів пристрою, $\varepsilon_{зн} = 0,02$ мм;

$\varepsilon_{p.i}$ – похибка внаслідок можливого зміщення ріжучого інструменту, $\varepsilon_{p.i} = 0,1$;

ω – похибка для даного методу обробки, $\omega = 0,08$ мм.

Підстановкою числових значень отримаємо

$$\varepsilon_{np} = 0,18 - 1,2\sqrt{(0,7 \cdot 0,08)^2 + 0^2 + 0,00128^2 + 0,02^2 + 0,1^2 + (0,6 \cdot 0,08)^2} \approx 0,03 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{np} \leq \delta$ – отже точність обробки забезпечена.

Сила затиску P встановлюється із відношення

$$P \geq mP_o, \quad (3.42)$$

де m – кількість одночасно працюючого інструменту;

P_o – осьова сила різання [11].

$$P_o = 10C_p D^q s^y K_p, \quad (3.43)$$

де C_p – постійний коефіцієнт, $C_p = 42,7$;

D – діаметр використовуваного свердла, $D = 11$ мм;

q, y – показники степеня, $q = 1$; $y = 0,8$;

s – значення подачі інструменту, $s = 0,2$ мм/об.;

K_p – коефіцієнт врахування умов обробки.

$$K_p = \left(\frac{HB}{190} \right)^n, \quad (3.44)$$

де HB – твердість матеріалу, $HB = 190$;

n – показник степеня, $n = 0,6$.

$$K_p = \left(\frac{190}{190}\right)^{0,6} = 1.$$

Сила осьового різання

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 11^1 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,9 = 1272,5 \text{ Н.}$$

Умова затиску заготовки

$$P \geq 4 \cdot 1272,5 = 5090 \text{ Н}$$

Оскільки у застосовуваному кондукторі затиск заготовки забезпечується подачею свердлильної головки верстатом то умова забезпечення сили затиску

$$N_{\text{дв}} \geq N_{\text{зол}} \eta_{\text{в}}, \quad (3.45)$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна обладнання, $N_{\text{дв}} = 7,5$ кВт;

$N_{\text{зол}}$ – потужність свердлильної головки, кВт;

$\eta_{\text{в}}$ – ККД верстата, $\eta_{\text{в}} = 0,8$.

$$N_{\text{зол}} = m \cdot N \cdot \eta_{\text{зол}}, \quad (3.46)$$

де m – кількість одночасно використовуваного інструменту, $m = 4$;

N – потужність одного інструменту, $N = 0,35$ кВт.;

$\eta_{\text{зол}}$ – ККД свердлильної головки, $\eta_{\text{зол}} = 0,8 \dots 0,9$.

$$N_{\text{зол}} = 4 \cdot 0,35 \cdot 0,85 = 1,19 \text{ кВт.}$$

Згідно умови (3.45)

$$7,5 \geq 1,19 \cdot 0,8$$

$$7,5 \geq 0,952$$

– отже затиск заготовки у кондукторі забезпечено.

Для механічної обробки фрезеруванням плоских поверхонь в розмір 100Н12 можна використати пристрій принцип роботи і конструкція якого базуються на використанні пневматики.

Похибка встановлення вихідної заготовки у пристрої розраховується за вище наведеною формулою (3.39) [11]. Необхідні коефіцієнти мають наступні значення: $\delta = 0,36$ мм; $k = 1,2$; $\varepsilon_{\delta} = 0,18$; $k_1 = 0,7$; $k_2 = 0,6$; $\varepsilon_3 = 0,1$ мм; $\varepsilon_{уст} = 0,041$ мм; $\varepsilon_{зн} = 0,04$ мм; $\varepsilon_{p.i} = 0$; $\omega = 0,1$ мм.

Розрахункове значення похибки встановлення

$$\varepsilon_{np} = 0,36 - 1,2 \sqrt{(0,7 \cdot 0,18)^2 + 0,1^2 + 0,041^2 + 0,04^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} \approx 0,142 \text{ мм}$$

– отже точність обробки забезпечена.

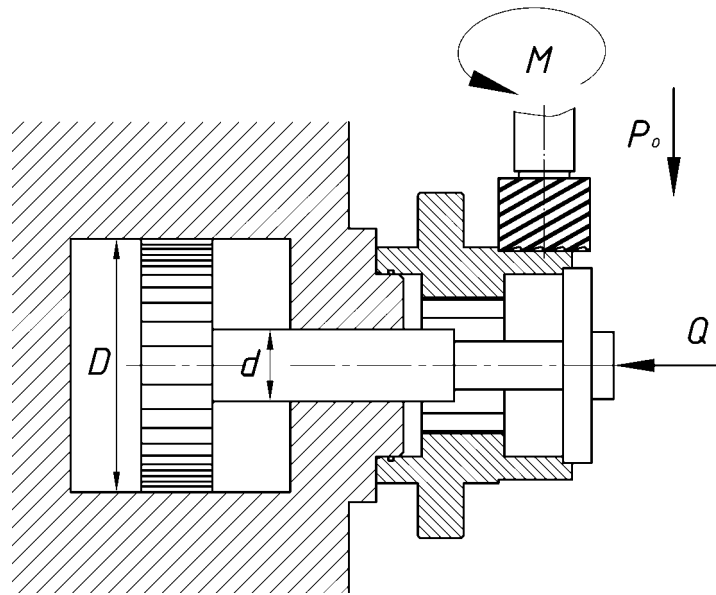


Рисунок 3.6 – Схема базування та затиску заготовки у пристрої для фрезерування площин

Сила затиску повинна забезпечуватися умовою

$$Ff + F_1f + F_2f \geq kP_{пиз}, \quad (3.47)$$

де F , F_1 , F_2 – складові сил тертя;

f – коефіцієнт тертя між заготовкою та установчими й затискними елементами пристрою, $f = 0,15$;

P_{piz} – сила різання, яку розрахуємо за формулою (3.24). Відповідно необхідні величини [11]: $C_p = 68$; $t = 1,62$ мм; $S_z = 0,08$ мм/зуб.; $z = 12$; $B = 32$ мм; $D = 40$ мм; $q = -0,86$; $x = 0,86$; $y = 0,74$; $z = 1$. Отже

$$P_{piz} = 68 \cdot 1,62^{0,86} \cdot 0,08^{0,74} \cdot 12 \cdot 32^1 \cdot 40^{-0,86} = 70,5 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт запасу k знайдемо як добуток поправочних коефіцієнтів [11]

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.48)$$

де k_1 – гарантований запас, $k_1 = 1,5$;

k_2 – зміна величини припуску для чистових заготовок, $k_2 = 1,0$;

k_3 – збільшення сили різання затупленого інструменту, $k_3 = 1,2$;

k_4 – поправка на неперервну обробку, $k_4 = 1,0$;

k_5 – коефіцієнт наявності пневмозатиску, $k_5 = 1,0$;

k_6 – поправка на додаткові крутні моменти, $k_6 = 1,5$.

Коефіцієнт запасу рівний

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7.$$

Між силами і тертя і силою затиску витримується умова:

$$F = F_1 = F_2 = P, \quad (3.49)$$

Співвідношення між необхідною силою затиску і зусиллям, що забезпечить пневмозатиск

$$P = Q, \quad (3.50)$$

Відповідно рівність (3.47) набуде вигляду

$$Q \cdot f = kP_{\text{піз}}. \quad (3.51)$$

З даної рівності потрібна сила тиску пневмоциліндра

$$Q = \frac{kP_{\text{піз}}}{f}. \quad (3.52)$$

Відповідно

$$Q = \frac{2,7 \cdot 70,5}{0,15} = 1268 \text{ Н.}$$

Діаметр пневмоциліндра [11]

$$Q = \frac{\pi(D_{\text{п}}^2 - d^2)}{4} \cdot p, \quad (3.53)$$

де $D_{\text{п}}$ – діаметр пневмоциліндра, см;

d – діаметр штока пневмоциліндра, $d = 4$ см;

p – створений тиск повітря в системі, $p = 10$ кг/см².

Необхідний діаметр пневмоциліндра

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p} + d^2}. \quad (3.54)$$

Відповідно

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1268}{3,14 \cdot 10} + 4^2} = 12,7 \text{ см} \approx 127 \text{ мм.}$$

Згідно стандарту [11] приймаємо найближче більше значення діаметра пневмоциліндра $D = 160$ мм, для якого діаметр штока $d = 40$ мм.

4 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення площі діляниць цеху

Визначення розрахунковим шляхом площ виробничих та допоміжних діляниць механоскладального цеху проводять за трудомісткістю виготовлення виробу. Фактично загальна трудомісткість рівна сумі штучного часу по операціях виготовлення деталі за технологічним процесом виробництва. Площу механоскладального цеху визначають на основі даних діючого підприємства, яке займається випуском аналогічної продукції [13]. Так у аналогічних цехах передбачають виробничого обладнання – 100-125 од.; заточувального – до 4 од.; верстатів цехової рембази – 2-3 од.; контрольно-перевірочних пунктів – 3 од.

Виробнича площа діляниці механічного оброблення [14]

$$S_M = N \cdot S_{II}, \quad (4.1)$$

де N – кількість металообробних верстатів діляниці, $N = 120$ од.;

S_{II} – питома площа на верстатну одиницю, $S_{II} = 18...25$ м².

$$S_M = 120 \cdot 20 = 2400 \text{ м}^2.$$

Площа складального відділення становить 30...40 % від розрахункової площі механічного [13]. Приймаємо 30 % від 2400 м² = 720 м².

Згідно відповідної методики [13] визначаємо додаткові площі відділень:

– *заточне*. Приймаємо заточних верстатів – 3 од. з питомою площею на одиницю 8 м². Отже, необхідна площа = 24 м².

– *цехова рембаза*. Приймаємо верстатів – 2 од. з питомою площею на одиницю 30 м². Отже, необхідна площа = 60 м².

– *контрольно-перевірочний пункт*. З урахуванням кількості пунктів та питомої площі на одиницю, то $3 \times 5 = 15$ м².

– *склади*

$$S_3 = \frac{M_\Sigma \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (4.2)$$

де M_Σ – загальна маса продукції річного випуску, $M_\Sigma = 6000 \times 3,74 = 22440$ кг = 22,44 т.;

t – робочі дні протягом яких зберігаються заготовки, $t = 1$;

q – допустиме навантаження на м² підлоги, $q = 1,2$ т/м²;

k_B – коефіцієнт використання площі складу, $k_B = 0,3$.

$$S_3 = \frac{22,44 \cdot 1}{260 \cdot 1,2 \cdot 0,3} \approx 0,24 \text{ м}^2 \text{ – отже складів не потрібно.}$$

– *відділення МОР, склад масел.* Площа залежить від кількості виробничого обладнання, відповідно – 50+10 (склад масел) = 60 м².

– *відділення обробки стружки.* Площа також залежить від кількості виробничого обладнання, відповідно – 85 = 95 м².

– *заготівельне.* Передбачають 4...10 од. обладнання з питомою площею на одиницю – 25...30 м². Отже, 4 × 25 = 100 м².

– *підсистем електропостачання.* Передбачають трансформаторну підстанцію площею 50 м² на 5000 м² виробничої площі, отже необхідна площа - 50 м².

– *підсистем пневматики.* Площа для компресорних установок рівна 0,006...0,008 виробничої площі. Отже 0,006 × 2400 = 14,4 ≈ 14 м².

– *підсистем мікроклімату.* Площа для вентиляційних установок рівна 0,005...0,0075 виробничої площі. Отже 0,005 × 2400 = 12 м².

Вздовж цеху передбачають магістральні проїзди шириною 4,5...5,5 м. Площа під них складає 12...15 % від основних і додаткових площ цеху. А також службово-побутові приміщення (25...30% площі цеху без проїздів).

Таблиця 4.1 – Основні і додаткові площі цеху

№ п/п	Відділення механоскладального цеху	Площа, м ²
1	2	3
1	Механічне	2400
2	Складальне	720
3	Заточне	24
4	Рембаза	60
5	Контрольно-перевірочний пункт	15
6	Мастильно-охолоджувальних рідин, склад масел	60
7	Обробки стружки	95
8	Заготівельне	100
9	Підсистем електропостачання	50
10	Підсистем пневматики	14
11	Підсистем мікроклімату	12
	Всього	3550
11	Магістральні проїзди (12 %)	426
	Всього площа цеху	3976
12	Службово-побутові приміщення (25 %)	886
	Сумарна площа виробничого цеху	4862

Площа ділянки для виготовлення цапфи визначається кількістю та типом застосовуваного обладнання і визначається за питомою площею на одиницю [13].

Таблиця 4.2 – Площа ділянки виробництва цапфи

Обладнання (верстат)	Модель	Габарити, мм	Тип	Прийнята питома площа, м ²
1	2	3	4	5
Токарний напівавтомат	1A720	2190×1365	середній	20
Вертикально-фрезерний	6H10	1720×1750	середній	20
Горизонтально-протяжний	7B56	7200×2135	крупний	25
Вертикально-свердильний	2C132	1240×810	легкий	16
Верстак	—	1500×1000	—	6
Мийна установка	M2A	1550×1250	—	8
Стіл контрольний	PP1460	2000×1000	—	6
Місця збер. загот. і деталей	—	—	—	8
Сумарна площа ділянки виробництва цапфи				109

4.2 Розробка компоновки цеху та обладнання мехдільниці

Компонування відділень цеху здійснюють за відомими площами відділень, які входять у його структуру (табл. 4.1) та з урахуванням прийнятих напрямів вантажопотоків, нормативних параметрів та схем цеху.

На компонувавальному плані цеху вказують: стіни; границі відділень; допоміжне обладнання (при необхідності); кранове або інше обладнання; проїзди та проходи; стружко відвідні канали. Обов'язково встановлюються висотні відмітки щодо рівня підлоги. Позначення проводять згідно прийнятих стандартів [13, 14].

Для компонувавального плану вказується вибраний поперечний переріз прольоту цеху у встановленому масштабі, у роботі прийнято 1:50.

Відділення, дільниці та структурні одиниці розміщено у наступній послідовності:

- місця для складання заготовок та напівфабрикатів розміщені на початку ліній механічного оброблення;
- місця для складування виробів – в кінці верстатних ліній або біля пунктів технічного контролю;
- між механічним та складальним відділеннями передбачено магістральний проїзд;
- в кінці складального відділення міститься контрольно-перевірочний пункт;
- допоміжні відділення містяться вздовж виробничого потоку, але не на його шляху.

Згідно норм допоміжні відділення відокремлені від механічного та складального відділень перегородками висотою 2,5 м, а пункти технічного контролю і заточне відділення – скляною або пластиковою перегородками. Компонувавальний план цеху виконаний у масштабі прийнято 1:100.

План розміщення верстатів та іншого оснащення на дільницях механічної обробки виконується у відповідності з компонувавальним планом цеху і

розташуванням його будівельних елементів. Розмітки компоувального плану механічної дільниці прив'язані до координатних вісей механоскладального цеху. Нормативна відстань між оснащенням дільниці – 950 мм (*min*) з урахуванням максимального переміщення рухомих частин обладнання, – прийнято 1100 мм; між фронтальною стороною верстатів до проходу чи проїзду – 1000 мм, від обладнання до колон – 700 мм. Прохід між дільницями – 2000 мм.

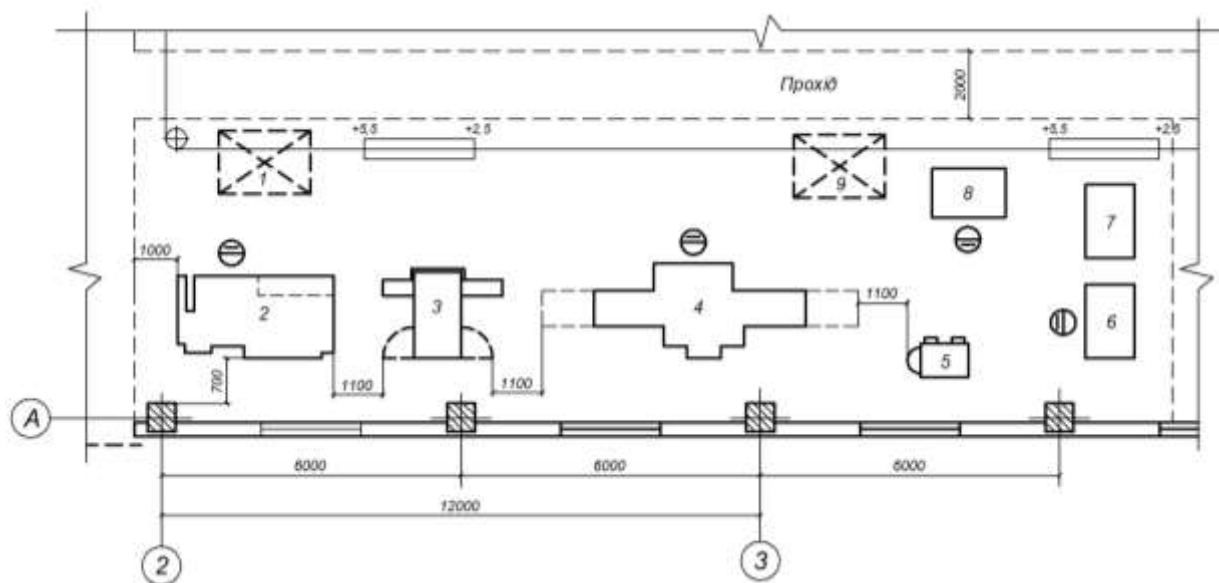


Рисунок 4.1 – План розміщення обладнання на дільниці виробництва цапфи ПС-10А.15.080:

- 1 – місце зберігання заготовок; 2 – токарний півавтомат 1А720;
- 3 – вертикально-фрезерний 6Н10; 4 – горизонтально-протяжний 7Б56;
- 5 – вертикально свердлильний 2С132; 6 – верстак;
- 7 – стіл контрольний ПР1460; 8 – мийна установка М2А;
- 9 – місце зберігання готових виробів

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Розробка заходів для зниження рівня шуму на ділянці

Захист від виробничого шуму має важливе значення для оздоровлення умов праці і підвищення її продуктивності. Для послаблення шуму від агрегатів та верстатів є багато різноманітних засобів [15]. Один з них – заміна ударного процесу безударним. Так зворотно-поступальний рух деталей агрегатів необхідно замінити обертовим. Якщо виникає шум від вібрації співударних деталей і окремих вузлів, необхідно окремі вузли обробити матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя (гуми, корку, бітумного картону, повсті). Перемежування металевих деталей з пластмасовими або з іншими знешумленими матеріалами теж є ефективним. При значних шумах в напрямних трубах (револьверні верстати і інші) доцільно влаштовувати гнучкі зв'язки між прутом і трубою, які є по суті демпфуючими пристроями, які зменшують вібрації та шум.

Там, де є вентилятори, ежектори, повітродувки і інші установки з повітряними струменями, необхідно гнучкі переходи на повітроводах робити з тканини, а фланці – з гуми. Значно нижче шум змащення співударних деталей в'язкими рідинами. Для зниження шуму у редукторах їх вміщують у рідинні, масляні та інші ванни. Якщо не можна зменшити шум у самому джерелі його утворення до допустимого рівня, в конструкцію агрегату слід включити пристрої, що перешкоджають поширенню шуму назовні, тобто ізолюють чи вбирають його. Для агрегати (електричні двигуни, шестеренчасті редуктори та ін.) поміщають у звукоізолюючі кожухи з виводом назовні органів керування та контрольних приладів і по змозі здійснювати автоматичне керування роботою цих агрегатів; шумні вузли агрегату – шестеренчасті редуктори, ланцюгові, пасові та інші передачі, співударні деталі, двигуни та ін. – вміщують в ізолюючі бокси і кожухи; необхідні отвори у звукоізолюючих кожухах роблять у вигляді

каналів, облицьованих зсередини звуковбираючими матеріалами; всі агрегати, які створюють надмірний шум внаслідок вихроутворення чи вихлопу повітря і газів (вентилятори, повітродувки, пневматичний інструмент і т.п.), обладнувати спеціальними камерами.

При правильному виборі і встановленні вентилятора можна створити повністю безшумну вентиляцію виробничих приміщень. Вентилятори звичайно працюють на великих швидкостях (до 2000 об/хв.), що веде до виникнення значних вібрацій. Шум вентиляційного агрегату поширюється в сусідні приміщення трьома основними шляхами: по вентиляційних каналах; крізь стіни, вікна чи інші огорожі; по конструкції приміщення у вигляді вібрацій. Для послаблення шуму треба обирати по можливості малошумні вентилятори, встановлювати у повітроводах глушники, здійснювати достатню звукоізоляцію вентиляційної камери і стінок повітроводів і при необхідності – віброізоляцію агрегату.

Зниження шуму можна також досягти акустичною обробкою приміщення [15]. Акустична обробка приміщення передбачає вкривання стелі та верхньої частини стін звукопоглинальним матеріалом. Внаслідок цього знижується інтенсивність відбитих звукових хвиль. Додатково до стелі можуть підвішуватись звукопоглинальні щити, конуси, куби, встановлюватись резонаторні екрани, тобто штучні поглиначі. Ефективність акустичної обробки приміщень залежить від звукопоглинальних властивостей застосовуваних матеріалів та конструкцій, особливостей їх розташування, об'єму приміщення, його геометрії, місць розташування джерел шуму. Заходи щодо зниження шуму слід передбачати на стадії проектування промислових об'єктів та обладнання. Особливу увагу слід звертати на винесення шумного обладнання в окреме приміщення, що дозволяє зменшити число працівників в умовах підвищеного рівня шуму та здійснити заходи щодо зниження шуму з мінімальними витратами коштів, обладнання та матеріалів.

5.2 Розрахунок віброізоляторів для верстатів цеху

Вібрація серед усіх видів механічних впливів для технічних об'єктів найбільш небезпечна. Знакозмінні напруження, викликані вібрацією сприяють накопиченню пошкоджень у матеріалах, появі тріщин та руйнуванню.

Для боротьби з вібрацією застосовують наступні методи: зниження вібрації в джерелі шляхом зниження або усунення збуджуючих сил; від лагодженням від резонансних режимів раціональним вибором приведеної маси або жорсткості системи, яка коливається; вібродемпфуванням, тобто зниженням вібрацій за рахунок сили демпферного пристрою; динамічним гасінням – введенням в коливну систему додаткових мас або збільшення жорсткості системи; віброізолюванням – введенням в коливну систему додаткового пружного зв'язку з метою послаблення передавання вібрацій суміжному елементу конструкції або робочому місцю.

Для віброізоляції стаціонарного технологічного обладнання з вертикальною змушувальною силою використовують віброізолювальні опори у вигляді прокладок або пружин.

Методика розрахунку параметрів віброізолятора для технологічної машини, яка здійснює n робочих циклів за хвилину, має масу m кг. і встановлена на 4-х опорах є наступною [15].

Визначається частота робочих циклів агрегата:

$$f = \frac{n}{60}. \quad (8.1)$$

Власна частота коливань системи:

$$f_{0\max} = \frac{f}{4-1}. \quad (8.2)$$

Необхідна висота гумових віброізоляторів:

$$h = \frac{x_{cm} \cdot n}{m}, \quad (8.3)$$

де x_{cm} – статична осадка системи.

Відповідно необхідна площа ізолятора:

$$S = \frac{m \cdot g}{n \cdot 4}. \quad (8.4)$$

5.3 Заходи для пожежної безпеки проектованої ділянки

Попередження розповсюдження пожеж, в основному визначається пожежною безпекою будівель та споруд і забезпечується: правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій; правильними об'ємно-планувальними рішеннями будівель та споруд; розташуванням приміщень та виробництв з урахуванням вимог пожежної безпеки; встановленням протипожежних перешкод в будівлях, системах вентиляції, паливних та кабельних комунікаціях; обмеженням витікання та розтікання горючих рідин при пожежі; влаштуванням протидимного захисту; проектуванням шляхів евакуації; заходами щодо успішного розгортання тактичних дій по гасінню пожежі.

При проектуванні і будівництві промислових підприємств необхідно передбачати заходи, які запобігають поширенню вогню, а саме [16]:

- поділ будівлі протипожежними перекриттями на пожежні відсіки;
- поділ будівлі протипожежними перегородками на секції;
- влаштування протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по конструкціях, по горючих матеріалах (гребені, бортики, пояси);
- влаштування протипожежних дверей і воріт;
- влаштування протипожежних розривів між будівлями.

Для розподілу будівлі на пожежні відсіки замість протипожежних стін допускаються протипожежні зони, які виконуються у вигляді вставки по всій ширині і висоті будинку. Вставка – це частина об'єму будівлі, яка утворюється протипожежними стінами (мінімальна межа вогнестійкості 0,75 год.). Ширина зони – не менше 12 м. У межах зони не дозволяється зберігати горючі

речовини. На межах зони з пожежними відсіками передбачаються вертикальні діафрагми і водяні завіси відповідно до СНіП 2.04.09-84 [16]. У межах зони ставлять пожежні сходи на дах, а в зовнішніх стінах зони – двері або ворота.

Отвори у протипожежних стінах, перегородках та перекриттях повинні бути обладнані захисними пристроями (протипожежні двері, вогнезахисні двері, вогнезахисні клапани, водяні завіси) проти поширення вогню та продуктів горіння. Не допускається встановлювати будь-які пристрої, які перешкоджають нормальному закриванню протипожежних та протидимових дверей, а також знімати пристрої для їх самозакривання. При складанні генеральних планів підприємств з точки зору пожежної безпеки важливо забезпечувати відповідні відстані від меж підприємств до інших підприємств і будівель. Протипожежні відстані між будівлями мають виключати загорання сусідньої будівлі протягом часу, який необхідний для приведення у дію засобів пожежогасіння.

Для захисту конструкцій із металу, дерева, полімерів застосовують відповідні речовини (штукатурка, спеціальні фарби, лаки, обмазки). Зниження горючості полімерних матеріалів досягається введенням в них наповнювачів, антипіренів, нанесенням вогнезахисних покриттів. Як наповнювачі застосовуються крейда, каолін, графіт, вермикуліт, перліт, керамзит. Антипірени захищають деревину і полімери. При нагріванні вони виділяють негорючі речовини, перешкоджають розкладу деревини і виділенню горючих газів. Після закінчення термінів дії просочування та у разі втрати або погіршення вогнезахисних властивостей обробку (просочування) необхідно повторити.

ВИСНОВКИ

Після виконання поставлених у кваліфікаційній роботі завдань можна сформулювати наступні висновки:

- встановлені оптимальні конструктивні параметри та геометрія ріжучих пластин для ступеневого розточування та узагальнені основні рекомендації для ступеневого розточування отворів, зокрема ефективно видалення стружки забезпечить максимальна початкова швидкість розточування не більше 200 м/хв.;

- для мінімізації зношування необхідно застосовувати квадратні пластини із нульовим заднім кутом, глибина розточування повинна складати не більше $1/2$ довжини кромки пластини ріжучої вставки, рекомендований радіус при вершині ріжучої пластини 0,8 мм;

- оптимальним є застосування ріжучих вставок із круглими пластинами, оскільки вони забезпечують стабільність розточування, зменшують потужність різання та ймовірність вібраційних явищ. Змінний головний кут, забезпечує високу продуктивність обробки та якість поверхні гарантовано не нижче *IT9*;

- на основі аналізу конструктивних особливостей проведено розроблення раціонального технологічного процесу виробництва цапфи ПС-10А.15.080 із вибором технологічного оснащення, обладнання, інструменту та способу одержання заготовки;

- сконструйовано оснастку для механічної обробки деталі згідно операцій маршруту обробки. Спроектовано дільницю механічного цеху для реалізації розробленого технологічного процесу виготовлення цапфи;

В результаті співставлення, за допомогою засобів САПР, розроблених конструктивно-технологічних рішень по проектних варіантах маршрутів обробки деталі цапфа встановлено розрахунковий економічний ефект в сумі 282660 грн. на 6000 шт. програми випуску заданого виробу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах : монографія / Кузнецов Ю. М., Луців І.В., Шевченко О. В. та ін. К. : Тернопіль : Тернограф. 2011. 692 с.
2. Хорошайло В. В. Повышение эффективности растачивания отверстий на токарных станках путем создания виброустойчивой инструментальной системы : дис. кандидата техн. наук : 05.03.01. Краматорск, 2016. 180 с.
3. Dzyura, V., Kryvyi P., Maruschak P., Panin S., Lyashuk O., Vlasov I. Influence of curvature and cross-sectional shape of cylindrical surface formed by turning on its roughness. Arabian Journal for Science and Engineering, 2020, Vol. 45, P. 5615-5622, DOI: 10.1007/s13369-020-04512-8 (Scopus Q2).
4. Dzyura V.O., Kryvyi P.D., Tymoshenko N.M., Krupa V.V. Technological heredity and accuracy of the cross-section shapes of the hydro-cylinder cylindrical surfaces. Volume 2: Processing, Detroit, Michigan, USA, June 9-13, 2014, DOI: 10.1115/MSEC2014-3946 (Scopus).
5. Растачивание отверстий : веб-сайт. URL: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/boring/pages/default.aspx> (дата звернення: 17.10.2021).
6. Токарная обработка расточной инструмент : веб-сайт. URL: <https://www.mitsubishicarbide.com/EU/ru/product/pdf/> (дата звернення: 17.10.2021).
7. Инструмент для обработки отверстий : веб-сайт. URL: <http://www.taegutec.com.ua> (дата звернення: 17.10.2021).
8. New products in turning : веб-сайт. URL: <http://www.walter-tools.com> (дата звернення: 17.10.2021).
9. Чорноокій А. Ступеневе розточування отворів. : Матеріали VI Міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». Тернопіль : ТНТУ, 2021. С.133.

10. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок : підручник / Л. І. Боженко. – Львів : Світ, 1996. – 368 с.

11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985.

12. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

13. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В., Дячун А. Є. Механоскладальні дільниці та цехи : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.

14. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.

15. Пістун І. П., Стець Р.Є., Трунова І.О. Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посіб. Суми : Университетська книга, 2011. 557 с.

16. Стищенко Т.Є., Пронюк Г.В. Сердюк Н.М. та ін. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.