

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

на тему:

«Дослідження методів розточування отворів з розробкою технології
виготовлення деталі картер».
«Research of methods of boring holes with the development of manufacturing
technology for crankcase parts»

Виконавець: здобувач вищої освіти 2
року магістратури, групи ПМ-22М-3
напряму 131 «Прикладна механіка»

Владислав ЯЗЛОВЕЦЬКИЙ

Керівник: доц., к.т.н.

Андрій ГРЕЧКА

Рецензент: доц., к.т.н.

Олександр КУЗИК

Центральноукраїнський національний технічний університет	
Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

« 30 » _____ 08 _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА
Владислава ЯЗЛОВЕЦЬКОГО

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: Дослідження методів розточування отворів з розробкою технології виготовлення деталі картер
- Керівник роботи: к.т.н., доц., Андрій Гречка
- Строк подання роботи до захисту « 02 » _____ 01 _____ 2024 р.
- Мета та завдання кваліфікаційної роботи:
Метою роботи є: дослідження методів розточування отворів з розробкою технології виготовлення деталі картер.
Завдання:
 - виконати аналіз отворів корпусних деталей;
 - дослідити методи розточування, різальний інструмент для розточування отворів та розробити відповідні рекомендації;
 - проаналізувати базовий технологічний процес виготовлення деталі, виявити його переваги та недоліки, розробити прогресивний технологічний процес, вибрати металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розрахувати припуски, режими різання та норми часу;
 - спроектувати та розрахувати затискний та контрольний пристрої;
 - виконати необхідні економічні розрахунки.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
РОЗДІЛ 1	Андрій ГРЕЧКА		
РОЗДІЛ 2	Андрій ГРЕЧКА		
РОЗДІЛ 3	Андрій ГРЕЧКА		
РОЗДІЛ 4	Андрій ГРЕЧКА		
РОЗДІЛ 5	Ірина ЖУРИЛО		
ДОДАТКИ	Андрій ГРЕЧКА		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	Жовтень 2023	вик.
2	РОЗДІЛ 1	Жовтень 2023	вик.
3	РОЗДІЛ 2	Жовтень-листопад 2023	вик.
4	РОЗДІЛ 3	Жовтень-листопад 2023	вик.
5	РОЗДІЛ 4	Листопад 2023	вик.
6	РОЗДІЛ 5	Листопад-грудень 2023	вик.
7	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	Грудень 2023	вик.
8	ДОДАТКИ	Грудень 2023	вик.
9	Графічна частина та оформлення	Грудень-січень 2024	вик.

Дата видачі завдання «_30_» _____ 08_____ 2023 р.

Керівник роботи _____ Андрій ГРЕЧКА
(підпис)

Завдання прийнято до виконання «_30_» _____ 08_____ 2023 р.

Здобувач _____ Владислав ЯЗЛОВЕЦЬКИЙ
(підпис)

Анотація

Язловецький В.О. Дослідження методів розточування отворів з розробкою технології виготовлення деталі картер: кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «магістр»: спец. 131 «Прикладна механіка» / наук. кер. А. І. Гречка; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 116 с. Матеріали презентації 8 креслень.

Метою роботи є дослідження методів розточування отворів та розробка технології виготовлення картера.

В роботі виконано аналіз отворів корпусних деталей, проаналізовано методи розточування, розглянуто конструкції різальних інструментів для розточування отворів, а також розроблені рекомендації по застосуванню методів розточування отворів та застосовуваним розточним інструментам для обробки отворів картера; проаналізовано базовий технологічний процес виготовлення деталі, виявлено його переваги та недоліки, розроблено прогресивний технологічний процес, вибрані металорізальні верстати, затискні, допоміжні та контрольні пристрої, розраховані припуски, режими різання та норми часу; спроектовано та розраховано затискний та контрольний пристрої; виконані необхідні економічні розрахунки.

Актуальність: систематизовано методи розточування отворів та інструментів для їх здійснення, виявлено їх переваги та недоліки, розроблено удосконалений, гнучкий технологічний процес виготовлення деталі картер.

Практичне значення: аналіз отворів корпусних деталей, проаналізовано методи розточування, розглянуто конструкції різальних інструментів для розточування отворів, розроблені рекомендації для розточування отворів картера; розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення картера, розроблено конструкції пристроїв для затиску та контролю.

Ключові слова: отвір, розточування отвору, однолезове розточування, багатлезове розточування, борштанга, розточувальна головка, картер, технологічний процес.

Annotation

Vladyslav YAZLOVETSKYI. Research of methods of boring holes with the development of manufacturing technology for crankcase parts. Master's Thesis: CNTU, 2024. - 116 p. Presentation materials 8 il.

The purpose of the work is the research of hole boring methods and the development of crankcase manufacturing technology.

The work includes an analysis of the holes of body parts, an analysis of boring methods, the consideration of designs of cutting tools for hole boring, and the development of recommended processing sequences of boring the holes and used boring tools for processing crankcase holes; the basic technological process of manufacturing the part was analyzed, its advantages and disadvantages were identified, a progressive technological process was developed, metal cutting machines, clamping, auxiliary and control devices were selected, allowances, cutting modes and time standards were calculated; designed and calculated clamping and control devices; the necessary economic calculations have been performed.

Relevance: analysis of the holes of body parts, boring methods were analyzed, designs of cutting tools for boring holes were considered, recommendations for boring crankcase holes were developed; an improved technological process of manufacturing the crankcase was developed, the designs of clamping and control devices were developed.

Practical value: analysis of the holes of body parts, boring methods were analyzed, designs of cutting tools for boring holes were considered, recommendations for boring crankcase holes were developed; an improved technological process of manufacturing the crankcase was developed, the designs of clamping and control devices were developed..

Key words: hole, boring holes, single-blade boring, multi-blade boring, boring bar, boring head, crankcase, technological process.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ОТВОРІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ.....	8
1.1. Отвори корпусних деталей.....	8
1.2. Постановка задач дослідження.....	11
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ....	13
2.1. Поняття розточування отворів.....	13
2.2. Методи розточування та різальний інструмент для розточування отворів	13
2.3. Геометрія різальної пластини для розточування.....	44
2.4. Застосування ЗОР при розточуванні отворів.....	45
2.4. Висновки.....	48
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТЕРА.....	49
3.1. Службове призначення картера та його характеристика.....	49
3.2. Розробка технології виготовлення картеру.....	52
3.3. Висновки.....	85
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТРОЇВ.....	86
4.1. Розробка та розрахунок пристрою затискного.....	86
4.2. Розробка конструкції та розрахунок пристрою контрольного.....	90
4.3. Висновки.....	93
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ..	94
5.1. Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження.....	94
5.2. Розрахунок календарно-планових нормативів.....	95
5.3. Визначення чисельності основних робітників цеху.....	99
5.4. Аналіз варіантів технологічного процесу.....	99
5.5. Розрахунок планової цехової собівартості деталі.....	109
5.6. Планування підсумкових техніко-економічних показників.....	111
5.7. Висновки.....	113
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	114
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	115

ВСТУП

Сучасний стан розвитку машинобудівної галузі вимагає постійних вдосконалень та покращення існуючих технологій для того, щоб залишатись актуальним представником у галузі.

Високий рівень якості машинобудівної продукції свідчить про успішне впровадження світового досвіду в галузі та забезпечує конкурентоспроможність такої продукції. Якість продукції залежить від багатьох чинників: правильно підбраного обладнання для виготовлення та обробки виробів, чітко та раціонально вибудованої технології обробки деталей, застосування методів та способів обробки, які забезпечать задану точність тощо.

В умовах ринкової економіки, не менш важливим фактором є собівартість випускаємої продукції. Тож, необхідно забезпечувати високу якість виробів при одночасному знаходженні рішень, які будуть сприяти зниженню собівартості виготовляємої продукції.

В роботі необхідно проаналізувати відомі методи розточування отворів деталей та конструкції різальних інструментів для здійснення цих методів. Розробити рекомендації по обробці отворів розточуванням деталі картер. Виконати детальний аналіз базового технологічного процесу обробки картеру та розробити раціоналізований технологічний процес, який забезпечить скорочення кількості та номенклатури металорізальних верстатів, скорочення часу на виготовлення деталі, зменшення кількості виробничих робітників та ін. При цьому, раціоналізований технологічний процес забезпечить якість та точність виготовленої за ним деталі, а також забезпечить зниження собівартості деталі.

РОЗДІЛ 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ОТВОРІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

1.1. Отвори корпусних деталей

Деталь картер є корпусною деталлю, яка входить до складу кульково-гвинтового гідропідсилювача (рис. 1.1). Кульково-гвинтовий гідропідсилювач застосовується в транспортних засобах для забезпечення передачі та підсилення дії від рульового колеса до керованих коліс.

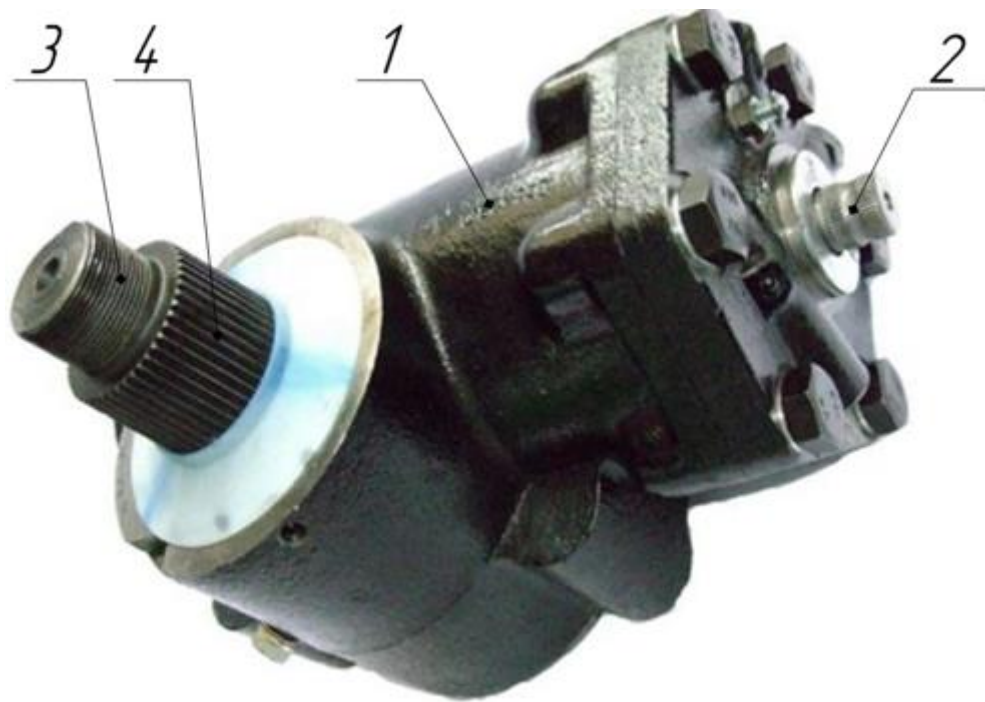


Рис. 1.1. Кульково-гвинтовий гідропідсилювач:

1 – картер; 2 – ротор; 3 – вал-сектор; 4 – гвинт

Корпусні деталі призначені для розміщення в них деталей вузла, для роботи та функціонування даного вузла та для його кріплення на виробі. Корпусні деталі виготовляються певної форми та у своїй конструкції мають порожнини для розміщення деталей та робочих рідин, а також отвори.

За призначенням отвори в корпусних деталях виконують для:

- з'єднання частин корпусу між собою за допомогою кріпильних виробів (гвинтів, болтів, шпильок та ін.);
- встановлення робочих деталей, які виконують безпосередню функцію (шестерень, рейок-поршнів, валів тощо);

- встановлення підшипників;
- ущільнюючих елементів (кілець, муфт);
- забезпечення транспортування деталі (провушини);
- зменшення ваги деталі;
- забезпечення вентиляції тощо.

В залежності від форми, отвори бувають (рис. 1.1): наскрізні, глухі, ступінчасті, з осями, що перетинаються, із косим входом в отвір, переривчасті, з фаскою, з канавкою, конічні тощо.

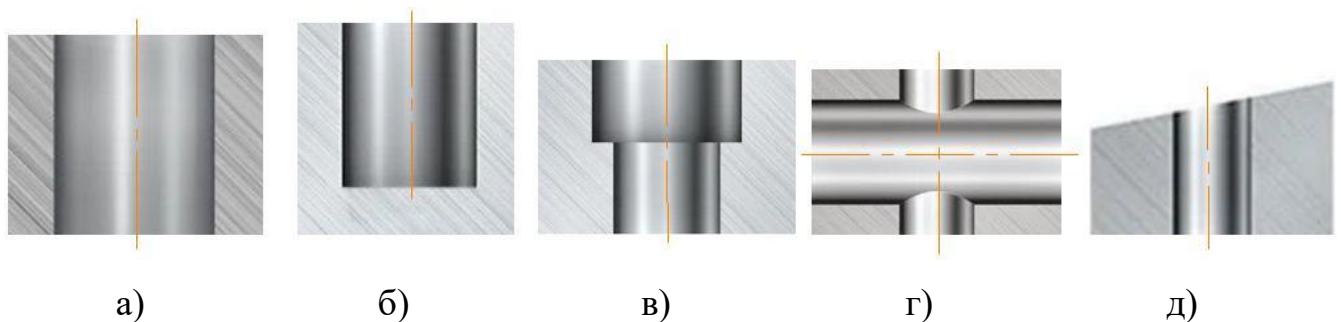


Рис. 1.2. Форми отворів:

а – наскрізний; б – глухий; в – ступінчастий; г – з осями, що перетинаються;
д – із косим входом в отвір

В залежності від довжини, отвори бувають звичайними, співвідношення довжини до діаметру яких не перевищує 5, та глибокі зі співвідношенням значення якого більше 5.

За способом отримання отвори одержуються, як в результаті відливання та штампування заготовки з подальшою можливістю їх механічної обробки, так і в результаті механічної обробки цільного металу. Методами механічної обробки для отримання отворів є свердління та фрезерування.

Свердлінням отримуються отвори в цільному матеріалі заготовки. Різальним інструментом пари свердлінні є свердло (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Свердла

Головним рухом при свердлінні є обертання свердла D_r , рух подачі $D_{\text{св}}$ є поступальним рухом.

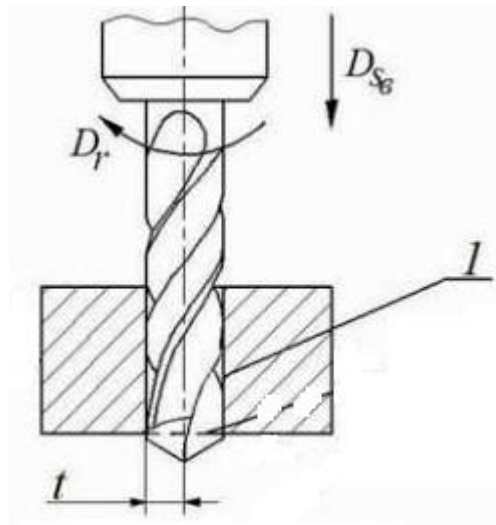


Рис. 1.4. Свердління отвору

Отвори також виготовляються фрезеруванням. Інструментом є кінцева фреза, яка рухається по спіральній інтерполяції, тобто переміщення відбувається по спіральній траєкторії з одночасним переміщенням вниз. При фрезеруванні отворів фреза завжди повинна бути меншого діаметру, ніж оброблюваний отвір.

Однією кінцевою фрезою можна обробити отвори різного діаметру.



Рис. 1.5. Кінцеві Фрези

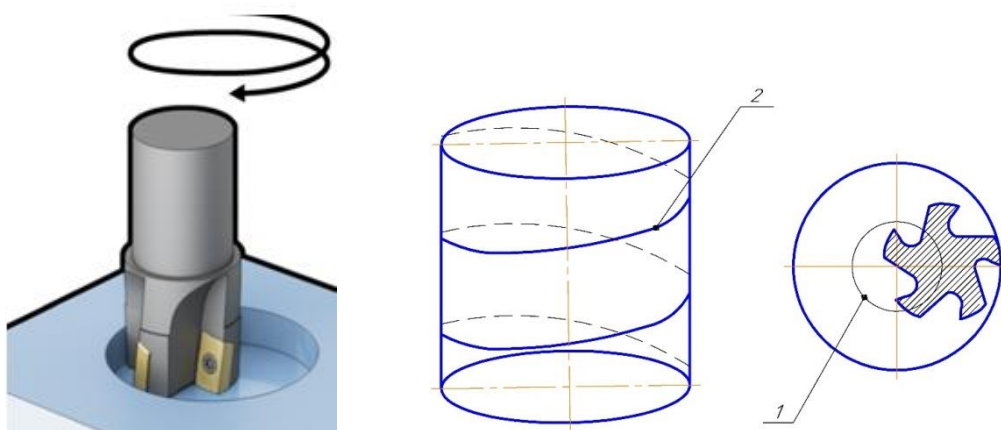


Рис. 1.6. Фрезерування отвору:

1 – радіус руху фрези; 2 – траєкторія руху фрези

Для збільшення діаметру отвору шляхом знімання шару металу застосовуються такі операції механічної обробки: розсвердлювання, зенкерування, розвертання, розточування, шліфування, хонінгування.

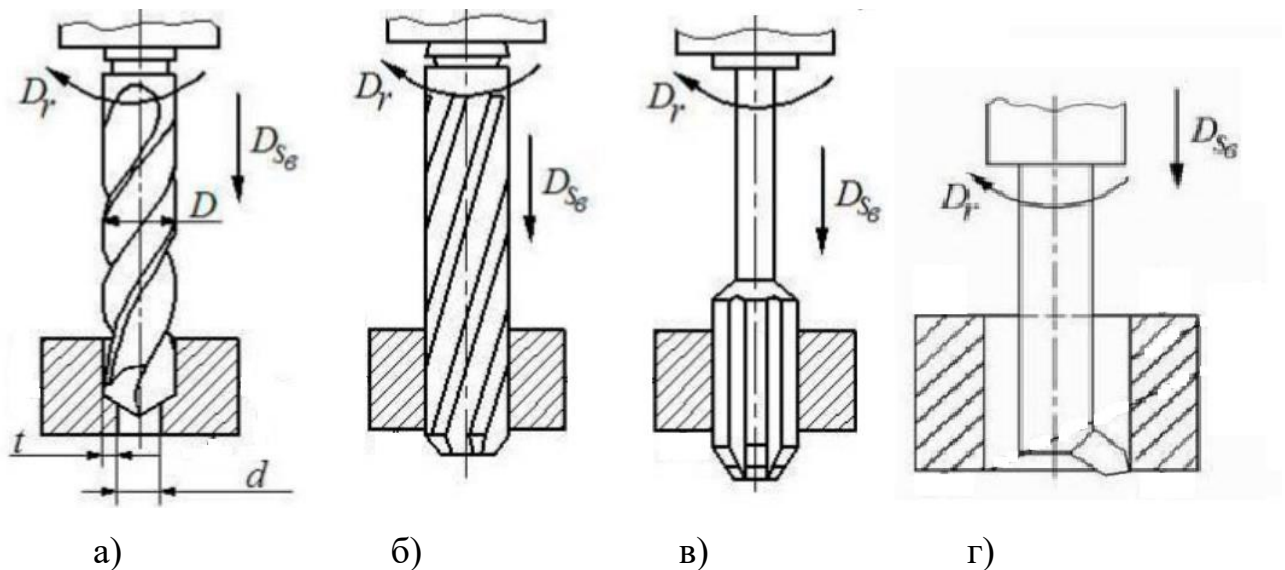


Рис. 1.7. Схеми обробки отворів:

а - розсвердлювання; б - зенкерування; в - розвертання; г - розточування

Розточування отворів виконується різцями різних конструкцій та за своєю сутністю дещо схоже на точіння. Але процес розточування є складнішим, ніж точіння. Це обумовлено такими факторами: діаметр інструменту залежить від діаметру оброблюваного отвору, довжина інструменту повинна бути не меншою за довжину розточуваного отвору, забезпечення достатньої жорсткості інструменту, особливостями стружковиведення. Тому розточування розглядають, як окрему сферу металообробки.

1.2. Постановка задач дослідження

В роботі необхідно виконати аналіз методів розточування отворів. Виконати пошук та систематизацію різальних інструментів для розточування отворів. Проаналізувати особливості конструкцій розточувальних інструментів в залежності від розмірів розточуваних отворів.

Виконати аналіз базового технологічного процесу виготовлення картеру, виявити його переваги та недоліки, розробити прогресивний технологічний процес із застосуванням операцій розточування, вибрати металорізальні верстати, затискні, допоміжні та вимірювальні пристрої, різальні інструменти, розрахувати припуски, режими різання та норми часу.

Спроектувати та розрахувати затискний та вимірювальний пристрої. Виконати економічні розрахунки.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ

2.1. Поняття розточування отворів

Розточування отвору – це процес збільшення діаметру отвору за рахунок механічної обробки, зніманням шару металу різальним інструментом для надання йому необхідних значень розміру, точності та якості, а також заданої форми та положення відносно осі обертання або інших поверхонь деталі.

Види розточування: чорнове, чистове, тонке.

Чорнове розточування характеризується найбільшим припуском на обробку та невисокими вимогами до точності та якості оброблених поверхонь. Допуск розміру відповідає 13-11 квалітетам, шорсткість становить $Ra_{12,5-6,3}$ мкм.

Чистове розточування характеризується зменшенням припуску на обробку, покращенням шорсткості ($Ra_{6,3-0,63}$ мкм) та квалітетом точності 10-8.

Тонке розточування застосовується в якості фінішної обробки. Отвір, після тонкого розточування має шорсткість поверхні $Ra_{0,63-0,063}$ мкм, квалітет 7-5. Припуск, який знімається під час тонкого розточування є мінімальним та становить 0,4-0,05 мм.

2.2. Методи розточування та різальний інструмент для розточування отворів

До методів розточування відносять: однолезове, багатолезове, ступінчасте (комбіноване) розточування.

Для розточування отворів застосовується осьовий лезовий інструмент такий, як: розточувальні різці, борштанги, розточувальні головки, розточувальні системи, спеціальні розточувальні інструменти.

Однолезове розточування виконується розточувальними різцями, борштангами, а також чистовими розточувальними головками та чистовими розточувальними системами.

Багатолезове розточування виконується розточувальними головками,

розточувальними системами та спеціальними розточувальними інструментами та застосовується в якості операцій чорнового розточування для високої продуктивності зняття шару металу.

Ступінчасте (комбіноване) розточування застосовується для зняття більшого шару металу, виконується багатолезовим інструментом. Різальні пластини встановлюються в різному осьовому та діаметральному положенні відносно одна одної. Застосовуються для чорнкової обробки та комбінованої – чорнкової та чистової за один прохід.

Головною особливістю розточувального інструменту є його форма та розміри. Оскільки різальний інструмент працює в отворі, діаметр інструменту обмежується діаметром отвору, а довжина отвору (для наскрізних отворів) або глибина отвору (для глухих отворів) обумовлює мінімальну довжину вильоту інструменту. Виліт інструменту – це довжина від різальної кромки пластини до торця шпинделя.

Розточувальні різці

Токарна обробка, як зовнішніх поверхонь (рис. 2.1, а), так і внутрішніх (рис. 2.1, б) виконується різцями. На перший погляд, різальні інструменти, що застосовуються для точіння та розточування є однаковими, але це твердження не відповідає дійсності. Токарні різці для обробки зовнішніх поверхонь здійснюють рух подачі переміщуючись в повздовжньому напрямку деталі при обробці циліндричних поверхонь, та переміщуючись в поперечному напрямку деталі при обробці торцевих поверхонь. Державка таких різців має квадратний поперечний переріз. Довжина державки різця не впливає на процес точіння. Стійкість до вібрацій та пружних деформацій забезпечується зменшенням довжини вильоту різця при його закріпленні на верстаті.

Поперечний переріз державки розточувального різця є круглим. В процесі виконання розточувальної операції різцем, відбувається обертання заготовки та рух подачі розточувального різця; Даний різальний інструмент застосовується при розточуванні отворів в тілах обертання таких, як: вали, втулки, маточини тощо. Довжина вильоту розточувального різця повинна бути не меншою

довжини оброблюваного отвору.



а)

б)

Рис. 2.1. Токарна обробка:
а) – точіння; б) - розточування

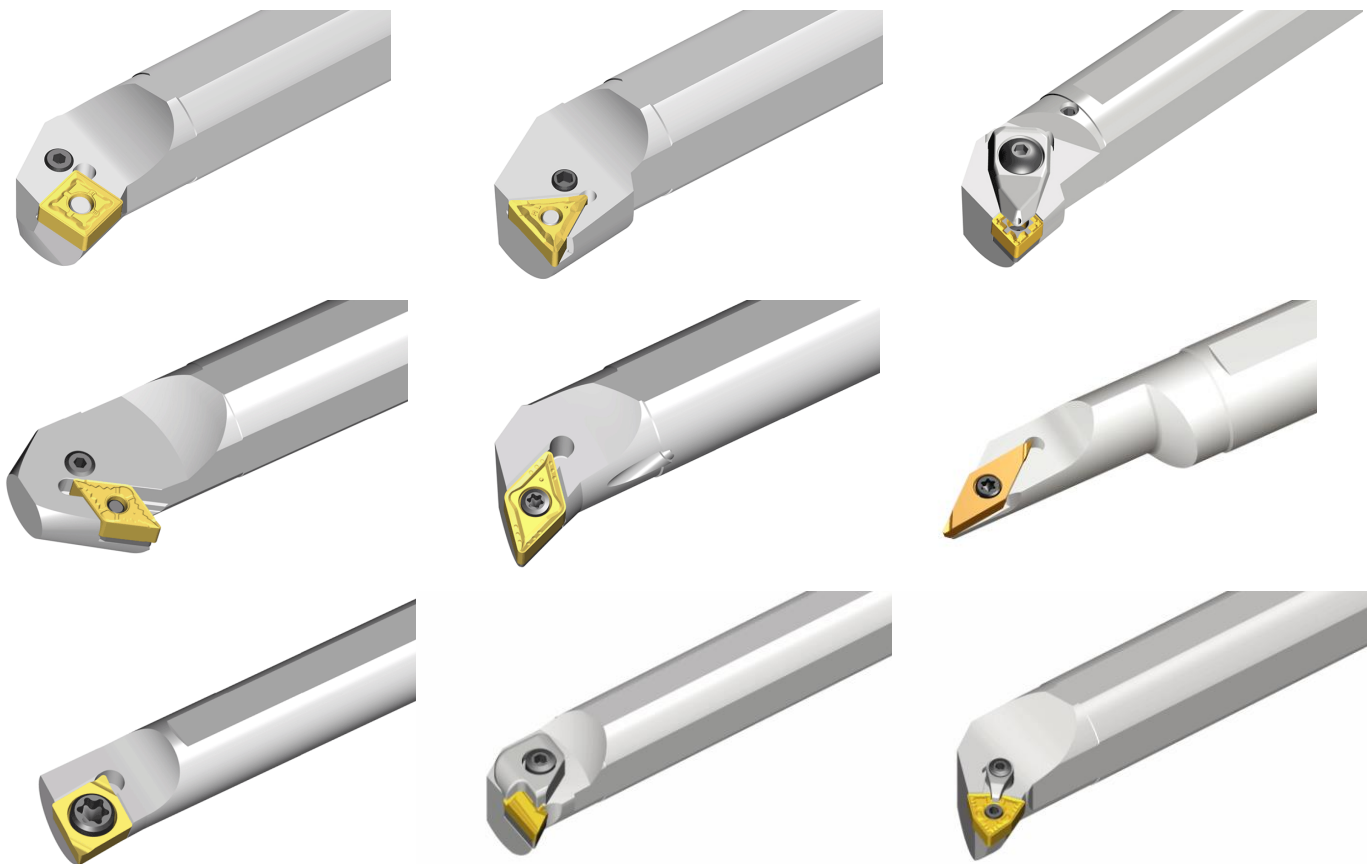


Рис. 2.2. Розточувальні різці

Розточувальні різці мають певні обмеження за діаметром та довжиною оброблюваних отворів. Вони застосовуються для розточування отворів на

діаметр до 5-60 мм, максимальна довжина обробки складає 180 мм, але не більше, ніж три діаметри.

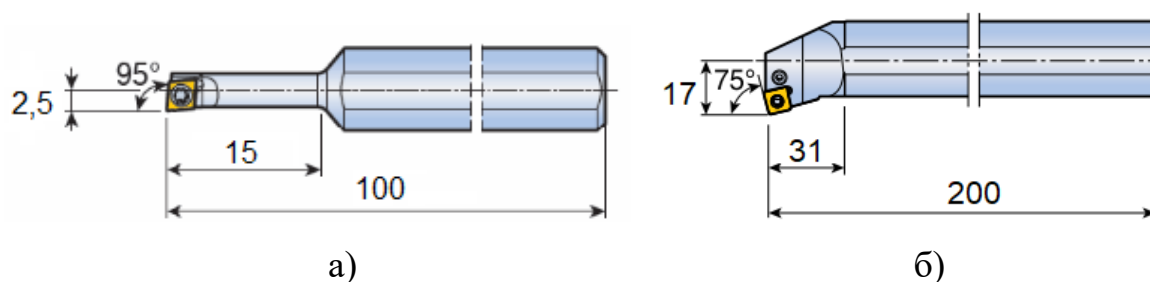


Рис. 2.3. Розточувальний різець для діаметру:

а) від 5 мм, довжина обробки до 15 мм; б) від 34 мм

Розточувальний різець встановлюється та закріплюється на верстаті співвісно із оброблюваним отвором. На токарних з ЧПУ верстатах при підведенні інструменту до заготовки, різець виставляється на необхідну глибину різання. На токарних обробних центрах з ЧПУ різець може переміщуватись в отворі по двом осям координат та виконувати контурне розточування за заданими розмірами.

Завдяки різним формам різальних пластин, а також варіантам їх кріплення до державок, існує можливість розточувати отвори з одночасним утворенням таких поверхонь, як: ступінчасті отвори, отвори з фасками, канавки, торцеві канавки, контурні отвори (рис. 2.4).

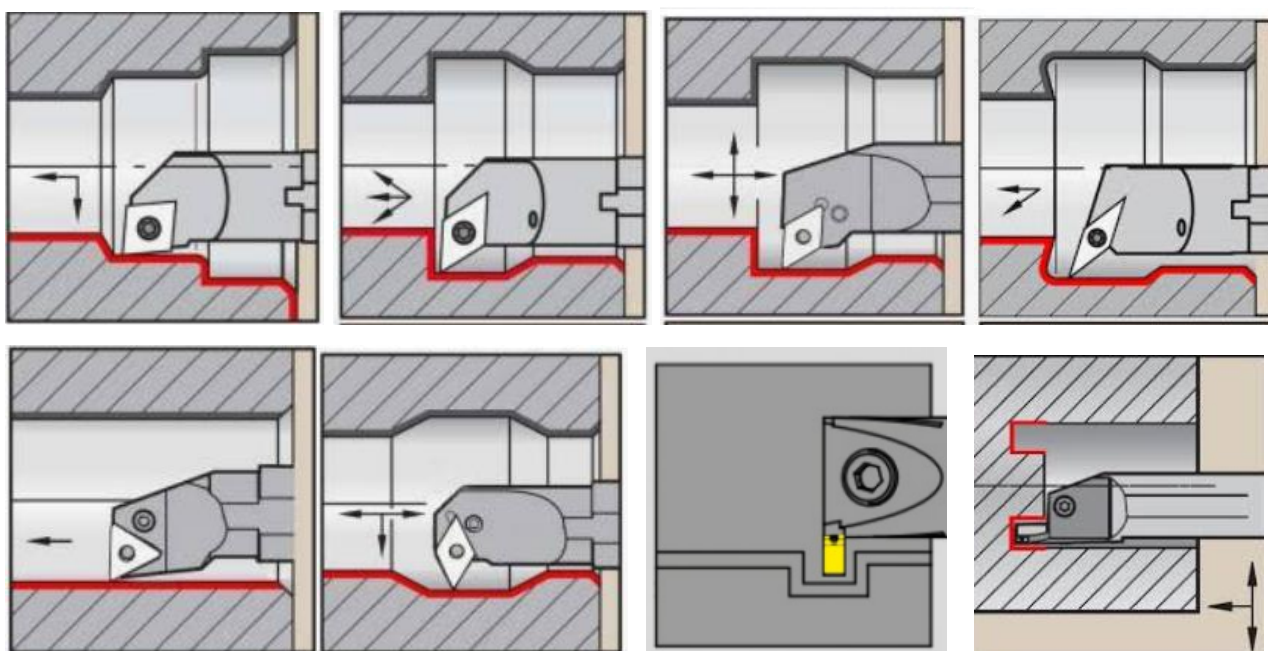


Рис. 2.4. Схеми розточування отворів розточувальними різцями

Різець для зворотного розточування (рис. 2.5, а) дозволяє виконувати обробку отвору без перевстановлення деталі. Перед початком обробки різець заводиться в отвір до виходу різальної кромки з протилежної сторони. Після цього виконується розточування на необхідній довжині.

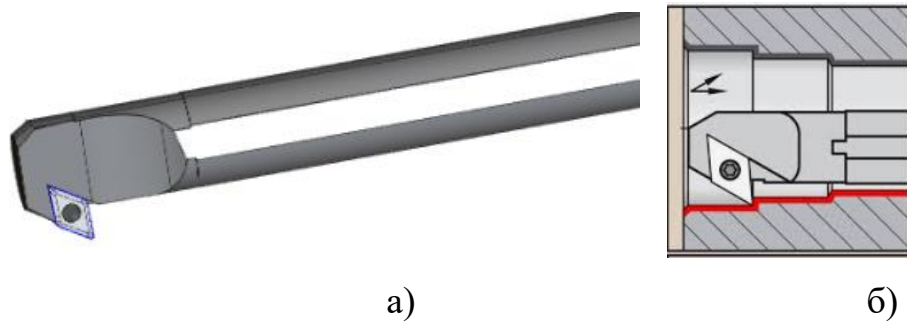


Рис. 2.5. Зворотне розточування:

а) – розточувальний різець; б) – схема розточування

При виборі розточувальних різців необхідно застосовувати інструмент із максимально можливим перерізом державки для запобігання вібрацій при розточуванні.

Борштанги

Світові виробники розточувального інструменту пропонують різні конструкції борштанг: традиційні та модульні.

Борштанга – це оправка для кріплення в ній змінних різців для розточування отворів.

З огляду на конструкцію, традиційні борштанги не застосовуються для розточування малих діаметрів. Діапазон діаметрів, які можна розточувати борштангами складає 30-200 мм. Змінні різці можуть бути цільними, або з напайними пластинами. Даний інструмент забезпечує розточування отворів звичайної довжини.



Рис. 2.6. Борштанги:
1 – оправка; 2 – різець

На відміну від розточувальних різців, борштанги даної конструкції дозволяють регулювати діаметр розточування в межах довжини державки змінного різця. Отже, при переналагодженні борштанги, одним інструментом можна розточити певний діапазон діаметрів. Також, в одні оправці можна закріплювати різці з різною формою пластин, що теж забезпечує певну універсальність та перевагу над розточувальними різцями. Разом з тим, точне налаштування борштанги на необхідний розмір вимагає певного часу та допоміжних інструментів.

Модульні борштанги (рис. 2.7) – сучасний розточувальний інструмент. Його основними складовими є: оправка та змінна різальна головка. Розточування модульними борштангами відбувається при обертанні заготовки та поздовжній або поперечній подачі борштанги.

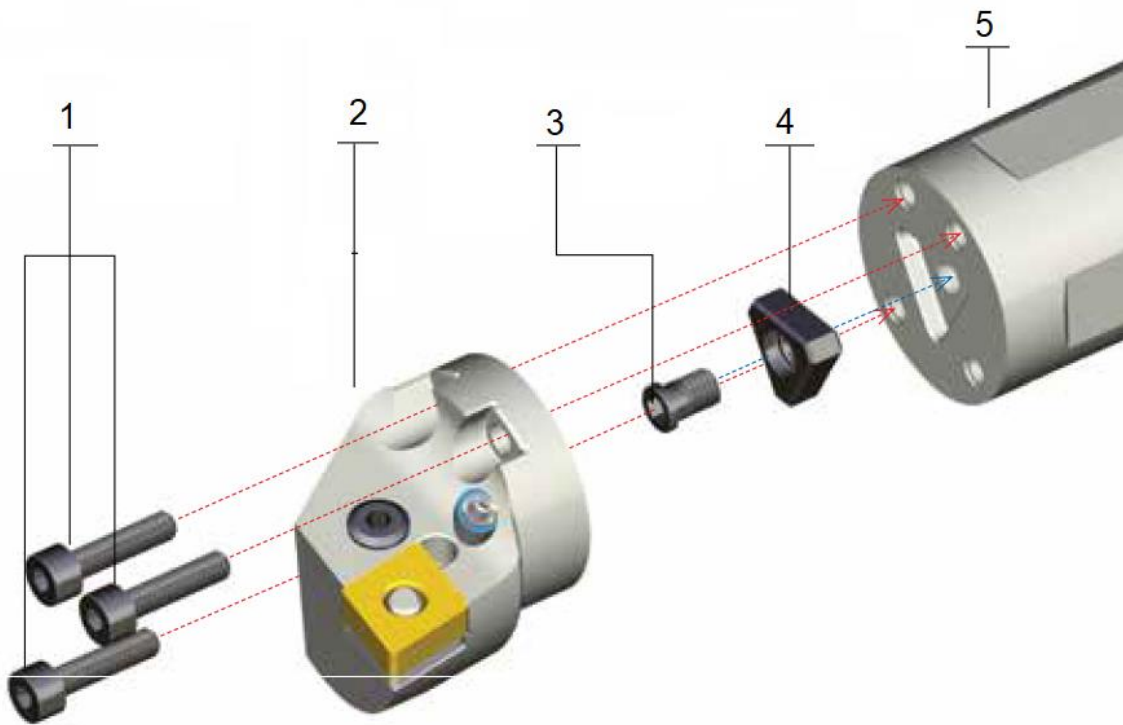


Рис. 2.7. Модульні борштанги:

1 – затискні гвинти; 2 – змінна різальна головка; 3 – гвинт для затиску шпонки;
4 – шпонка; 5 – розточувальна оправка

Змінні різальні головки швидкозмінні, що дозволяє економити час на налаштування інструменту. Вони характеризуються декількома основними параметрами (рис. 2.8): відстанню від різальної кромки до центру головки f , діаметром основи d , довжиною головки l_1 . Світові виробники пропонують великий діапазон розмірів головок. Так, наприклад, за відстанню від різальної кромки до центру головки існують такі варіанти різальних головок $f=11 - 27$ мм. Діаметр основи різальної головки $d=16 - 40$ мм.

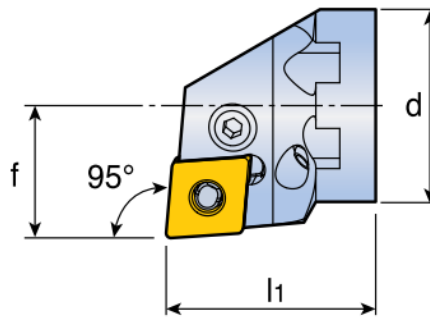


Рис. 2.8. Параметри змінної різальної головки

На змінні різальні головки (рис. 2.9) можна кріпити різальні пластини квадратної, ромбічної та трикутної форм. Даним різальним інструментом можна розточувати отвори та створювати геометрію отвору, як і розточувальними різцями.

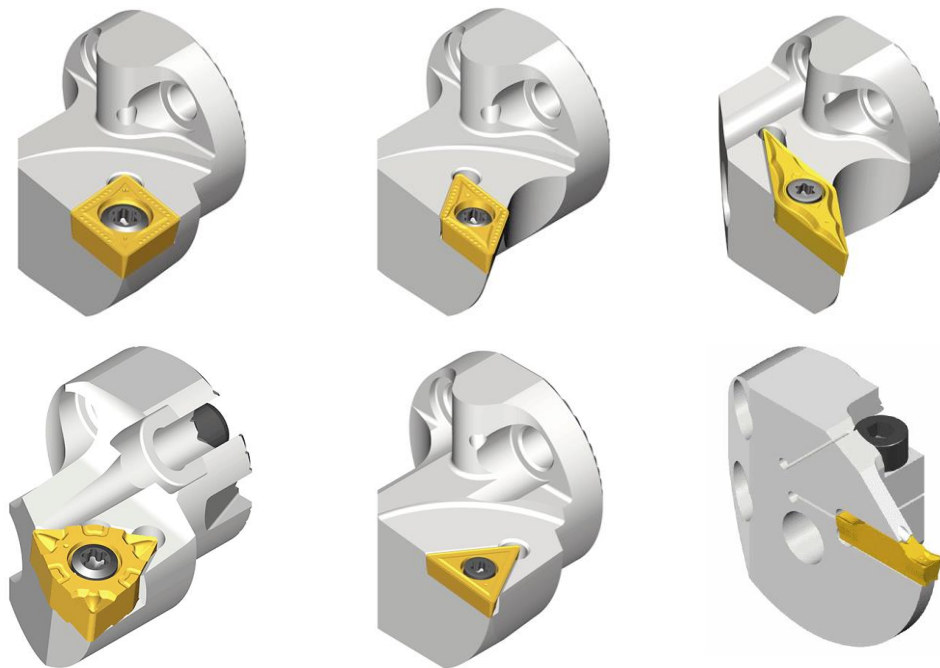


Рис. 2.9. Змінні різальні головки для модульних борштанг

Оправка модульної борштанги (рис. 2.10) призначена для кріплення на ній змінної різальної головки. Оправки розрізняють та діаметром та довжиною. Діаметр d , який призначений для кріплення різальної головки варіюється в межах 16 – 40 мм, а діаметр оправки d_1 варіюється в межах 16-100 мм. Для всіх оправок, діаметр яких більше 40 мм місце під кріплення різальної головки зміщене відносно центру на величину H (рис. 2.11).

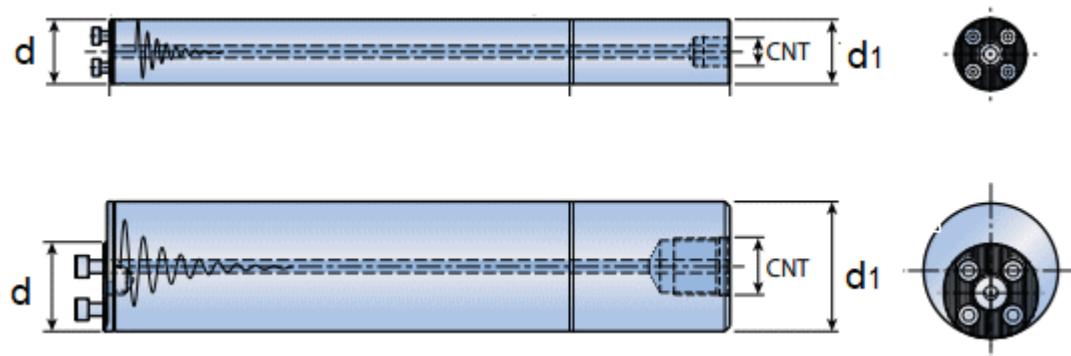


Рис. 2.10. Оправка

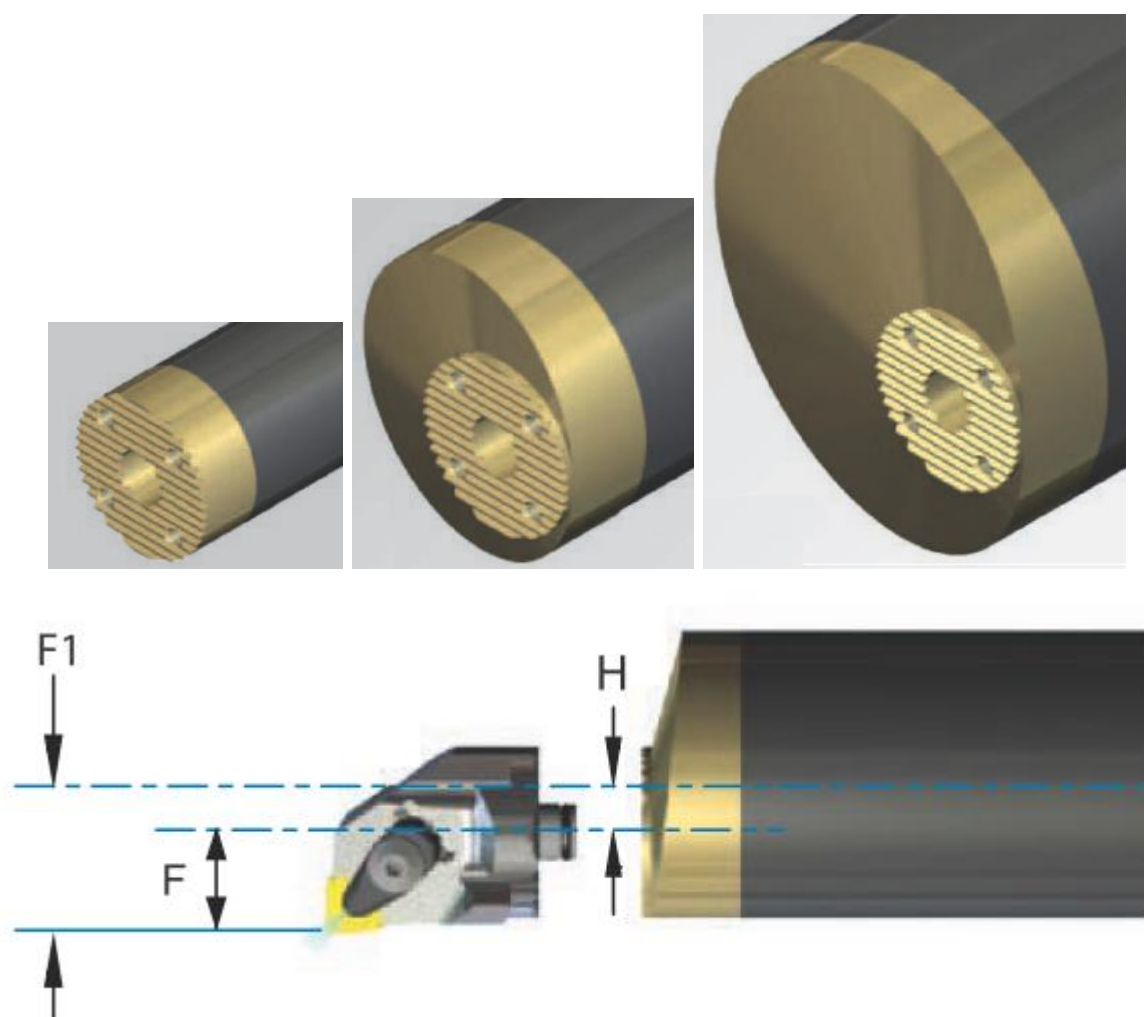


Рис. 2.11. Кріплення різальної головки на оправку $d_1 < 40$ мм

Відстань від різальної кромки до центру оправки F_1 визначається за формулою:

$$F_1 = F + H_v$$

де: H – відстань між центром змінної різальної головки та центром оправки.

Оправка модульної борштанги діаметром 80 мм та довжиною до 1400 мм (рис. 2.12, а) призначена для обробки глибоких отворів та має іншу конструкцію кріплення змінної різальної головки. Різальна головка (рис. 2.12, б), призначена для даної оправки має відстанню від різальної кромки до центру головки $f=57$ мм, що значно більше за попередньо розглянуті.

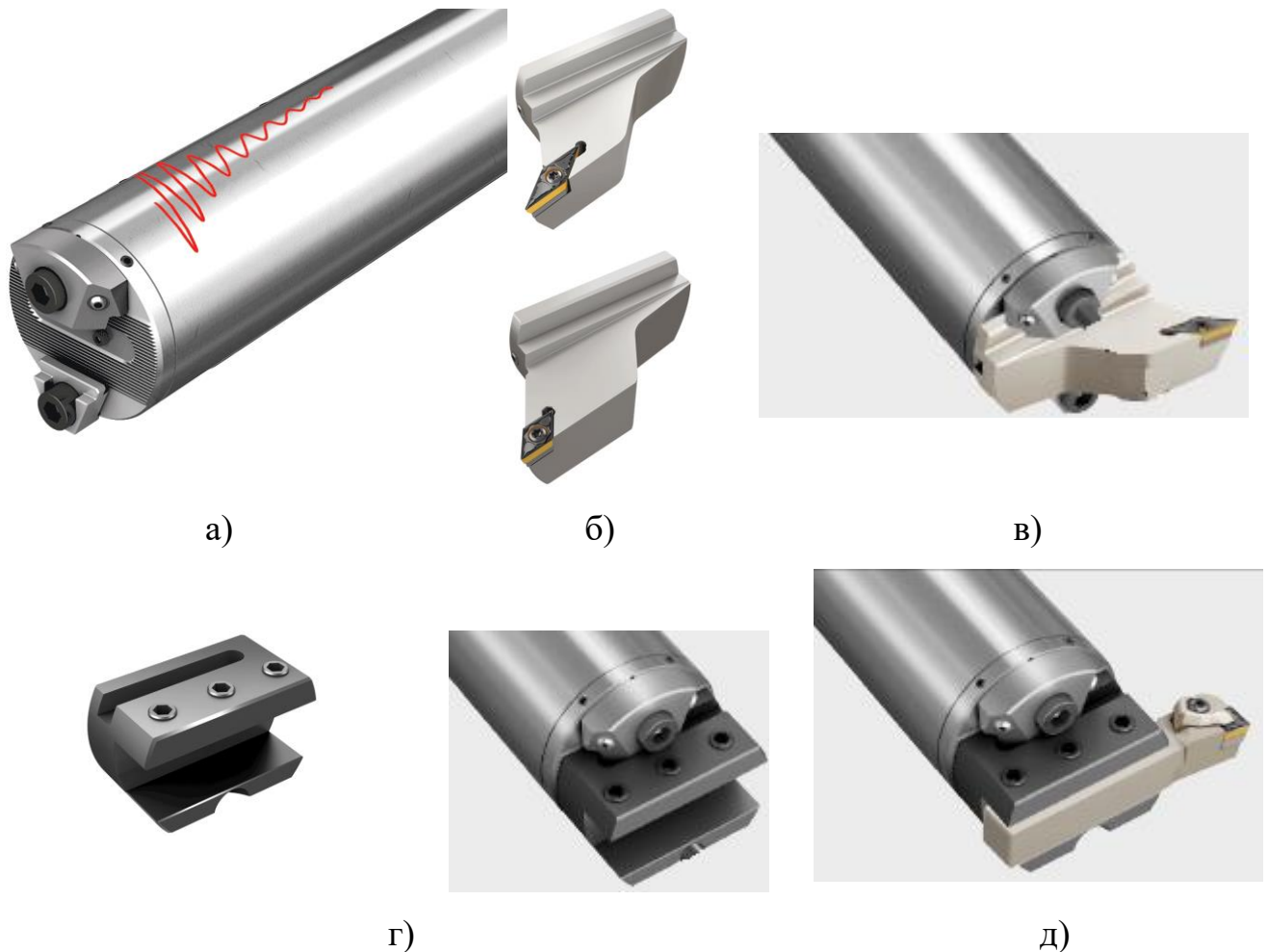


Рис. 2.12. Модульні борштанги для глибоких отворів великих діаметрів
 а) - оправка; б) – змінні різальні головки; в) – модульна борштанга; г) - адаптер;
 д) – модульна борштанга

За допомогою спеціального адаптера (рис. 2.12, г) до даної оправки можна кріпити із квадратним поперечним перерізом державки змінні різці (рис. 2.12, д) для розточування глибоких отворів великих діаметрів.

Рекомендовані режими різання при розточуванні модульними борштангами

Оброблюваний матеріал	Припуск, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Сталь	0,5-4,5	0,015-0,4	75-200
Нержавіюча сталь	0,5-4,5	0,015-0,4	75-210
Жароміцні сплави	0,5-4,5	0,015-0,3	50
Титан	0,5-4,5	0,015-0,3	50-120
Чавун	0,5-4,5	0,015-0,3	120-350

При розточуванні отворів не менш важливим параметром ніж діаметр обробки є довжина розточуваного отвору. Оправки модульних борштанг (рис. 2.13) в залежності від співвідношення діаметру до довжини бувають: довжиною до 3 діаметрів (сталі), до 5 діаметрів (карбідні) та до 10 діаметрів (антивібраційні).

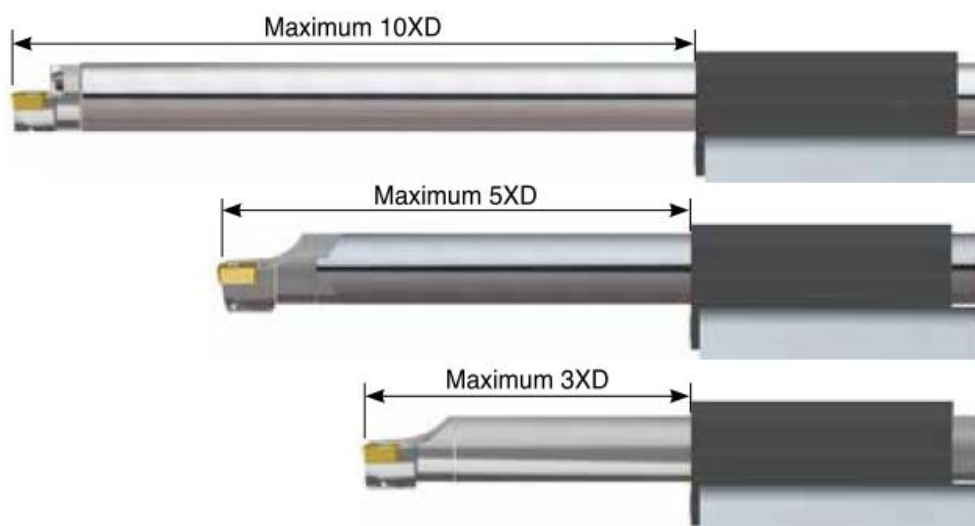


Рис. 2.13. Довжина модульних борштанг

Модульні борштанги забезпечують хорошу якість та шорсткість розточеної поверхні та застосовуються, як для чорнової, так і для чистової обробки. При виборі борштанги необхідно керуватись правилом: обирати найбільший можливий діаметр інструменту, та найменший виліт оправки. При розточуванні глибоких отворів через втрату жорсткості спричиненої довгим вильотом інструменту виникають вібрації через, які негативно впливають на параметри якості та шорсткості обробки. Тож, оправки довжиною 7 – 10 діаметрів оснащені спеціальним антивібраційним демпфером, який усуває та компенсує сили, що

викликають коливання. Антивібраційний демпфер розташований в оправці (рис. 2.14) та налаштовується гвинтами для максимізації амортизації та мінімізації вібрації.

Порівнюючи характер вібрацій (рис. 2.15), які виникають при розточуванні отвору розточувальним різцем та модульною борштангою з амортизаційним демпфером можна зробити висновок, що остання здатна забезпечувати якість та шорсткість чистової обробки, також вона має підвищену стійкість та змогу працювати на високопродуктивних режимах (при збільшеній швидкості та подачі).

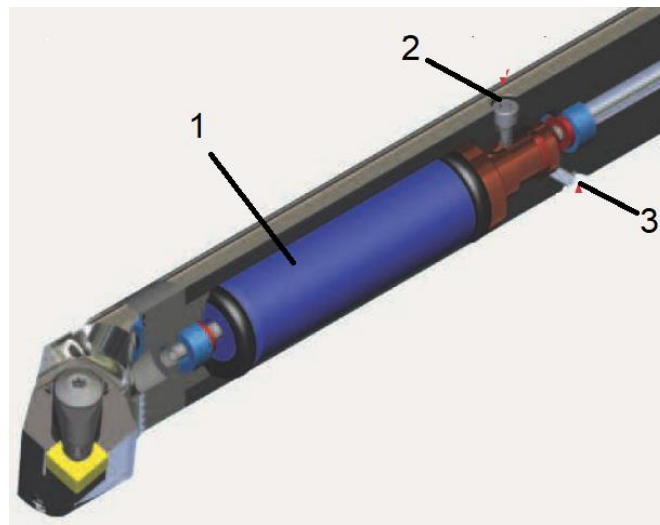


Рис. 2.14. Антивібраційна модульна борштанга:

1 – демпфер; 2 – стопорний гвинт; 3 – гвинт для налаштування

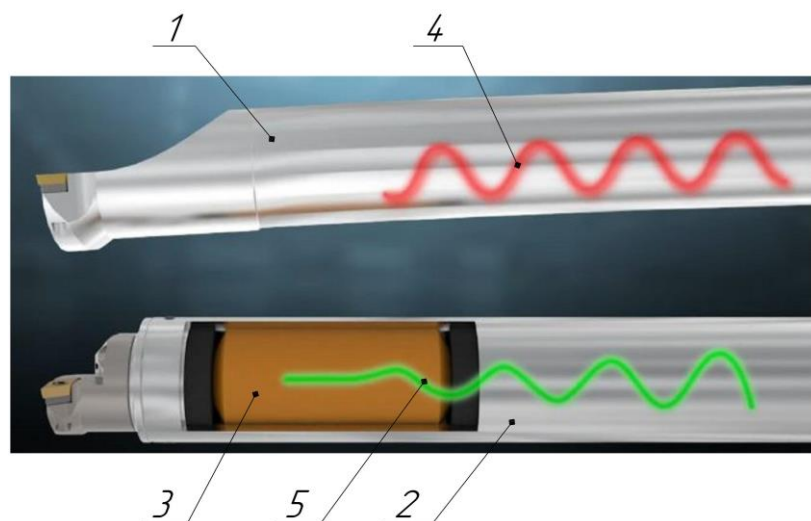


Рис. 2.15. Амплітуда вібрації:

1 – розточувальний різець; 2 – модульна борштанга; 3 – антивібраційний демпфер; 4, 5 – криві вібраційних коливань

Модульні борштанги закріплюються нерухомо в спеціальному затискному блоці для оправок. Затискний блок встановлюється та закріплюється на револьверній головці верстата. Борштанга встановлюється в отвір затискного блоку та затискається стопорними гвинтами, що забезпечує відсутність провертання оправки навколо власної вісі.

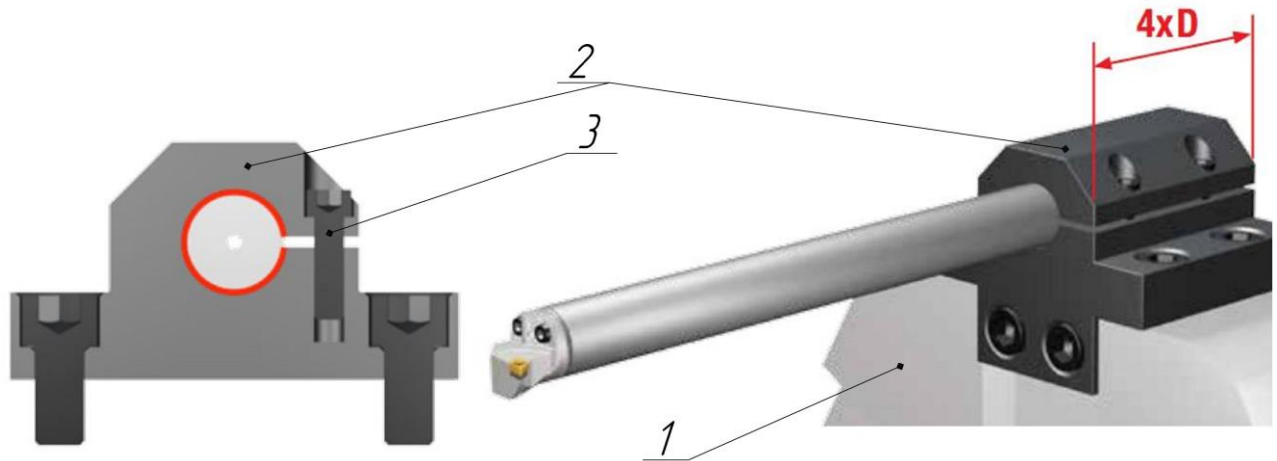


Рис. 2.16. Затиск модульної борштанги:

1 – револьверна головка; 2 - затискний блок; 3 – стопорний гвинт

Для забезпечення максимальної жорсткості, модульні борштанги для розточування глибоких отворів повинні закріплюватись на довжині рівній чотирьом діаметрам оправки.

Розточувальні головки

Існують різні конструкції розточувальних головок в залежності від:

- виду розточування – чорнового чи чистового;
- діаметру розточуваного отвору;
- довжини (глибини) розточуваного отвору.

Розточувальні головки для чорнового та чистового розточування мають характерну відмінність – це кількість різальних пластин в їх конструкції. Для чорнового розточування застосовуються головки з двома та більше різальними пластинами, а для чистового – з однією.

Розточувальна головка обертається навколо власної вісі з одночасним рухом

подачі вздовж оброблюваного отвору (рис. 2.17). За рахунок обертання даного інструменту та нерухомості заготовки, розточувальні головки підходять для обробки отворів навіть у великогабаритних деталях та деталях типу корпус, які нерухомо закріплені в затискних пристроях, що встановлено на столі верстату.

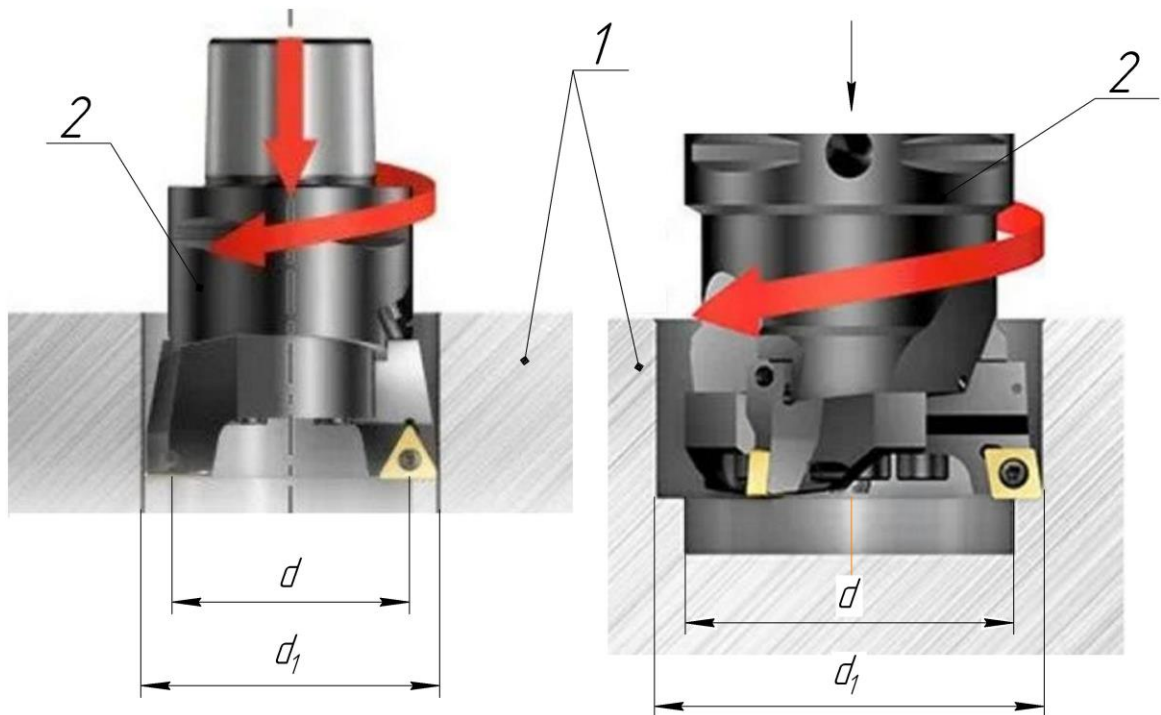


Рис. 2.17. Схема чорнового розточування отвору:

1 – заготовка; 2 – чорнова розточувальна головка; d – діаметр отвору;
 d_1 – діаметр розточеного отвору

Діаметр розточувальної головки рівний діаметру розточування, вісь інструмент співпадає із віссю розточуваного отвору.

Для чорнового розточування застосовують такі конструкції розточувальних головок (рис. 2.18).

Чорнові розточувальні головки являють собою збірну конструкцію, що складається із корпусу головки (рис. 2.19, поз. 2) та швидкозмінних державок із пластинами (рис. 2.19, поз. 1). Виробники різального інструменту пропонують велику кількість державок різного конструктивного виконання та різальні до них пластини різних форм.



Рис. 2.18. Чорнові розточувальні головки



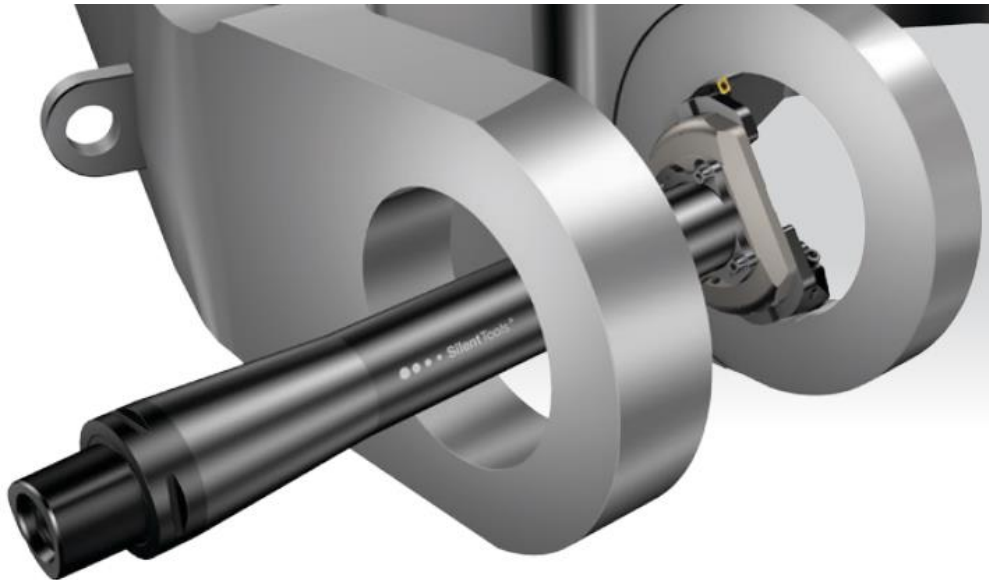
Рис. 2.19. Складові частини розточувальних головок

Універсальність розточувальних головок полягає в їх регульованості, тобто здатності виконувати розточування в певному діапазоні значень діаметра. Так, наприклад, розточувальна головка з двома різальними пластинами (рис. 2.18, а) призначена для розточування неглибоких отворів до діаметру в діапазоні значень від 25 мм до 200 мм. Розточувальна головка (рис. 2.18, в) також виконана з двома різальними пластинами та забезпечує розточування отворів

діаметром від 25 мм до 200 мм. За рахунок подовженого корпусу та вбудованої в нього антивібраційної системи, дана розточувальна головка призначена для обробки глибоких отворів (рис. 2.20, а) та глибоких переривчастих отворів великого діаметру (рис. 2.20, б) за рахунок адаптера певного діаметра. Розточувальна головка (рис. 2.18, б) з трьома різальними пластинами та забезпечує розточування отворів діаметром 35-300 мм.



а)



б)

Рис. 2.20. Антивібраційна розточувальна головка:

а) - для глибоких діаметрів: б) – для переривчастих отворів великого діаметру

Для розточування отвору, вісь якого перетинається із віссю іншого отвору, краще застосовувати розточувальні головки із трьома та більше різальними пластинами. Такий інструмент забезпечить кращу стабільність, жорсткість та продуктивність під час обробки в зоні перетину отворів деталі. Оскільки, у трохлезової розточувальної головки кут між пластинами складає менше 180° , в зоні обробки в місці перетину двох отворів в кожен момент часу хоча б одна різальна кромка буде виконувати знімання припуску різанням. Діапазон

діаметрів обробки – 35-200 мм.



Рис. 2.21. Розточування отворів з осями, що перетинаються

Таблиця 2.2

Рекомендовані режими різання при обробці чорновими розточувальними
головками

Оброблюваний матеріал	Припуск, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Сталь	1,5-4,5	0,1-0,4	305-395
Нержавіюча сталь	1,5-4,5	0,1-0,3	205-265
Жароміцні сплави	1,5-4,5	0,1-0,2	10-20
Чавун	1,5-4,5	0,15-0,3	235-330

За рахунок того, що розточувальні головки є модульним інструментом, прикріплюючи до одного корпусу головки різні державки із різальними пластинами, можна виконувати різні види розточування такі, як: зворотне, обробка фасок, знімання збільшеного припуску за один прохід, комбіноване чорнове та чистове за один прохід тощо.

Якщо до отворів висуваються підвищені вимоги по взаємному розташуванню поверхонь, наприклад співвісності та якщо отвір необхідно обробити з протилежної сторони, з якої вільний доступ інструменту є неможливим, можна застосувати метод зворотного розточування (рис. 2.22).

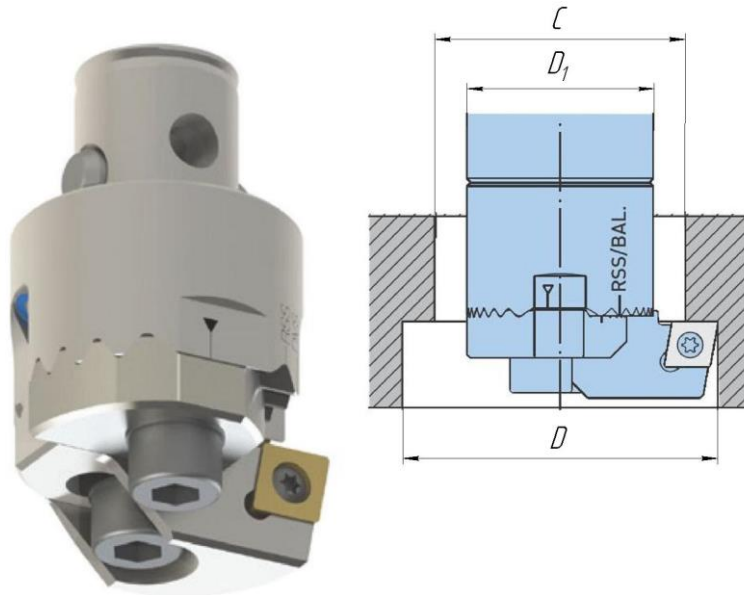


Рис. 2.22. Зворотнє розточування отвору

При застосуванні цього методу розточування, необхідно вибрати такий типорозмір розточувальної головки, який би при введенні в наявний отвір не торкнувся заздалегідь обробленої поверхні та не пошкодив її і у той же час забезпечив би необхідний діаметр зворотного розточування.

Максимальний діаметр отвору, який можна отримати зворотним розточуванням визначається за формулою:

$$D_{\max} = 2 \cdot C - D_1,$$

де: C - діаметр отвору

D_1 - діаметр корпусу розточувальної головки.

Максимальний діаметр корпусу розточувальної головки:

$$D_{1\max} = 2 \cdot C - D,$$

де: D - діаметр отвору, отриманого зворотним розточуванням.

Мінімальний діаметр отвору, для введення в нього розточувальної головки перед обробкою:

$$C_{\min} = \frac{D + D_1}{2}.$$

Для розточування фасок в отворах можна застосовувати прогресивні швидкозмінні державки із різальними пластинами (рис. 2.23). Регулювання різальної пластини на певний кут (15° , 30° , 45° , 60° або 75°) здійснюється по шкалі, яка нанесена на державку.

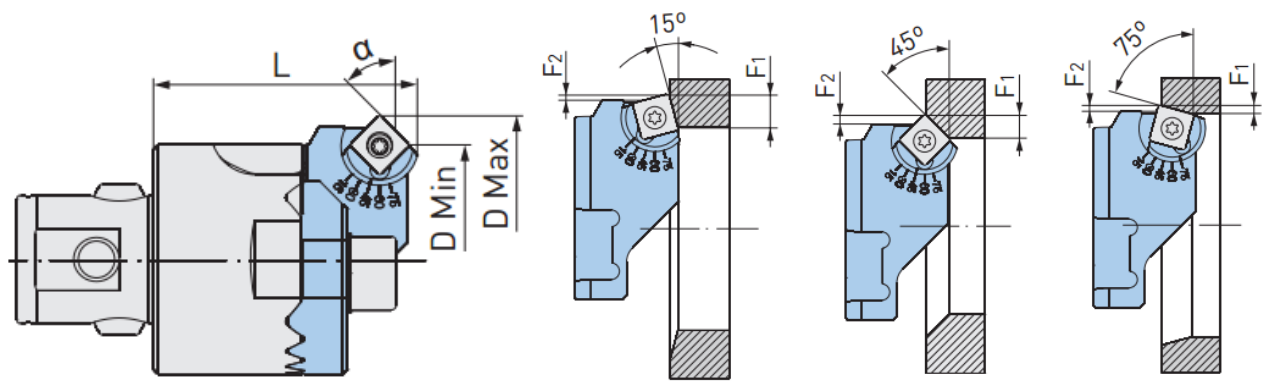
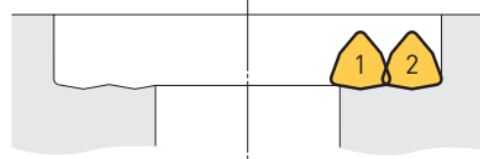
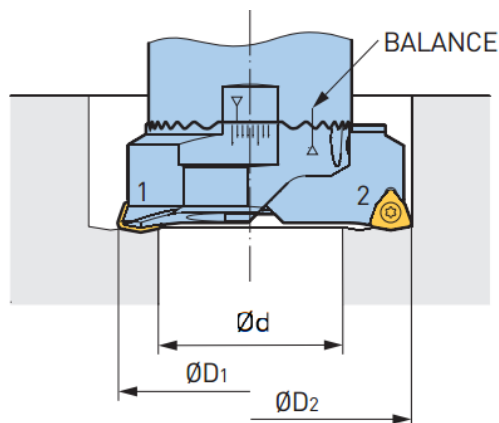


Рис. 2.23. Розточувальна головка для врізання фасок

Така конструкція розточувальної головки дозволяє врізати фаски (F_1), фаски в ступінчастих отворах (F_1) та зворотні фаски (F_2). Діапазон робочих діаметрів даної конструкції інструменту $D_{\min}=33$ $D_{\max}=205$ мм.

Для знімання збільшеного припуску за один чорновий прохід, до 30 мм на діаметр призначені розточувальні головки із різною довжиною державок для різальних пластин (рис. 2.24).



Boring head	Ød	ØD1	ØD2
SW / 41	38	52	62
SW / 53	45	63	75

Рис. 2.24. Розточувальна головка для знімання збільшеного припуску

Різальні пластини виставляються на різні діаметри обробки. Перша виставляється на менший діаметр та зрізає приблизно половину припуску, а друга пластина зрізає залишок припуску. В конструкції передбачено механізм балансу, який забезпечує рівномірну подачу інструменту без уводу.

Для комбінованого чорнового та чистового розточування за один прохід призначена розточувальна головка (рис. 2.25) конструкція якої включає одну пластину для чорнового розточування, а другу – для чистового.

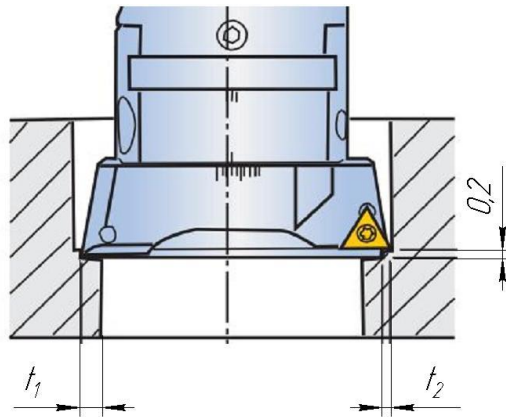


Рис. 2.25. Комбінована розточувальна головка

Особливістю даного інструменту є різний діаметр розточування кожною із пластин та зміщення пластин в повздовжньому напрямку інструмента. Припуск на чорнове розточування t_1 , припуск на чистове – t_2 . Зміщення пластин зазвичай рівне 0,2 мм, подача при обробці 0,1-0,2 мм/об.

Для можливості збільшення довжини обробки існують подовжувачі та перехідники (рис. 2.26), які забезпечують жорсткість інструменту та стабільність його роботи.

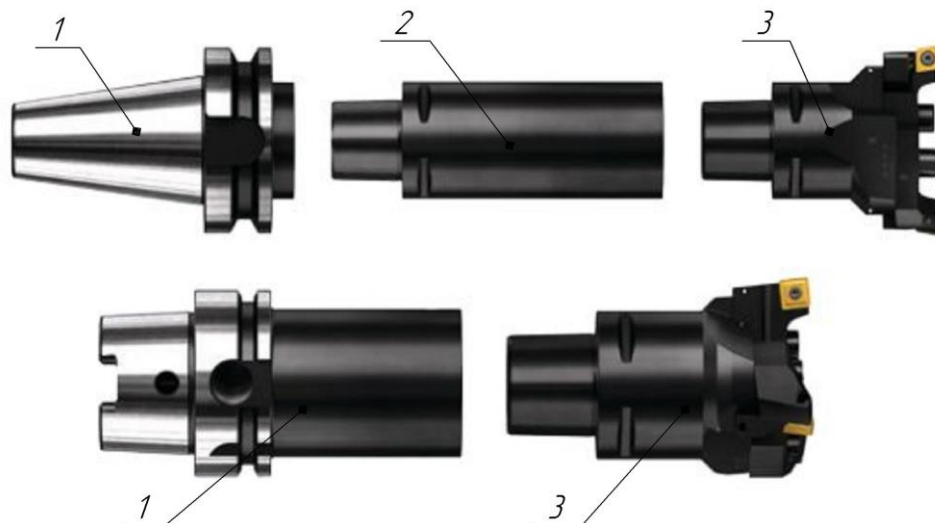


Рис. 2.26. Збільшення довжини розточувального інструменту:

1 – хвостовик; 2 – подовжувач; 3 – розточувальна головка

Чистове та тонке розточування виконується для отримання малого допуску на розмір деталі та високої якості поверхні, тобто, низьких значень шорсткості обробленої поверхні. Чистове та тонке розточування виконується однолезовими розточувальними головками.

В залежності від діаметру чистового та тонкого розточування, існують такі конструкції чистових розточувальних головок (рис. 2.27).



1-10 мм

а)



10-45 мм

б)



19-167 мм

в)



36-91 мм

г)

Рис. 2.27. Чистові розточувальні головки

Чистові розточувальні головки, як і чорнові, являють собою збірну конструкцію, що складається із корпусу головки та швидкозмінних різцевих вставок.

В залежності від діаметру розточуваного отвору, різальна кромка може бути розміщена на вісі обертання інструменту (рис. 2.27, а, б), або на периферії – тобто на циліндричній поверхні корпусу головки (рис. 2.27, в, г).

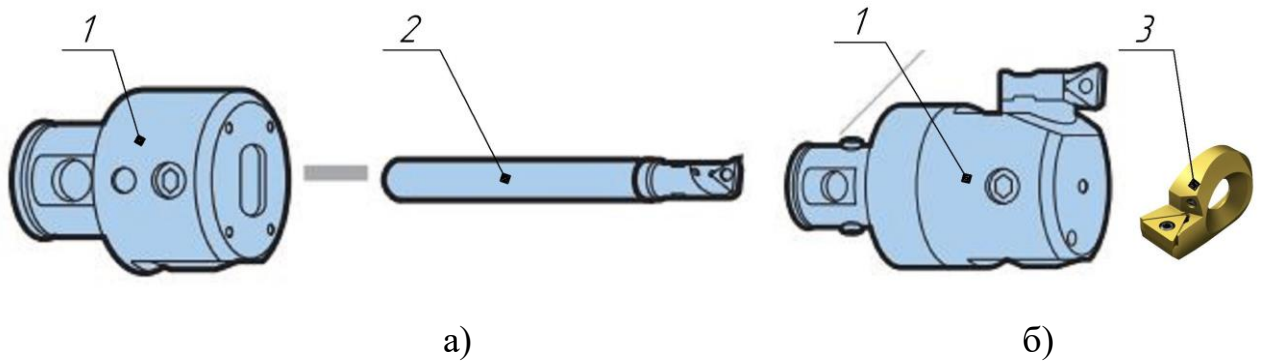


Рис. 2.28. Чистові розточувальні головки:

а) з осьовою різальною кромкою для діаметрів розточування 1-45 мм; б) з периферійною різальною кромкою для діаметрів 19-167 мм; 1 – корпус головки; 2 – борштанга; 3 – різцева вставка

Осьовим інструментом для розточування малих діаметрів є борштанги, які встановлюються в корпус розточувальної головки:

- для діаметрів обробки 1-5 мм застосовуються цільні карбідні борштанги (рис. 2.29, а);
- для діаметрів обробки 5-10 мм – з напайними пластинами (рис. 2.29, б);
- для діаметрів обробки 10-45 мм – модульні борштанги (рис. 2.29, в).

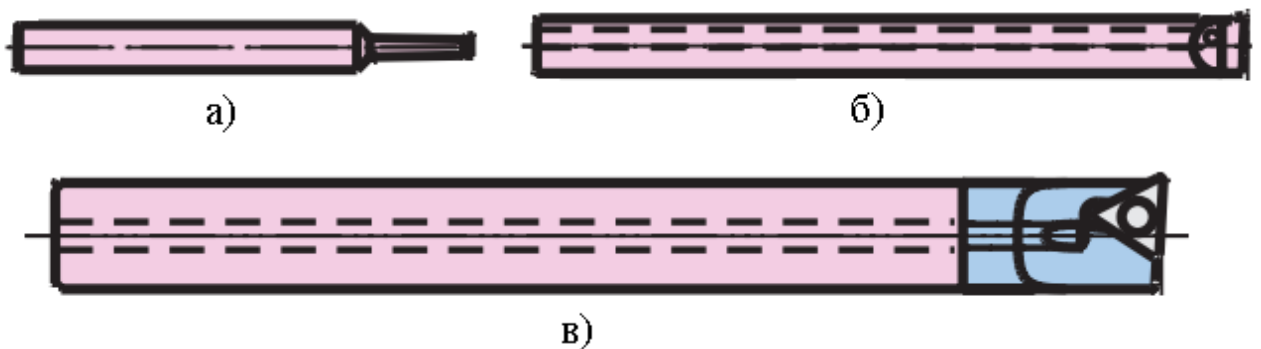


Рис. 2.29. Схеми борштанг для розточувальних головок

Дана конструкція корпусу розточувальної головки є універсальною і дозволяє оброблювати великий діапазон діаметрів завдяки можливості кріплення як борштанг, так і різцевих вставок (рис. 2.30).

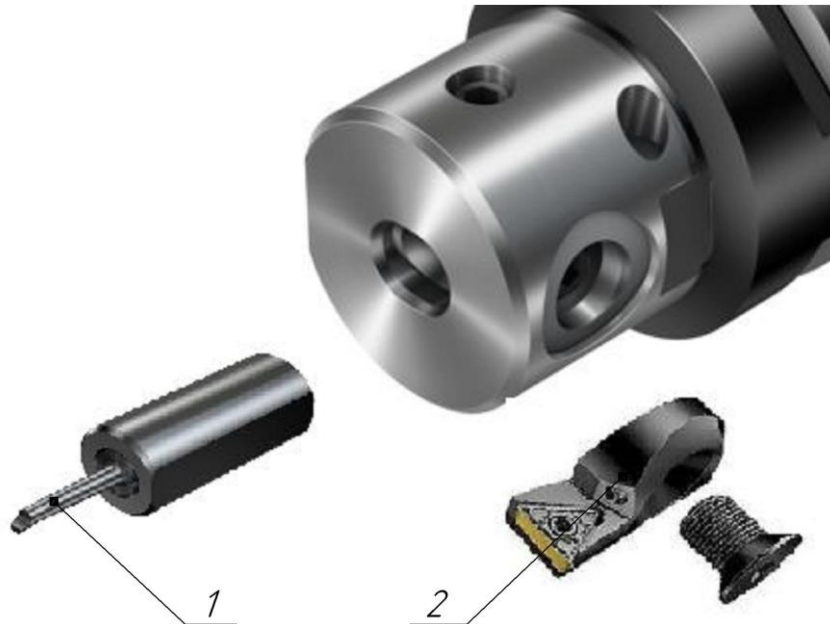


Рис. 2.30. Універсальність корпусів чистових розточувальних головок:

1 – борштанга; 2 – різцева вставка

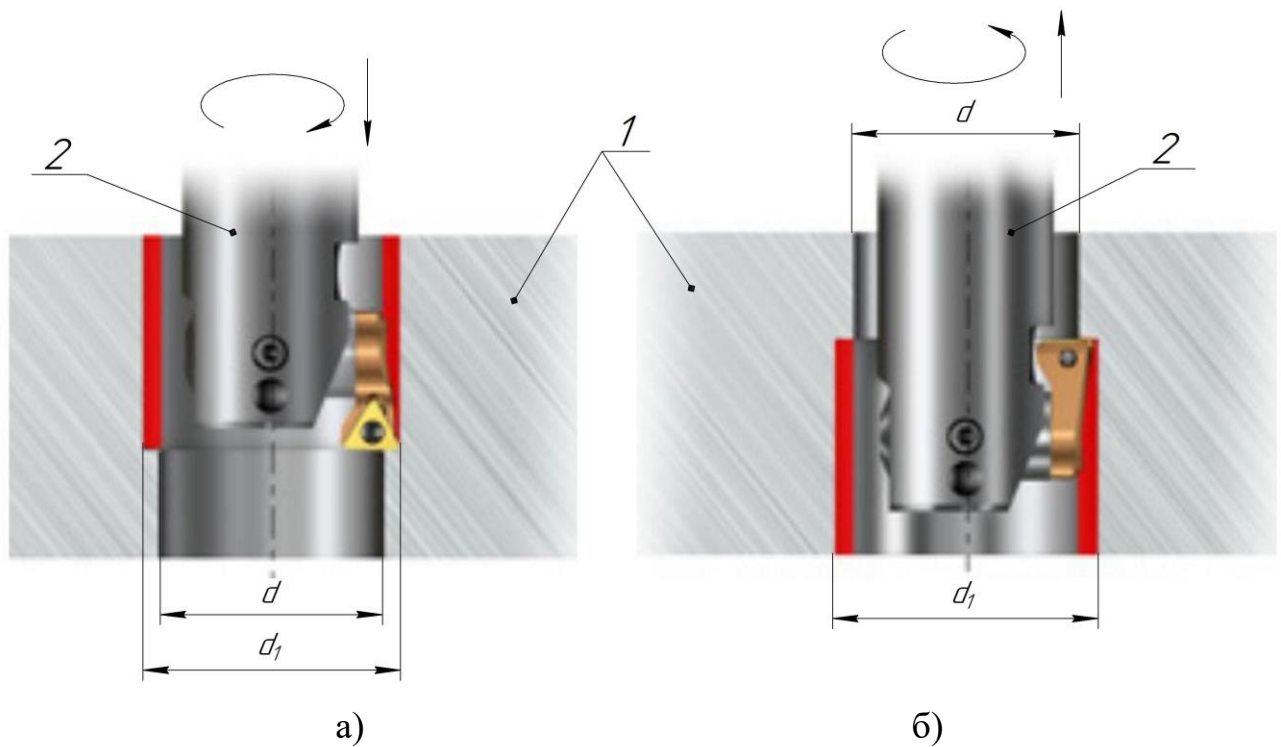


Рис. 2. 31. Схема чистового розточування отвору:

а) розточування; б) зворотне розточування; 1 – заготовка; 2 – чистова розточувальна головка; d – діаметр отвору; d_1 – діаметр розточеного отвору

В залежності від співвідношення довжини до діаметра обробки існують такі чистові розточувальні головки: $L/D=4$, $L/D=8$, $L/D=12$. За конструктивним виконанням: для отворів звичайної довжини – стандартний корпус

розточувальний головки; для глибоких отворів – циліндричний корпус (рис. 2.32).

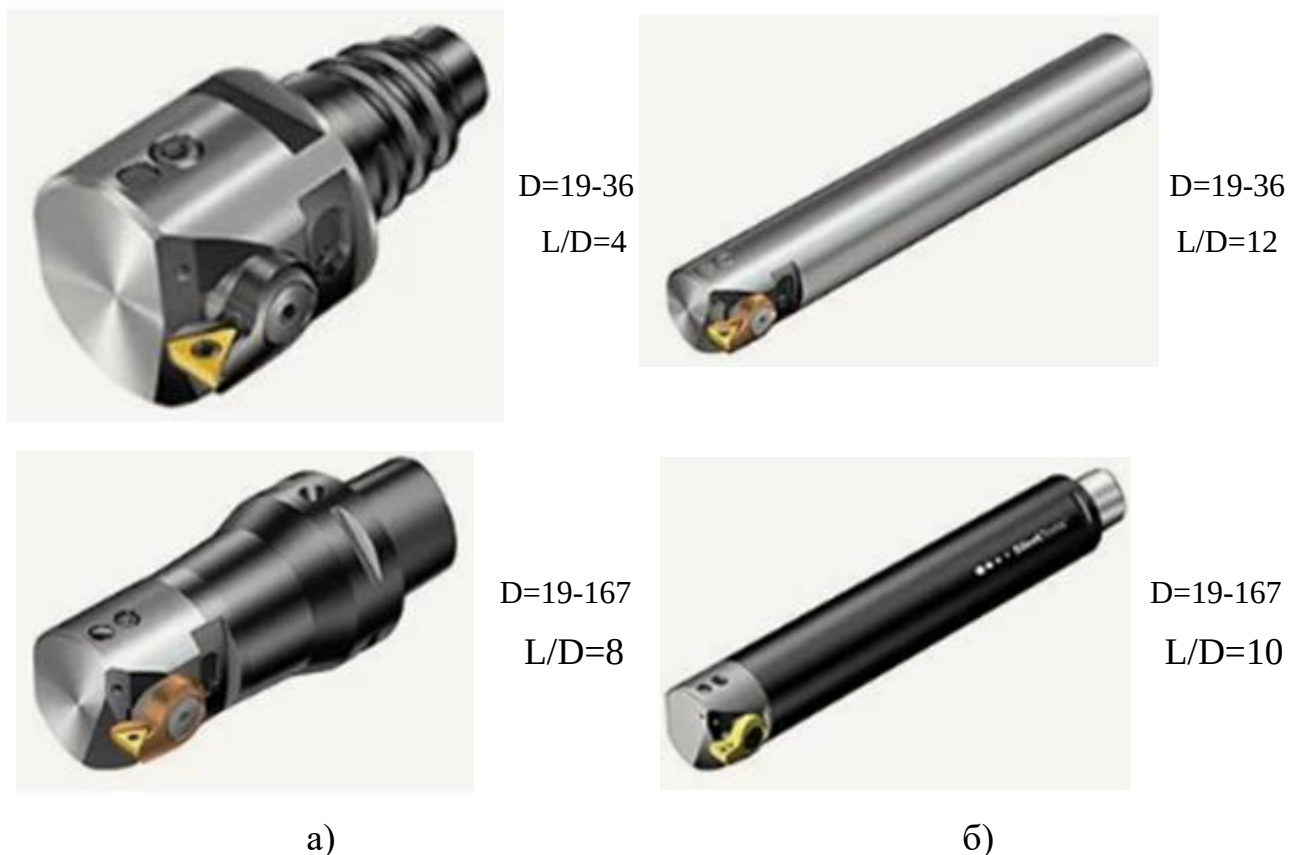


Рис. 2.32. Чистові розточувальні головки

Чистові розточувальні головки з $L/D=10$ оснащені антивібраційними системами.

Таблиця 2.3

Рекомендовані режими різання при обробці чистовими розточувальними головками

Оброблюваний матеріал	Припуск на чистове розточування, мм	Припуск на тонке розточування, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Сталь	0,4-1,5	0,05-0,4	0,09-0,13	180
Титан	0,4-1,5	0,05-0,4	0,1-0,13	50
Алюміній	0,4-1,5	0,05-0,4	0,09-0,13	270
Чавун	0,4-1,5	0,05-0,4	0,03-0,13	225

Для збільшення діаметру обробки, існують адаптери. Так, наприклад, прикріпивши розточувальну головку з максимальним діаметром розточування

рівним 91 мм (поз.1 рис. 2.33) до адаптера (поз. 2 рис. 2.33), діапазон розточування збільшиться до 154 мм.

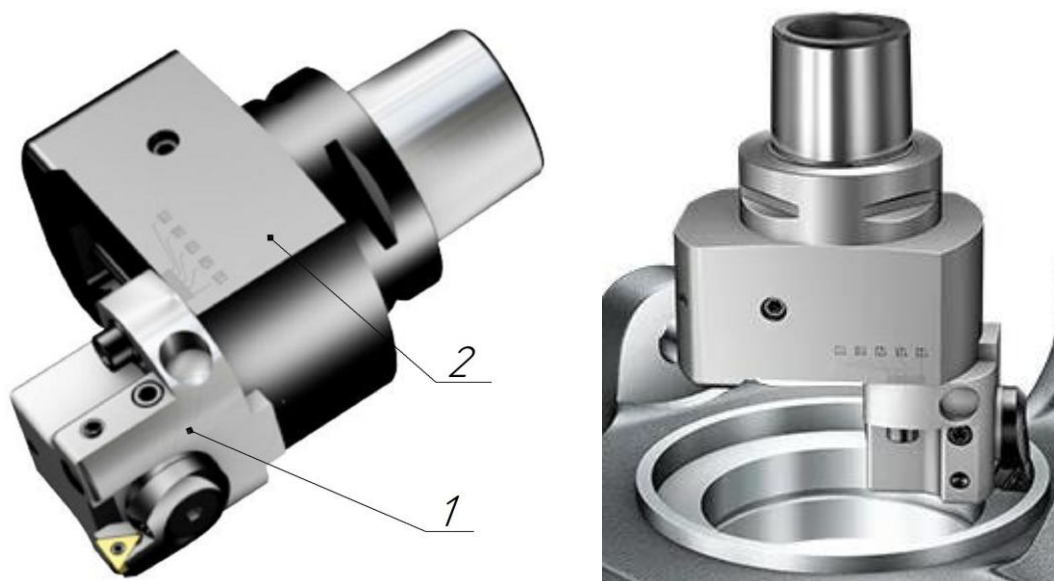


Рис. 2.33. Чистова розточувальна головка:

1 – розточувальна головка; 2 - адаптер

Чистові розточувальні головки забезпечують шостий квалітет точності IT6 та шорсткість обробленої поверхні $Ra\ 2,5-0,2\ \mu m$.

Налаштування розточувальних головок на певний діаметр обробки виконується легко та швидко. На головках для чорнового розточування (рис. 2.34, а) встановлено регулювальний гвинт та нанесено дві шкали: основну шкалу, яка вказує діапазон регулювання розміру конкретної головки та на якій задається ціле значення діаметра, який необхідно отримати після розточування; та шкалу ноніуса, з допомогою якої задається десяткове значення діаметра.

Головки для чистового та тонкого розточування можуть мати механічне регулювання (рис. 2.34, б) або механічне регулювання діаметру з електронним дисплеєм (рис. 2.34, в). Механічне регулювання здійснюється за допомогою лімба, при його обертанні на одну поділку, відбувається збільшення діаметра на $0,002\ mm$. Повний оберт лімба на 360° збільшить діаметр на $0,1\ mm$.

Розточувальні головки з електронним дисплеєм також оснащені лімбом, при обертання якого, значення діаметру відображаються на цифровому дисплеї. Зазвичай, цифровим дисплеєм забезпечені розточувальні головки призначені для тонкого розточування, ціна поділки лімба $0,001\ mm$.

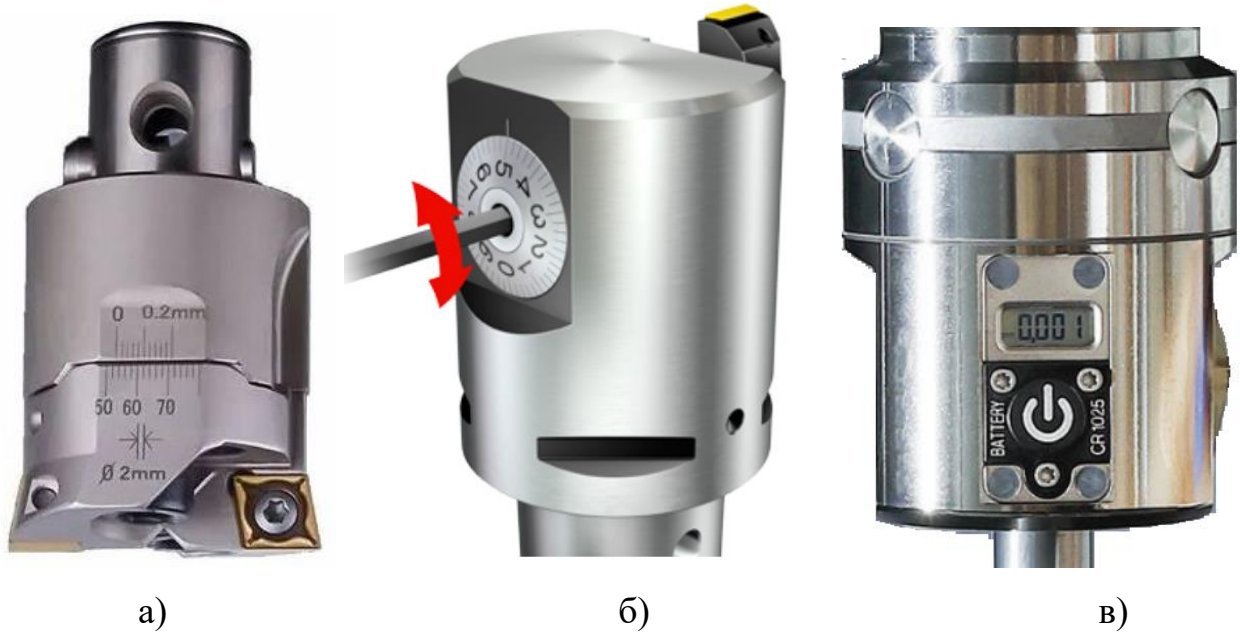


Рис. 2.34. Налаштування діаметра обробки розточувальної головки:
а – чорнова розточувальна головка; б - чистова розточувальна головка з механічним регулюванням; в – чистова головка з дисплеєм

Розточувальні системи

Розточувальні системи призначені для обробки великих діаметрів в діапазоні значень 150-1260 мм. За видом обробки вони теж поділяються на чорнові та чистові. Чорнові розточувальні системи мають у своєму складі дві різальні пластини, чистові – одну.

Конструкція розточувальних систем передбачає наявність таких елементів як: адаптери, повзуни, подовжувачі корпусу.

Чорнова розточувальна система (рис. 2.35, а) для розточування довгих отворів діаметром до 150 мм оснащена адаптером (поз. 1 рис. 2.35) при переміщенні державок із пластинами (поз. 2) вздовж якого, існує можливість регулювання інструменту на діаметр розточування 100-150 мм. Налаштування інструменту на діаметр виконується за допомогою шкал, які нанесені на його елементи.

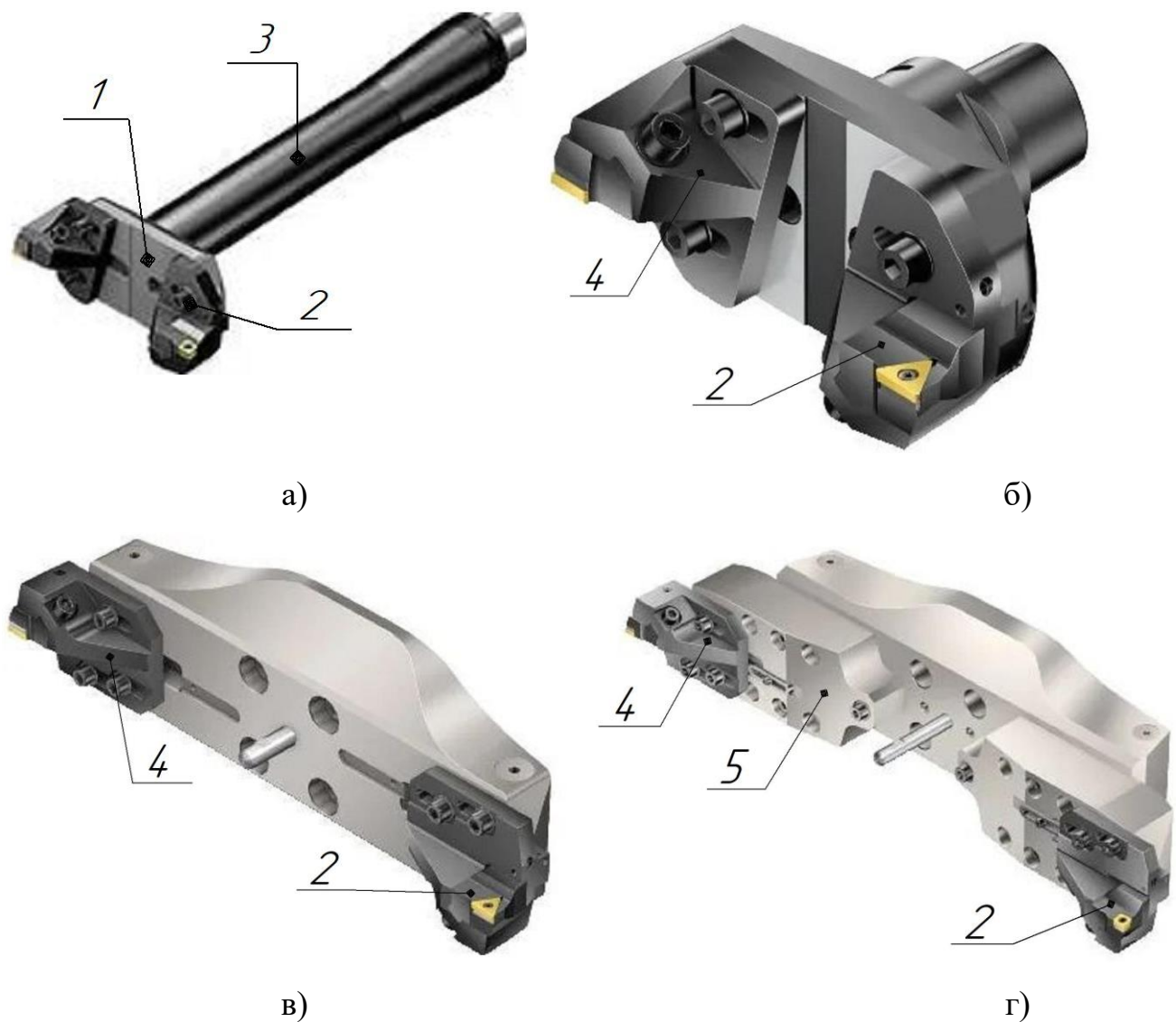


Рис. 2.35. Конструкції розточувальних систем:

1 – адаптер; 2 – державка із пластиною; 3 – антивібраційний корпус; 4 – повзун;
5 – подовжувач корпусу

Чорнові розточувальні системи для розточування отворів діаметром 150-300 мм (рис. 2.35, б) та діаметром 300-540 мм (рис. 2.35, в) оснащені повзунами (поз. 4 рис. 2.35) в яких закріплюються державки із пластинами (поз. 2). Регулювання інструменту на діаметр відбувається завдяки переміщенню повзунів на необхідну відстань один відносно одного.

Розточувальні системи для розточування отворів діаметром 540-1260 мм (рис. 2.35, г) додатково оснащена подовжувачами корпусу (поз. 5 рис. 2.35) в яких закріплюються повзуни із державками з пластинами. Регулювання інструменту на діаметр відбувається завдяки переміщенню повзунів на

необхідну відстань один відносно одного, а також перевстановленню подовжувачів корпусу, які закріплюються в необхідному положенні гвинтами.

Таблиця 2.4

Рекомендовані режими різання при обробці чорновими розточувальними системами

Оброблюваний матеріал	Припуск, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Сталь	1,5-5,5	0,3-0,5	400
Нержавіюча сталь	1,5-5,5	0,2-0,4	200
Жароміцні сплави	1,5-5,5	0,2-0,3	100
Чавун	1,5-5,5	0,2-0,3	300

Чистові розточувальні системи оснащені однією різальною пластиною, яка встановлена на корпусі розточувальної головки. Через асиметрію інструменту виникає дисбаланс, який створює силу, що діє на інструмент. Дана сила набагато менша за сили різання, але на високих швидкостях обробки та при довгому вильоті інструменту, дисбаланс може призвести до вібрацій. Вібрації негативно на якість обробки. Тому, чистові розточувальні системи оснащені противагою, за рахунок переміщення якої компенсується дисбаланс інструменту.

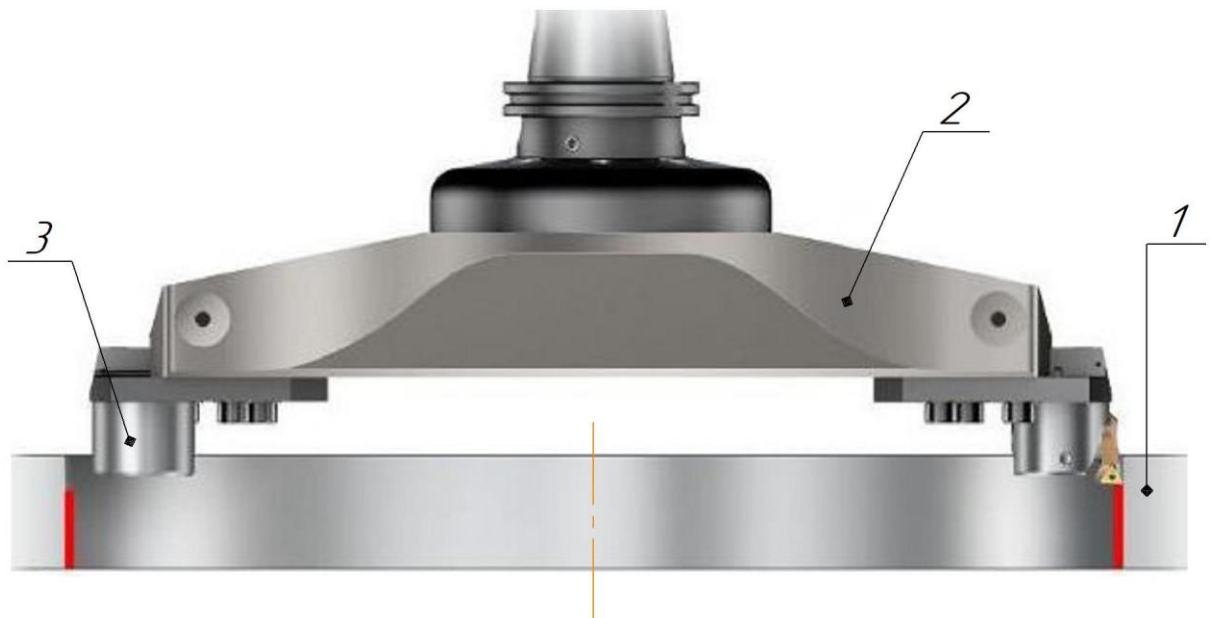


Рис. 2.36. Розточування отвору чистовою розточувальною системою:

1 - заготовка; 2 – інструмент; 3 - противага

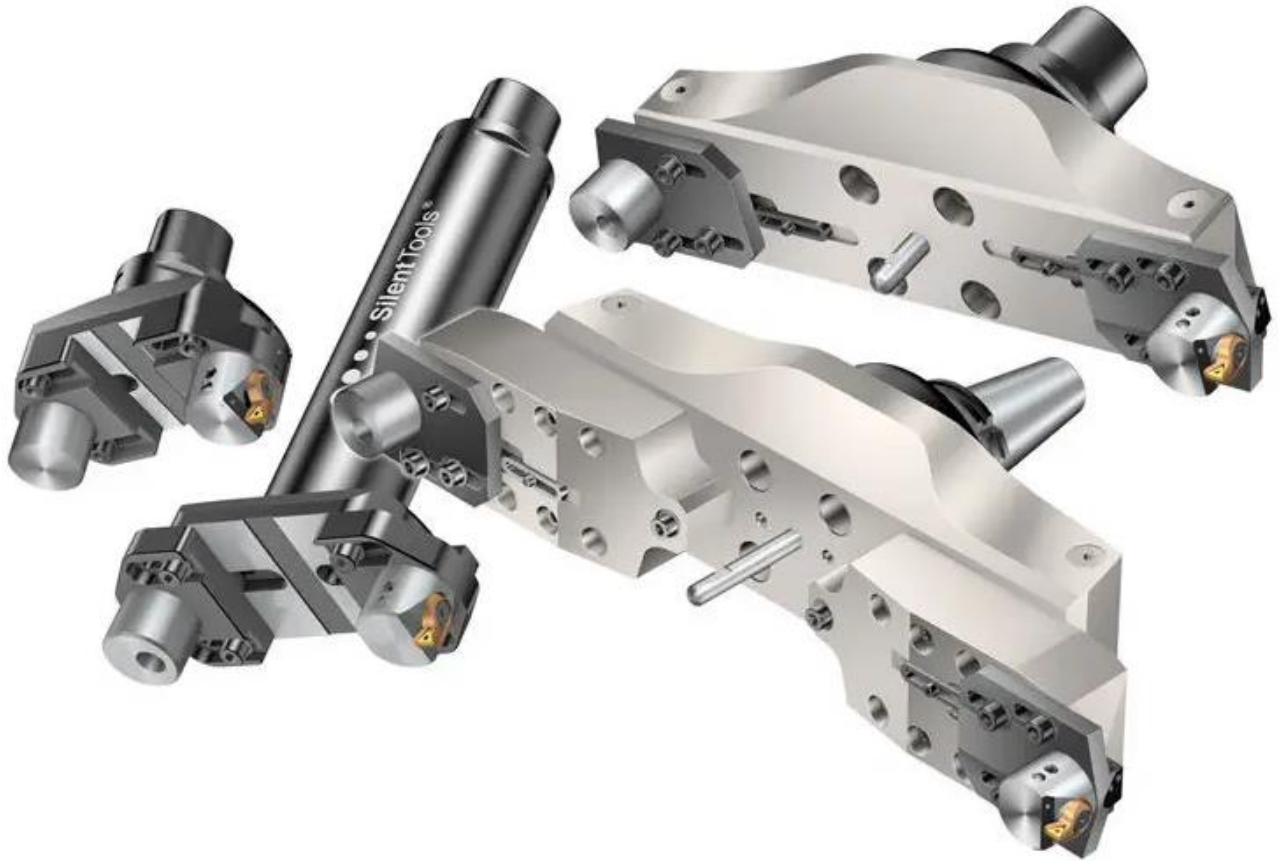


Рис. 2.37. Чистові розточувальні системи

Таблиця 2.5

Рекомендовані режими різання при обробці чистовими розточувальними системами

Оброблюваний матеріал	Припуск на чистове розточування, мм	Припуск на тонке розточування, мм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Сталь	0,4-1,5	0,05-0,4	0,09-0,13	180
Титан	0,4-1,5	0,05-0,4	0,1-0,13	50
Алюміній	0,4-1,5	0,05-0,4	0,09-0,13	270
Чавун	0,4-1,5	0,05-0,4	0,03-0,13	225

Спеціальний розточувальний інструмент

В той час, як стандартні (описані вище) розточувальні інструменти можуть підійти для багатьох застосувань, спеціальні розточувальні інструменти дозволяють виконувати обробку конкретних контурів отворів.

Відомі світові виробники пропонують спеціальний розточувальний інструмент, який заснований на принципі розточувальних головок, але ніби

поєднує в собі декілька таких головок і дозволяє за один прохід обробити отвори складної форми, які мають такі елементи: ступінчасті отвори, фаски, торцеві поверхні отворів.

Даний інструмент виготовляється індивідуально під конкретну форму отвору. Він є дорожчим за вищеописані інструменти. Але, завдяки особливостям своєї конструкції, здатен замінити до чотирьох розточувальних інструментів, що забезпечує більшу продуктивність обробки. Скорочується час на виконання розточувальної операції. Тож, спеціальні розточувальні інструменти доцільно застосовувати у великосерійному та масовому виробництві.

Спеціальні розточувальні інструменти можуть виконувати чорнове, чистове та тонке розточування. Для чорнового розточування певної поверхні застосовуються дві різальні пластини, для чистового – одна.



Рис. 2.38. Чорновий спеціальний розточувальний інструмент для ступінчастого отвору

Спеціальний інструмент рис. 2.38 замінює три розточувальні головки різного діаметру та різної довжини. Приклади отворів та спеціальних розточувальних інструментів для їх обробки наведено на рисунку 2.39.



Рис. 2.39. Спеціальні розточувальні інструменти та оброблені ними отвори

Діапазон діаметрів обробки даним інструментом – 25-200 мм, максимальна довжина інструменту 400 мм. Корпус спеціального розточувального інструменту є нерегульованим, різцева державка із пластиною (рис. 2.40, б) може регулюватись в межах: осьове переміщення L_O 1 мм; радіальне переміщення L_R 0,4 мм.

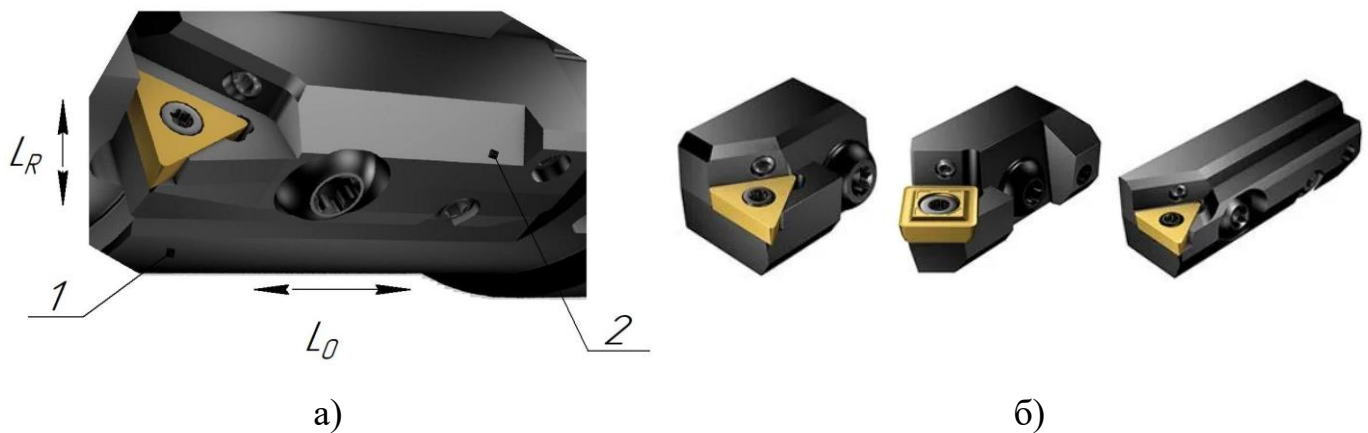


Рис. 2.40. Складові спеціального розточувального інструменту:

а – корпус із різцевою вставкою; б - різцеві державки із пластинами; 1 – корпус;
2 - різцева державка із пластиною; L_O - осьове переміщення; L_R - радіальне переміщення

Недоліком спеціального розточувального інструменту є його неуніверсальність, неможливість переналагодження для обробки інших контурів отворів.

2.3. Геометрія різальної пластини для розточування

Для чорнового, чистового та тонкого розточування необхідно обрати позитивні пластини оскільки, вони утворюють менші сили різання порівняно із негативними. Позитивною називається різальна пластина, яка має кут загострення β тобто, кут між задньою та передньою поверхнею різця менше 90° . Головний задній кут α – кут між головною задньою поверхнею та площиною різання, повинен обиратися з урахуванням діаметру обробки, щоб не затирати поверхню.

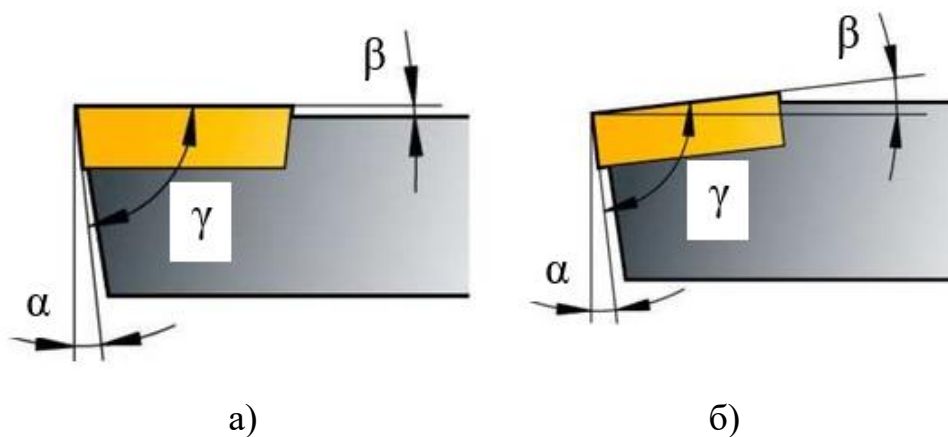


Рис. 2.41. Різальні пластини:

а) позитивна; б) негативна

Кут нахилу головної різальної кромки λ впливає на величину та напрям осьових та радіальних сил, а також на напрям сходження стружки. Пластини із кутом $\lambda=0^\circ$ (рим. 2.42) застосовуються для розточування звичайних та ступінчастих отворів, стружка відводиться вздовж вісі різця. Пластини із кутом $\lambda<0^\circ$ застосовуються для переривчастого розточування наскрізних отворів, стружка відводиться в напрямку подачі. Пластини із кутом $\lambda>0^\circ$ застосовуються при розточуванні глухих отворів, обробці уступів, при пізанні на збільшених подачах та для покращення якості поверхні, стружка відводиться в

протилежному до подачі напрямку.

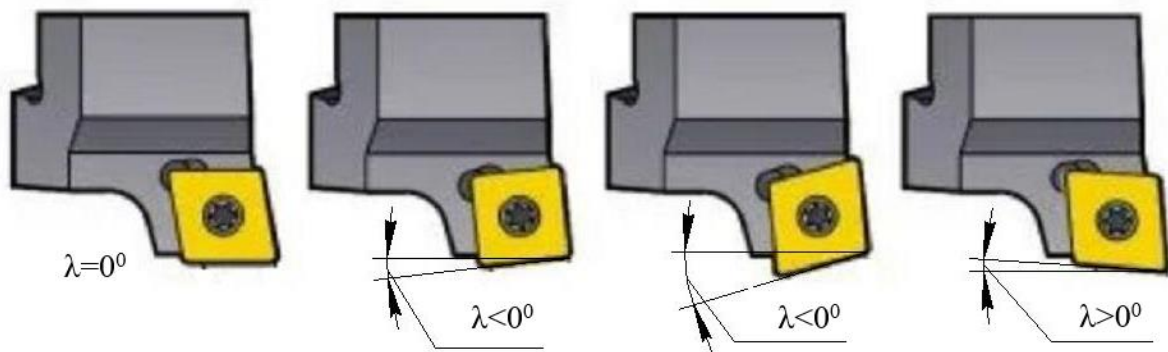


Рис. 2.42. Кут нахилу головної різальної кромки

Кут нахилу головної різальної кромки λ для чистового та тонкого розточування повинен складати не більше 5° . Оскільки, при $\lambda > 6^\circ$ суттєво зростає радіальна складова сили різання, яка намагається відитиснути інструмент від заготовки та за рахунок чого зменшується глибина різання та товщина стружки, відбувається виникнення вібрацій.

Тому, оптимальним для чистового розточування глихихи отворів та уступів буде кут $\lambda > 2^\circ$, який мінімізує радіальні сили різання та дозволяє уникнути вібрації.

2.4. Застосування ЗОР при розточуванні отворів

Замашувально-охолоджувальні рідини (ЗОР) впливають на якість обробленої поверхні та строк служби інструмента та виконують декілька важливих функцій під час механічної обробки:

- охолодження різальної кромки та металу заготовки;
- змащування;
- видалення стружки із зони різання.

Для мксимальної ефективності ЗОР повинна подаватися як найближче до різальної кромки.

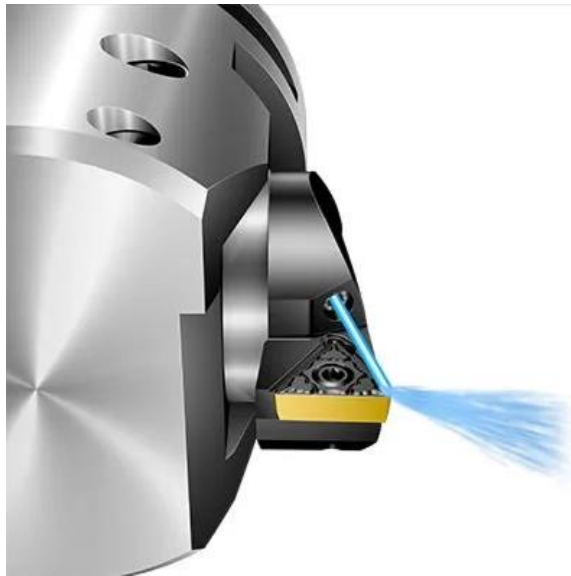


Рис. 2.43. Подача ЗОР на різальну кромку

Сучасні розточувальні інструменти оснащені внутрішніми каналами, які дозволяють подавати ЗОР безпосередньо в зону обробки.

ЗОР подається під тиском по внутрішнім каналам різального інструменту. В якості ЗОР можна застосовувати: масло, стиснуте повітря, розпилення рідини. При незадовільному показнику видалення стружки можна збільшити тиск або об'єм подаваної ЗОР.

Для покращення виведення стружки при розточуванні глухих отворів необхідно застосовувати горизонтальну обробку.

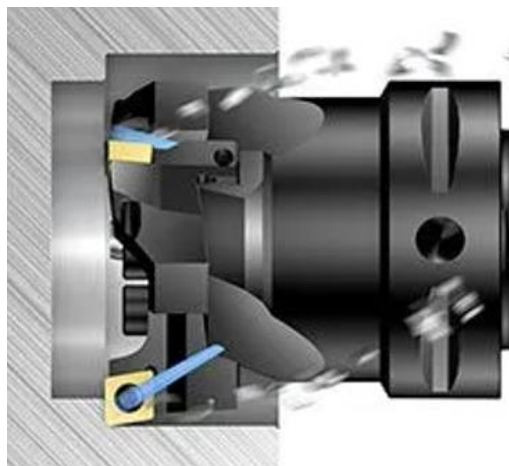
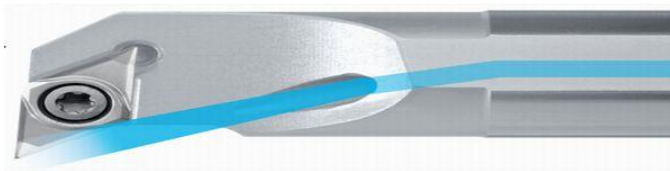
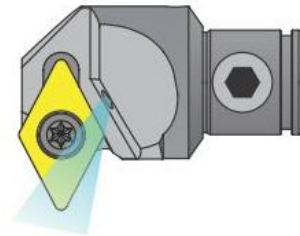


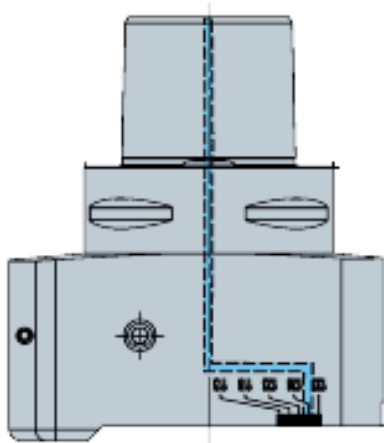
Рис. 2.44. Горизонтальне розточування глухого отвору із видаленням стружки



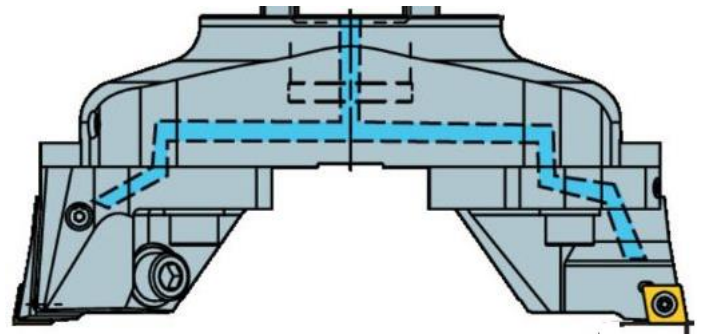
Розточувальний різець



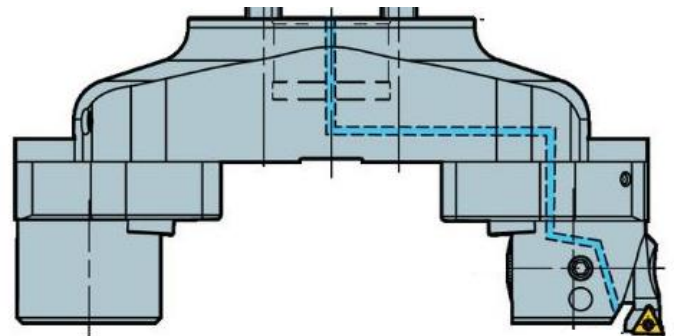
Змінна різальна головка модульної борштанги



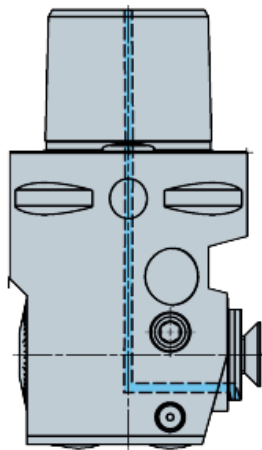
Адаптер розточувальної головки



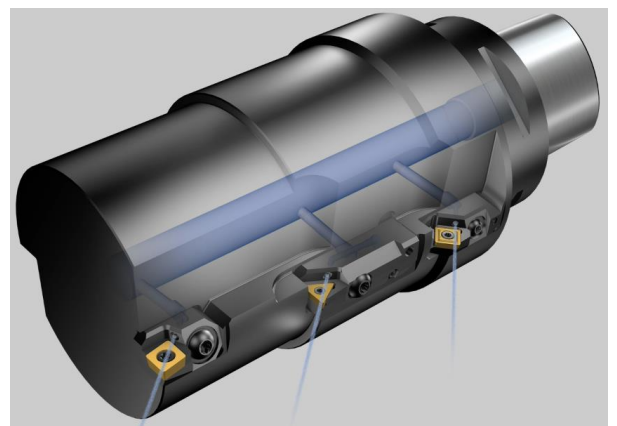
Чорнова розточувальна система



Чистова розточувальна система



Корпус розточувальної головки



Спеціальний розточувальний інструмент

Рис. 2.45. Внутрішні канали для подачі ЗОР в зону різання:

2.5. Висновки

Виконано дослідження методів розточування отворів. Виконано аналіз конструкцій різальних інструментів для чорнового, чистового та тонкого розточування. Проаналізовано антивібраційний інструмент для розточування довгих отворів. Розглянуто механізми радіального регулювання інструменту для розточування на заданий діаметр. Представлено рекомендовані режими різання для розточування отворів різними конструкціями розточувального інструменту.

На основі виконаного аналізу можна визначити такі рекомендації для обробки отворів картеру розточуванням:

- деталь при розточуванні отворів нерухома, інструмент виконує обертальний рух та поступальний рух подачі;
- в якості розточувального інструмента приймаються розточувальні головки;
- через те, що кут нахилу головної різальної кромки при розточуванні глухих отворів більше нуля, приймаємо послідовність обробки глухих отворів такими методами: методом багатолезового чорнового розточування, методом однолезового чистового розточування, підрізання дна отвору, методом однолезового тонкого розточування;
- для чорнового розточування отвору, вісь якого перетинається із віссю іншого отвору, застосовуємо чорнову розточувальну головку із трьома різальними пластинами. Якщо глибина отвору перевищує довжину інструмента, застосовуємо подовжувач необхідної довжини та діаметру;
- для чистового та тонкого розточування отвору, вісь якого перетинається із віссю іншого отвору, застосовуємо чистову розточувальну головку із однією різальною пластиною;
- для обробки глибоких глухих отворів невеликих діаметрів застосовуємо антивібраційні розточувальні головки;
- для обробки переривчастих отворів застосовуємо антивібраційні розточувальні головки.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТЕРА

3.1. Службове призначення картера та його характеристика

Деталь картер (рис. 3.1) входить до складу кульково-гвинтового гідропідсилювача (рис. 3.2).

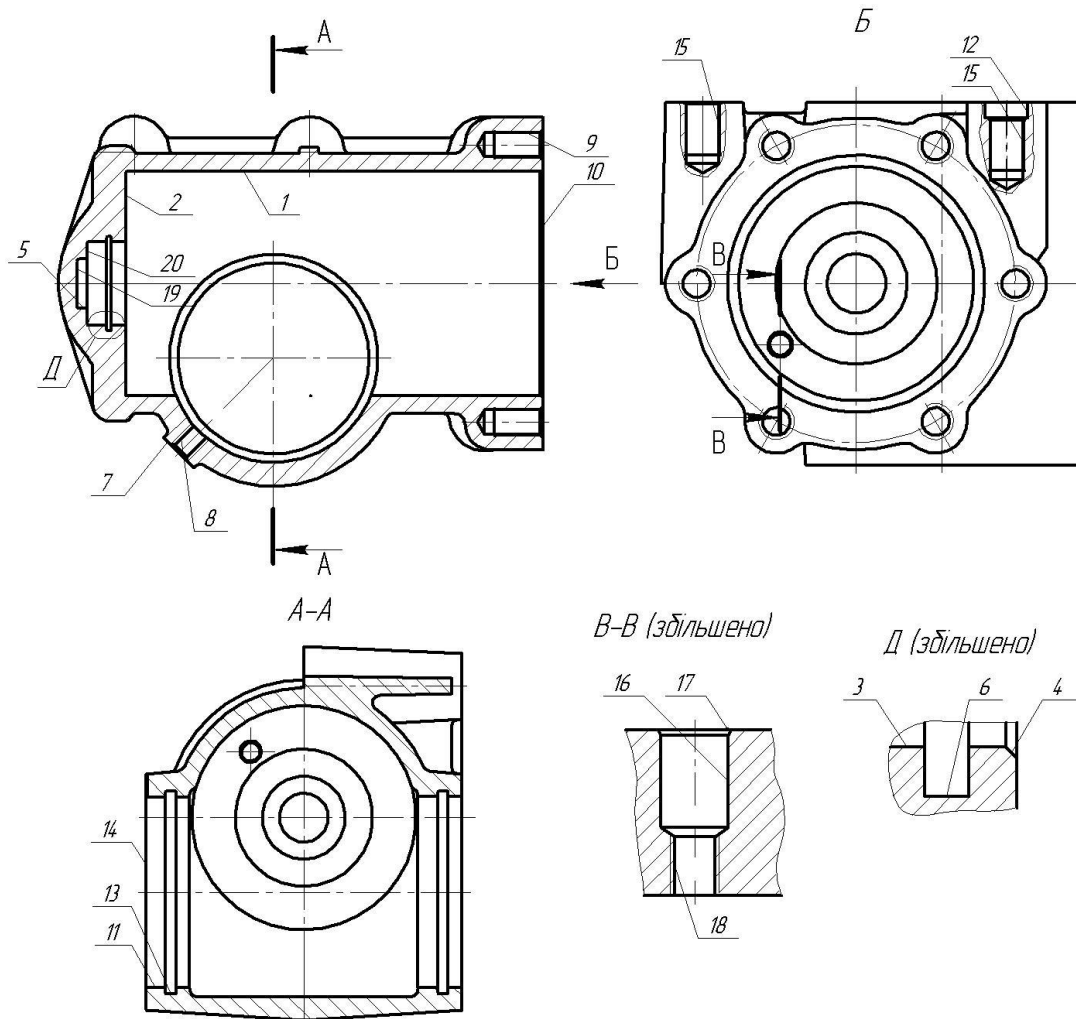


Рис. 3.1. Ескіз деталі картер

Деталь картер має торцеві поверхні 2, 10, 14, 19, 20, отвори 2, 3, 5, 11, 12, 16, різьбові отвори 8, 9, 15, 18, канавки 6, 13 та фаски 4, 17. Допоміжними поверхнями картеру, тобто такими, що визначають положення деталей, що приєднуються є: отвір 3, торець 10, різьбові поверхні 8, 9, 15. Функціональними поверхнями є отвори 1, 11.

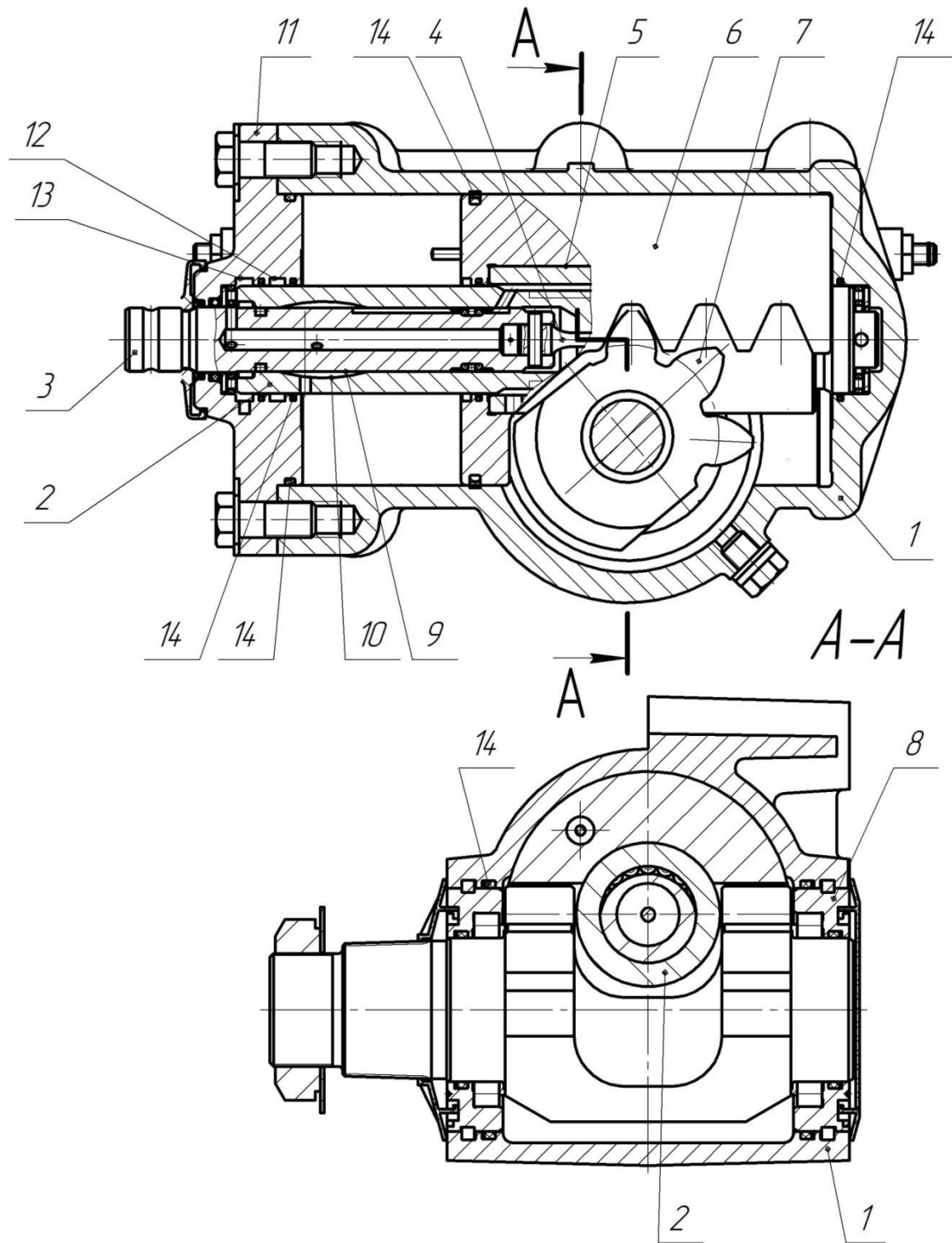


Рис. 3.2. Кульково-гвинтовий гідропідсилювач:

1 – картер; 2 – гвинт; 3 – ротор; 4 – поршень; 5 – гайка; 6 – рейка-поршень;
 7 – вал-сектор; 8 – роликовий підшипник; 9, 10 – пази; 11 – корпус розподільника; 12 – канал напору; 13 – канал зливу; 14 – ущільнюючі елементи

Кульково-гвинтовий гідропідсилювач (КГГП) застосовується в транспортних засобах, як одна із систем управління. При повороті водієм

рульового колеса, відбувається поворот керованих коліс транспортного засобу. Функцією КГТП є передача та підсилення дії водія спрямованої на поворот керованих коліс. Картер є корпусною деталлю, його внутрішній контур складається з двох взаємно перпендикулярних циліндричних порожнин, в яких розміщені деталі, які утворюють передачі: кульково-гвинтову та рейкову.

Кульково-гвинтова передача утворена гвинтом 2, ротором 3, поршнем 4 та гайкою 5. рейкова передача утворена рейкою-поршнем 6 та вал-сектором 7. Вхідна ланка КГТП – ротор 3. Внутрішній золотник - зовнішня циліндрична поверхня ротора 3, зовнішній золотник - внутрішня циліндрична поверхня гвинта 2.

Одна з двох порожнин заповнюється робочою рідиною, яка проходить із магістралі напору 12 через відповідні канали золотників при повертанні внутрішнього золотника 9 відносно зовнішнього 10 на кут обмежений муфтою, в будь-яку із сторін

За рахунок гідравлічного тиску забезпечується прямолінійне переміщення рейки поршень 6 в картері 1, і поворот вал-сектора 7 внаслідок взаємодії його зубців із зубцями рейки поршня. Робоча рідина із опозитної порожнини буде витіснятися в зливну магістраль 13.

Переміщення рейки-поршня 6 супроводжується синхронним обертанням гвинта 2 кульково-гвинтової передачі, внаслідок того, що зовнішній золотник 10 з гвинтом 2 утворює єдину ланку.

Обумовлене переміщення здійснюється до моменту припинення повертання внутрішнього золотника 9. При цьому зовнішній золотник 10 під дією пружних елементів повернеться в нейтральне положення, в якому відповідні канали розподільника з'єднують магістралі зливу і напору, і тиск в обох порожнинах вирівнюється до значень тиску холостого ходу.

Запобіжний клапан спрацьовує при перевищенні тиску в напірній магістралі 12 внаслідок дії несанкціонованих навантажень на вал-сектор 7.

Звичайний режим роботи КГТП здійснюється за рахунок гідравліки. В разі відмови останньої, працюють механічні передачі для подолання навантаження на вал-секторі (нештатний режим).

При повертанні внутрішнього золотника 12 на кут обмежений муфтою 9 починає обертатись зовнішній золотник 11 з гвинтом 4, внаслідок чого рейка–поршень 2 переміщується обертаючи вал–сектор 3.

При переміщенні рейки-поршень 6 в одній із двох порожнин, яка збільшується в своєму об'ємі, виникає від'ємний тиск.

Даний від'ємний тиск сприяє спрацьовуванню зворотного клапана при цьому рідина із опозитної порожнини, яка зменшується, витісняється в збільшуючу порожнину.

Завдяки зворотному клапану КГГП може виконувати свої функції навіть в нештатному режимі.

3.2. Розробка технології виготовлення картеру

Тип виробництва

Тип виробництва є одним із основних факторів, що має вплив на побудову технологічного процесу виготовлення деталі.

Тип виробництва для деталі картер визначений за допомогою спеціалізованої програми ТИП.

Картер

Вихідні дані

Програма випуску 7500

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи обладнання	Штучний час
5	3890	10.3000
10	3890	12.1000
15	3890	4.8000
20	3890	15.5000
25	3890	16.8000
30	3890	1.5000
35	3890	1.3000
40	3890	1.1000
45	3890	1.0000
50	3890	8.0000
55	3890	2.0000
60	3890	4.7000
65	3890	3.5000
70	3890	5.3000

Результати розрахунку			
Но- мер опера- ції	Розрахунко- ва кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
5	0.4137	1	1.93
10	0.4860	1	1.65
15	0.1928	1	4.15
20	0.6226	1	1.28
25	0.6748	1	1.19
30	0.0603	1	13.28
35	0.0522	1	15.32
40	0.0442	1	18.11
45	0.0402	1	19.92
50	0.3213	1	2.49
55	0.0803	1	9.96
60	0.1888	1	4.24
65	0.1406	1	5.69
70	0.2129	1	3.76
Коефіцієнт закріплення операцій 7.353928			
Тип виробництва – середньосерійний			

Тип виробництва виготовлення деталі картер –середньосерійний.

Середньосерійний тип виробництва займає проміжне місце між дрібносерійним і багатосерійним. Середньосерійний тип характеризується випуском деталей партіями або серіями, які складаються з одноіменних, однотипних за конструкцією і однакових за розмірами виробів, які запускаються у виробництво одночасно. Технологічний процес складається з окремих операцій, які виконуються на конкретних металорізальних верстатах. За робочим місцем закріплена більш вузька номенклатура операцій.

При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватись спеціалізовані (пристосовані для даної операції) і спеціальні пристрої, спеціалізований і спеціальний ріжучий інструмент та вимірювальний інструмент у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів. Все це обладнання і оснащення в середньосерійному виробництві можна застосовувати достатньо широко, так як при повторюваності процесів виготовлення одних і тих же деталей вказані засоби виробництва дають техніко-економічний ефект, який з більшою вигодою окупає витрати на них. Вид руху предметів праці – паралельно-послідовний.

Серійне виробництво значно економічніше, ніж одиничне, оскільки краще використання обладнання, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Аналіз точності та технологічності

На ескізі деталі картер (рис. 14) з метою аналізу поверхонь, зазначені поверхні, що підлягають обробці. Дані аналізу точності заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри точності деталі картер

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розмір з відхиленнями, заданими від дано поверхні	Квалітет точності	Точність відносно поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні	Вагомість поверхні як конструкторської бази
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Отвір	$\varnothing 114^{+0,071}_{+0,036}$	-	$\perp$ 0,04 Ж		0,4	1
2	Торець	$217^{+0,25}$	-		$\perp$ 0,06 Ж	3,2	5
3	Отвір	$\varnothing 42,3^{+0,062}$	H9	$\leftarrow$ 0,05 Ж		2,5	3
4	Фаска	$1 \times 45^\circ$	-			6,3	6
5	Отвір	$\varnothing 25^{+0,1}$	-			6,3	7
6	Канавка	$\varnothing 47,8^{+0,062}$ $2,1^{+0,1}$	H9	$\leftarrow$ 0,06		2,5	3
7	Бічна поверхня	$\varnothing 22_{-0,5}$	-			3,2	5
8	Різьбовий отвір	M12x1,5-6H	-		$\perp$ 0,05	3,2	4
9	Різьбовий отвір	M14x1,5-6H	-	∇ $\varnothing 0,3 \diamond$		3,2	4
10	Торець	$246^{+1,5}$	-	$\perp$ 0,06 Ж		3,2	8
11	Отвір	$\varnothing 97^{+0,02}$	H6			1,6	2
12	Отвір	$\varnothing 22^{+0,052}$	H9			2,5	6
13	Канавка	$\varnothing 103^{+0,087} \times$ $5,4^{+0,18}$	H9 H13			6,3	6
14	Торець	$160 \pm 0,1$	-			6,3	8
15	Різьбовий отвір	M20x1,5-6H	-	∇ $\varnothing 0,3 \diamond$		3,2	4
16	Отвір	$\varnothing 10^{+0,043}$	-		Π 0,25/100 Ж	3,2	5
17	Фаска	$1 \times 45^\circ$	-			6,3	6
18	Різьбовий отвір	M8-6H	-			3,2	4
19	Торець	$237 \pm 0,5$	-			6,3	
20	Торець	$232^{+0,06}$	-		$\perp$ 0,025 ЖП	2,5	3

Аналіз точності деталі картер показав, що всі розміри поверхонь задані в достатній кількості для їх обробки. Метод простановки розмірів - комбінований. Величини розмірів відповідають нормальному ряду чисел, але не всі відхилення відповідають діючим квалітетам.

Найбільш точними поверхнями деталі картер є: отвір 1 $\varnothing 114^{+0,071}_{+0,036}$ Ra0,4, отвір 3 $\varnothing 42,3^{+0,062}$ Ra2,5, отвір 6 $\varnothing 47,8^{+0,062}$ Ra2,5, отвір 11 $\varnothing 97^{+0,02}$ Ra2,5.

Доступ різального та вимірювального інструментів до оброблюваних та контрольованих поверхонь вільний. Деталь можна обробити за допомогою відомих методів обробки із застосуванням стандартних різальних та вимірювальних інструментів.

Аналіз креслення деталі показав, що всі необхідні розміри задані в достатній кількості, вимоги точності, шорсткості, відповідають службовому призначенню та умовам експлуатації. Проте квалітети точності деяких поверхонь деталі надані не за нормалізованими рядами.

Деталь картер достатньо технологічна, дозволяє використання високопродуктивних методів обробки.

З точки зору механічної обробки виникають деякі ускладнення при обробці похилого різбового отвору та отворів для яких необхідний спеціальний інструмент.

Картер достатньо жорсткий, що забезпечує отримання високого класу точності при обробці.

Таким чином в цілому конструкцію деталі можна вважати технологічною. Майже до всіх поверхонь забезпечений вільний підхід різального інструменту. Відсутні поверхні з необґрунтовано високою точністю обробки. Всі невідповідальні поверхні оброблюються по 14-му квалітету.

Проаналізувавши всі вище перелічені фактори, будемо вважати деталь картер технологічною.

Аналіз базового технологічного процесу

Технологічний процес деталі картера складається з 11 операцій механічної обробки. Дана послідовність технологічних операцій дозволяє отримати деталь, яка відповідає вимогам щодо точності та якості.

При виготовленні деталі дотримується принцип єдності технологічних та конструкторських баз, деталь на всіх операціях оброблюється в пристосуваннях.

Технологічний процес обробки картера виконується на спеціальних високопродуктивних верстатах. При цьому, на них використовується спеціальне технологічне оснащення, яке призначене тільки для обробки даної деталі. Для переобладнання верстатів на іншу деталь необхідно провести значні витрати. З метою вдосконалення технологічного процесу більш ефективним є застосування на деяких операціях механічної обробки верстатів з ЧПУ.

Вибір заготовки

Деталь картер виготовляється з високоміцного чавуну ВЧ 600. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі картер наведено в таблицях 2.2 та 2.3 відповідно.

Таблиця 2.2

Хімічний склад матеріалу деталі картер

Марка матеріалу	Вміст елементів, %							
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
ВЧ 600 ДСТУ 3925-99	3 – 3,6	2,4 – 2,8	0,4 – 0,7	до 0,4	до 0,02	до 0,1	до 0,15	до 0,3

Таблиця 2.3

Механічні властивості матеріалу деталі картер

Марка матеріалу	Тимчасовий опір розриву, Н/мм ²	Межа текучості, Н/мм ²	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість Н·м/см ²	Твердість НВ не більше
ВЧ 600 ДСТУ 3925-99	60	40	2	2,0	140...269

Високоміцний чавун призначається для виливок конструкційного призначення замість сталі та ковкого чавуну. Міцність його при нагріванні до 450-500° знижується повільніше, ніж у вуглецевих сталей. Він задовільно

оброблюється різанням; легко зварюється за допомогою газового зварювання із застосуванням стрижнів з чавуну. Високоміцний чавун добре піддається термічній обробці, яка може в значних межах змінювати структуру та властивості відливок. Механічні властивості та структура чавуну забезпечується або в литому вигляді, або шляхом термообробки.

Враховуючи конструктивну форму деталі картер, та її службове призначення, обираємо метод отримання заготовки - відливання в піщані форми.

Відливанням в піщані форми характеризується низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. Лиття в піщані форми вимагає найбільших витрат металу.

Заміна відливання в піщані форми на кокільне дозволяє знизити масу заготовки на 10-20%. Кокільне лиття – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Кокіль дозволяє отримувати відливки з розмірами 12 квалітету.

Заміна відливання в піщані форми на кокільне лиття, при достатній програмі випуску (тип виробництва середньосерійний), дозволяє знизити масу заготовки на 10-20%, собівартість заготовок - приблизно на 20%. Також, зменшується трудомісткість механічної обробки в результаті зменшення припусків і високої точності розмірів в 1,5-2 рази.

На підставі аналізу деталі по кресленню, довідковій літературі, обираємо два види отримання відливки: відливання в піщані форми і відливання в кокіль.

Щоб остаточно переконатись в правильності вибраного методу отримання заготовки, проведемо вартісний аналіз двох варіантів.

Вартість заготовки визначається за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_I \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000},$$

де: C_i - базова вартість 1 тони заготовок;

k_T, k_C, k_B, k_M, k_I - коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та об'єму виробництва заготовок [6].

Q - маса заготовки;

q - маса деталі;

$S_{відх}$ - вартість відходів.

Вартість заготовки картера при відливанні в піщані форми:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{165000}{1000} \cdot 12,6 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 1 \right) - (12,6 - 11) \cdot \frac{24750}{1000} = 2636,94 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки картера при відливанні в кокіль:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{165000}{1000} \cdot 11,97 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1,24 \cdot 1 \right) - (11,97 - 11) \cdot \frac{24750}{1000} = 2518,7 \text{ грн.}$$

Виходячи з цього, остаточно приймаємо метод отримання заготовок деталі картер - відливання в кокіль.

Розробка маршруту виготовлення валу

Маршрут обробки деталі картер будуємо з урахуванням обраних маршрутів обробки окремих поверхонь, типу виробництва, технологічних можливостей вибраних металорізальних верстатів, технічних вимог та розмірних зв'язків на кресленні деталі. Його зміст приводимо як послідовність назв технологічних операцій, використовуваних верстатів та короткий зміст технологічних переходів.

Розроблений маршрут обробки наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Таблиця технологічних маршрутів обробки деталі картер

Маршрутний технологічний процес	
базовий	проектуючий
1	2
001 Транспортна Електрокар Транспортувати заготовки на ділянку механічної обробки	001 Транспортна Електрокар Транспортувати заготовки на ділянку механічної обробки
005 Фрезерна з ЧПУ ГФ2171С5 Спеціальний фрезерний Позиція 1: фрезерувати поверхню, свердлити 4 отвори, зенкерувати 2 отвори, зенкувати 4 фаски, розточити 2 отвори, розточити отвір, фрезерувати внутрішню поверхню, фрезерувати кільцеву канавку, фрезерувати уступ, фрезерувати паз. Позиція 2: фрезерувати поверхню, розточити отвір, фрезерувати кільцеву канавку, фрезерувати уступ, фрезерувати паз.	005 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Розточити отвір (начорно і начисто), підрізати торець (попередньо і кінцево), підрізати дно (начорно і начисто), свердлити отвір, свердлити 6 отворів, зенкувати фаски в 6 отворах, нарізати різьбу в 6 отворах.

1	2
010 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Фрезерувати торець, свердлити отвір наскрізь.	010 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Фрезерувати 4 менші бонки та велику бонку, розточити отвір (начорно і начисто), свердлити 4 отвори, нарізати різьбу в 4 отворах.
015 Токарна 16K25 Токарний Розточити отвір (начорно і начисто)	015 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Фрезерувати торцеву поверхню, розточити отвір (начорно і начисто).
020 Комплексна з ЧПУ IP-500ПМФ4 Обробний центр Позиція 1: Фрезерувати торцеву поверхню, свердлити 6 отворів, зенкувати фаски в 6 отворах, розсвердлити отвір, торцювати дно глухого отвору, розточити отвір (начорно і начисто), фрезерувати кільцеву канавку, точити фаску, розфрезерувати отвір, торцювати дно, фрезерувати виточку, торцювати дно 2 отворів, розточити отвір. Позиція 2: розточити 2 отвори	020 Комплексна з ЧПУ HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ Фрезерувати торець, свердлити отвір наскрізь, нарізати різьбу в отворі.
025 Відділково-розточна 2A715 Відділково-розточний Розточити тонко (попередньо і кінцево), врізати канавку.	025 Відділково-розточна 2A715 Відділково-розточний Розточити тонко попередньо, розточити тонко кінцево, розточити отвір, розточити тонко (попередньо і кінцево), врізати канавку.
030 Відділково-розточна 2A715 Відділково-розточний Розточити тонко попередньо, розточити тонко кінцево, вигладжування, розточити тонко (попередньо і кінцево), врізати канавку.	030 Відділково-розточна 2A715 Відділково-розточний Розточити тонко (попередньо і кінцево), врізати канавку.
035 Свердлильна 2Н135 Свердлильний Свердлити отвір, розсвердлити отвір, зенкувати фаску, розвернути отвір	035 Свердлильна з ЧПУ 2P135Ф2 Свердлильний з ЧПУ Свердлити отвір наскрізь, розсвердлити отвір, нарізати різьбу.
040 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу в отворі.	
045 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу 6 отворах	040 Контрольна Стіл контролера Перевірити розміри
050 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу в отворі.	045 Транспортна Електрокар Транспортувати деталі на дільницю зборки.
055 Свердлильна 2Н125 Свердлильний Нарізати різьбу в 4 отворах.	

1	2
060 Контрольна Стіл контролера Перевірити розміри	
065 Транспортна Електрокар Транспортувати деталі на дільницю зборки.	

Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз починають з чорнової бази - бази на першій операції технологічного процесу, призначення якої - забезпечити отримання чистових технологічних баз для наступних операцій. При виборі чорнової технологічної бази необхідно виходити із забезпечення більш рівномірного зняття припуску з найбільш точних і важливих для деталі поверхонь.

При виборі технологічних баз необхідно керуватися принципами суміщення та постійності баз. При вимушеній зміні баз, доцільно переходити від менш точної базової поверхні до більш точної.

При обробці деталі картер на 005 операції отвір 1 – установча база, отвір 11 – направляюча база, отвір 7 – опорна база (рис. 1.4). На 010 та 015 операціях в якості установчої бази використовується торець великої бонки, отвір - направляюча база, а торцева поверхня є опорною базою. На 020 операції в якості баз використовуються торець великої та меншої бонок, та 2 отвори. На 025 операції в якості базових поверхонь використовуються отвір та вісь. На 030 операції в якості базових поверхонь використовуються торці бонок та отвори. На 035 операції базові поверхні - плоска поверхня та 2 отвори.

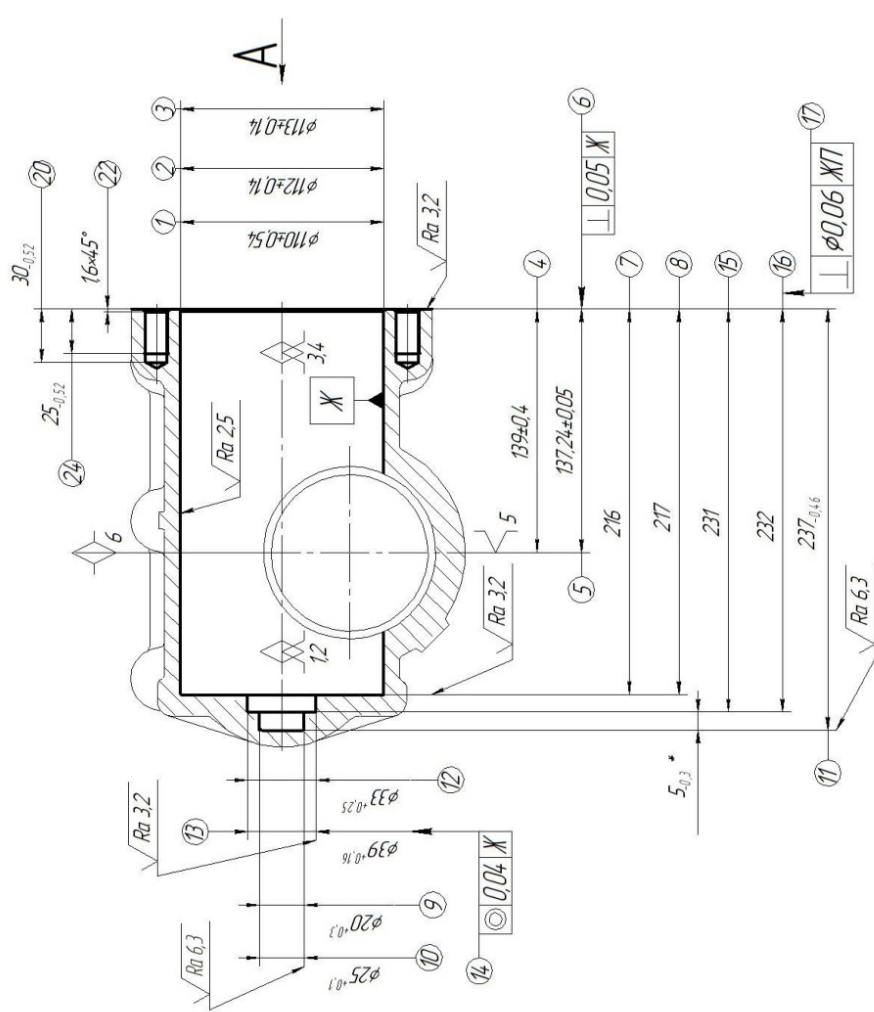
Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір обладнання для їх здійснення

Розробляється структура та зміст кожної операції з зазначенням її номера та найменування на підставі технологічних маршрутів обробки деталей, маршрутів обробки окремих поверхонь та аналізу простановки розмірів з урахуванням технічних вимог до окремих поверхонь,.

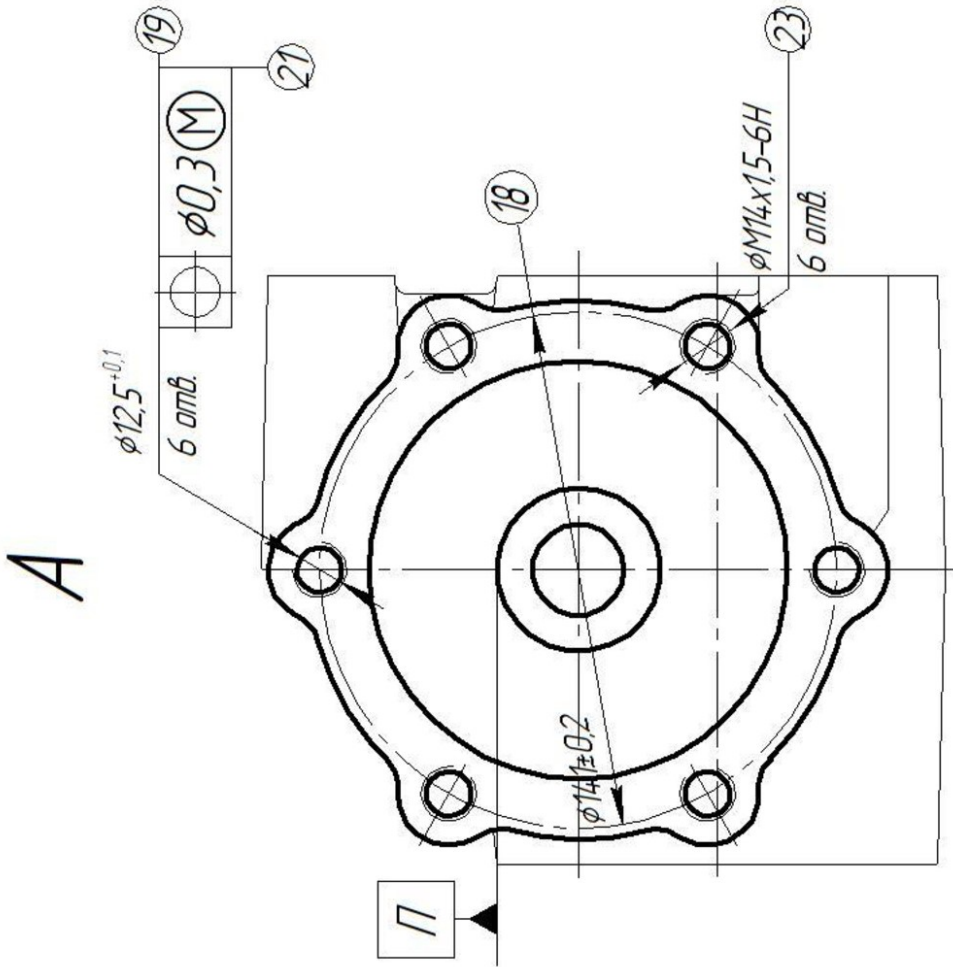
Структура та зміст технологічних операцій деталі картер наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

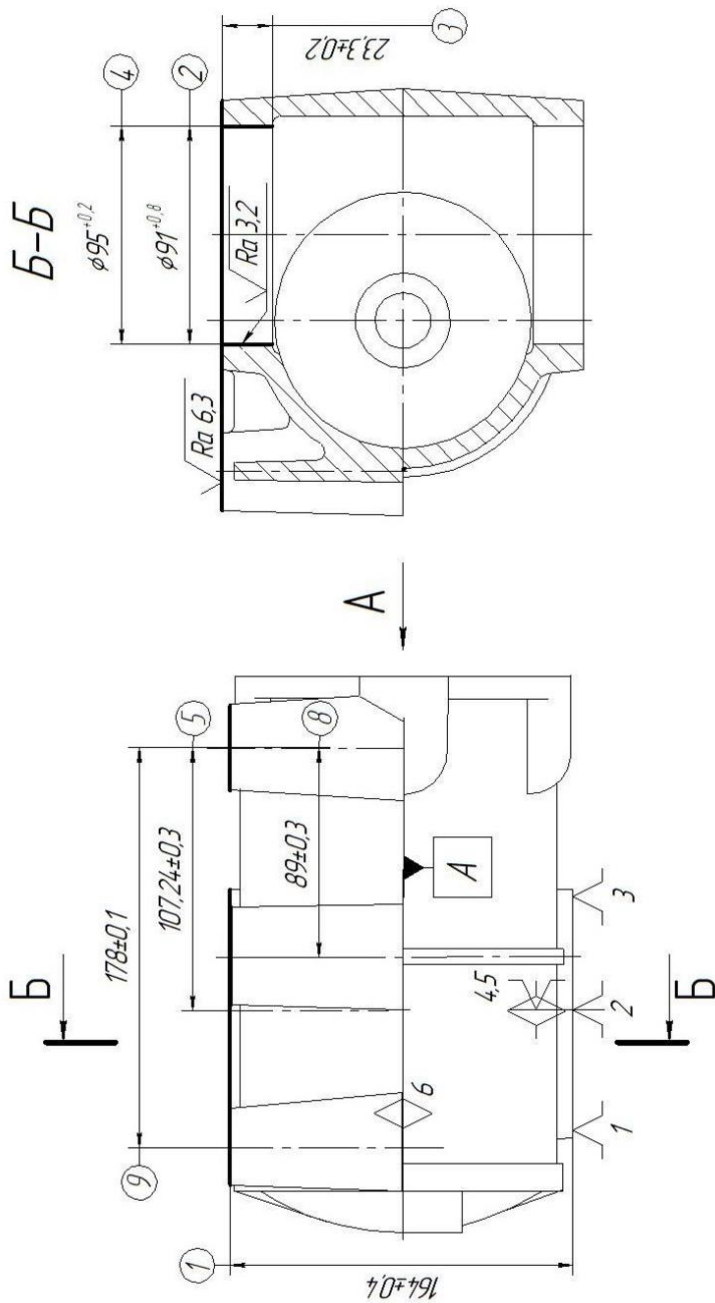
Структура та зміст технологічних операцій обробки картера

№ та назва операції	Модель верс-тату, назва	Операційний ескіз	Зміст операції
1	2	3	4
005 Комплексна 3 ЧПУ	HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр 3 ЧПУ	 * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Розточити отвір начорно, витримуючи розмір 1. 3. Розточити отвір начисто, витримуючи розмір 2. 4. Розточити отвір начисто, витримуючи розмір 3. 5. Підрізати торець попередньо, витримуючи розмір 4. 6. Підрізати торець кінцево, витримуючи розмір 5, допуск 6. 7. Підрізати дно начорно, витримуючи розмір 7. 8. Підрізати дно начисто, витримуючи розмір 8. 9. Свердлити отвір,

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
			втримуючи розмір 9. 10. Розточити отвір кінцево та підрізати дно начорно, витримуючи розміри 10, 11. 11. Розточити отвір начорно, витримуючи розмір 12. 11. Розточити отвір начисто, витримуючи розмір 13, допуск 14. 12. Підрізати дно начорно, витримуючи розмір 15. 13. Підрізати дно начисто, витримуючи розмір 16, допуск 17. 14. Свердлити 6 отворів, витримуючи розміри 18, 19, 20, допуск 21. 15. Зенкувати фаски в 6 отворах послідовно, витримуючи розмір 22. 16. Нарізати різьбу в 6 отворах, витримуючи розміри 23, 24, допуск 21 17. Відкріпити та зняти деталь.

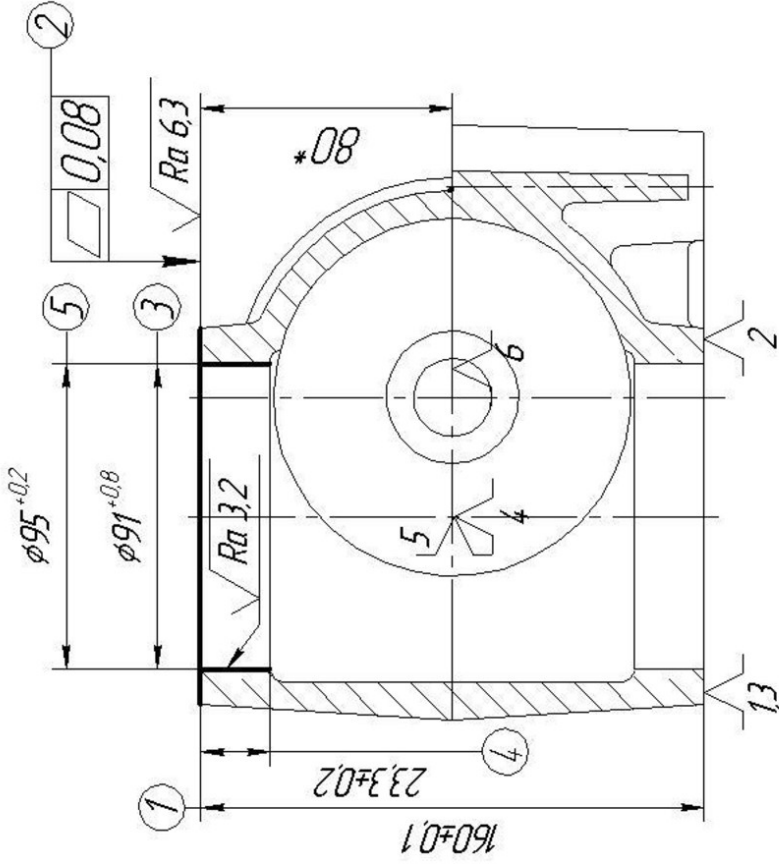
Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
010 Комплексна з ЧПУ	HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ		1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати 4 менші бонки та велику бонку, витримуючи розмір 1. 3. Розточити отвір начорно, витримуючи розміри 2, 3. 4. Розточити отвір начисто, витримуючи розміри 3, 4. 5. Свердлити 4 отвори, витримуючи розміри 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. 6. Зенкерувати 2 отвори, витримуючи розміри 7, 9, 13, 14. 7. Зенкувати 4 фаски, витримуючи розмір 15.

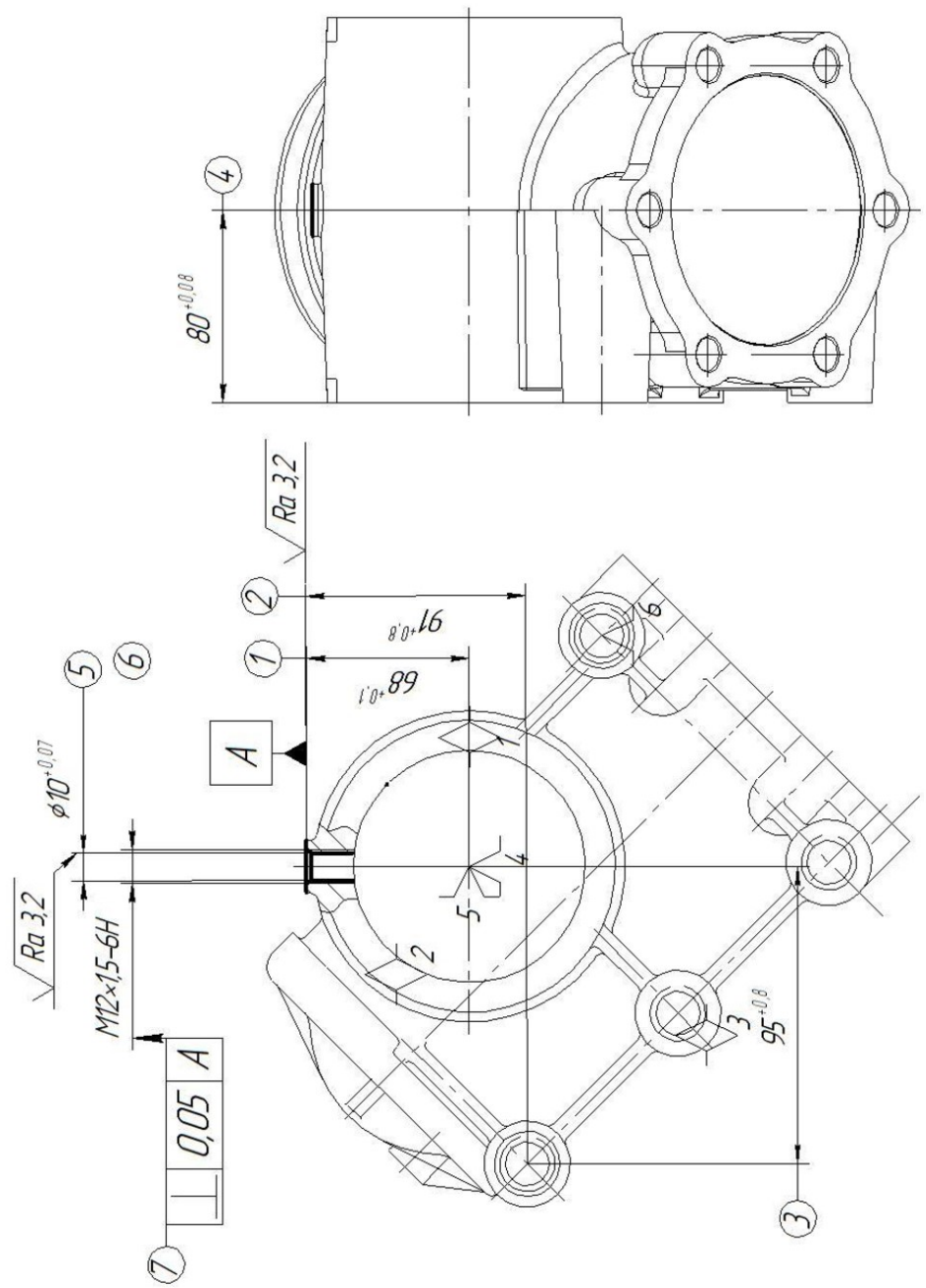
Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
			8. Розточити 2 отвори, витримуючи розміри 7, 9, 14, 16. 9. Нарізати різьбу в 4 отворах, витримуючи розміри 17, 18, 19, допуск 20. 10. Відкріпити та зняти деталь.

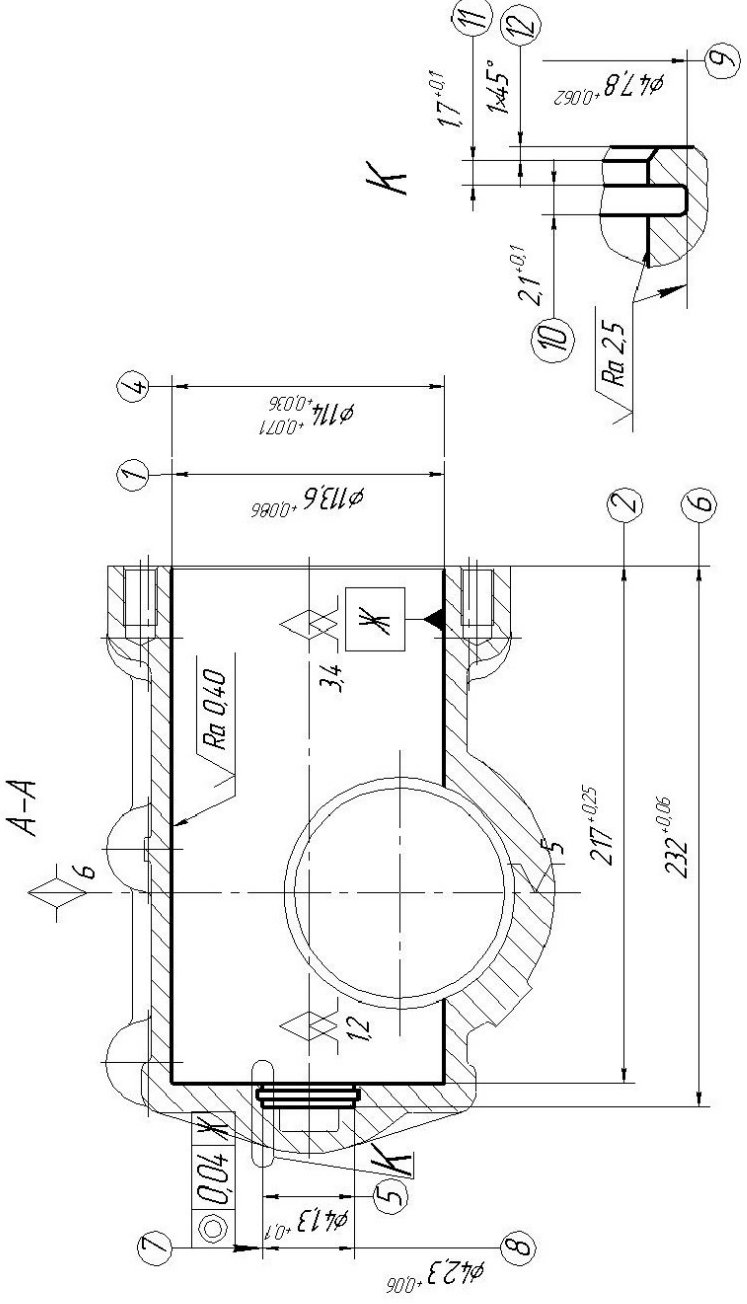
Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
015 Комплексна з ЧПУ	HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ	 * Розміри для довідок	1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати торцеву поверхню, витримуючи розмір 1, допуск 2. 3. Розточити отвір начорно, витримуючи розміри 3, 4. 4. Розточити отвір начисто, витримуючи розміри 4, 5. 5. Відкріпити та зняти деталь.

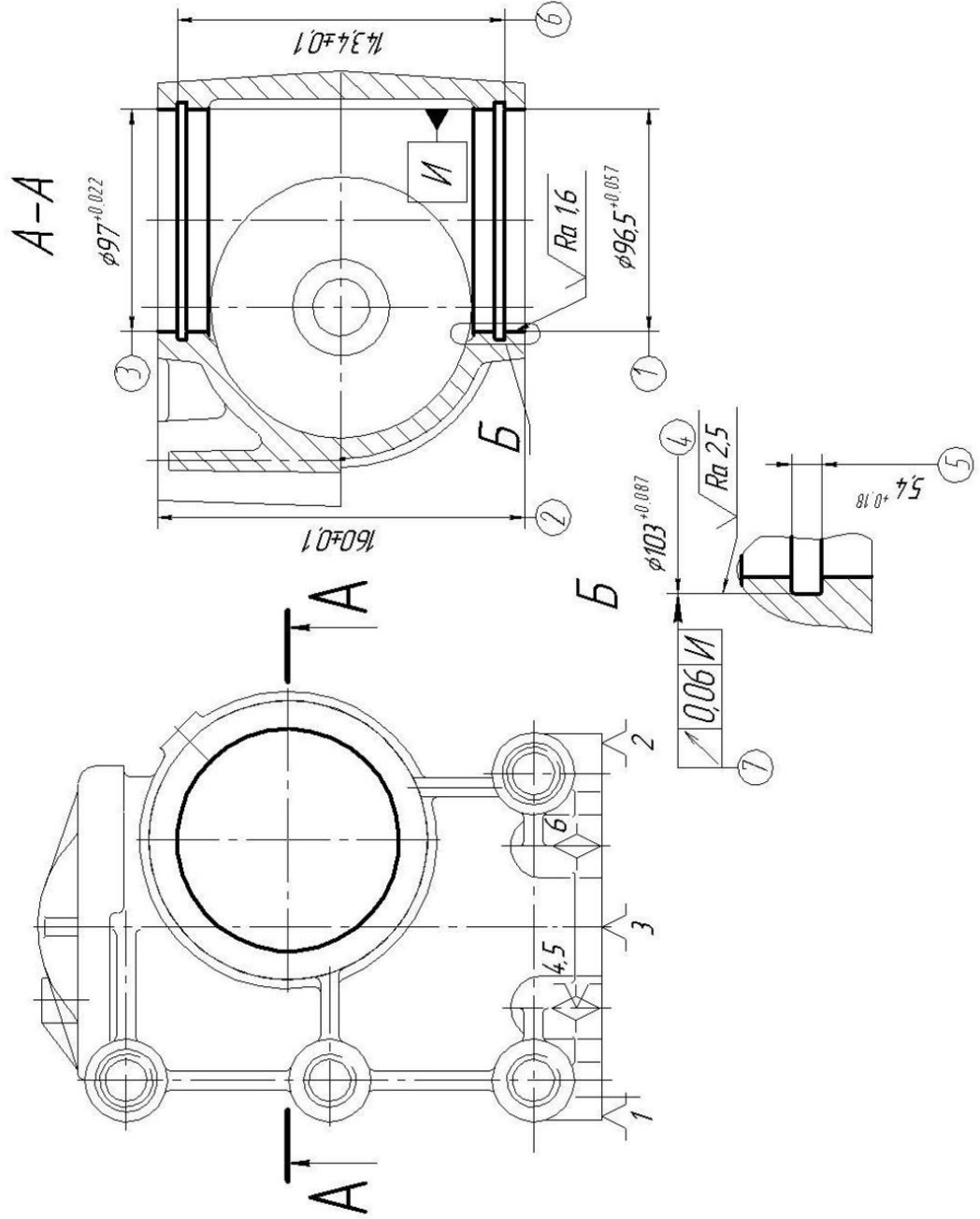
Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
020 Комплексна з ЧПУ	HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ		1. Встановити та закріпити деталь. 2. Фрезерувати торцеву поверхню, витримуючи розмір 1. 3. Зацентрувати отвір, витримуючи розміри 2, 3, 4. 4. Свердлити отвір наскрізь, витримуючи розміри 3, 5. 5. Нарізати різьбу в отворі, витримуючи розміри 3, 6, допуск 7. 6. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження табл. 2.5

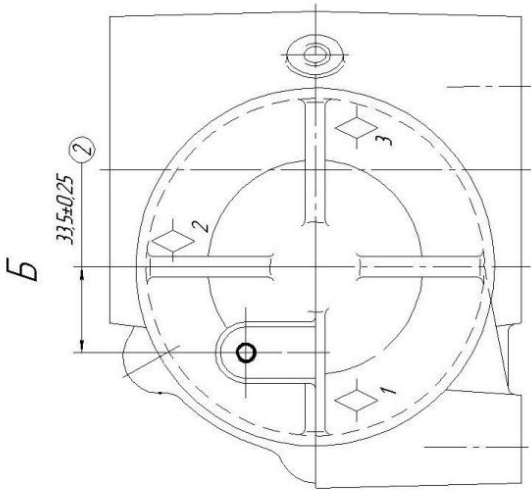
1	2	3	4
025 Відтілково-розточна	2А715 Відтілково-розточний		1. Встановити та закріпити деталь. 2. Розточити тонко поперечно, витримуючи розміри 1, 2. 3. Розточити тонко кінцево, витримуючи розміри 2, 4. 4. Розточити тонко поперечно, витримуючи розміри 5, 6, допуск 7. 5. Розточити тонко кінцево, витримуючи розміри 6, 8, допуск 7. 6. Врізати канавку, витримуючи розміри 9, 10, 11, 12. 7. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
030 Відліково-розточна	2А715 Відліково-розточний		1. Встановити та закріпити деталь. 2. Розточити тонко попередньо, витримуючи розміри 1, 2. 3. Розточити тонко кінцево, витримуючи розміри 2, 3. 4. Врізати канавку, витримуючи розміри 2, 4, 5, 6, допуск 7. 5. Відкріпити та зняти деталь.

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
035 Свердильна з ЧПУ	2P135Ф2 Свердильний з ЧПУ		1. Встановити та закріпити деталь. 2. Зацентрувати отвір, витримуючи розміри 1, 2. 3. Свердлити отвір, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4. 4. Розсвердлити отвір, витримуючи розміри 1, 2, 5, 6, 7, 8. 5. Нарізати різьбу в отворі, витримуючи розміри 1, 2, 4, 9, допуск 10. 6. Відкріпити та зняти деталь.

1	2	3	4
			

Моделі верстатів та їх технічні характеристики вибираємо з каталогів та довідників та наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Металорізальні верстати для обробки деталі картер

№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр обробки (мм)	Ряд частот обертання (хв ⁻¹)	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
005, 010, 015, 020	Обробний центр HS4000	125x320	63-3150	28-790	10,0	5260x2000x1320
025, 030	Відділково-розточний 2A715	-	12,5-2000	1,5-600	10,0	3360x1710x1750
035	Вертикально-свердильний 2P135Ф2	400x1600	12,5-1600	повзд. попер. 25-1250 верт. 8,3-416,6	11,0	1500x1250x2120

Вибір пристроїв для затиску деталі

Затискні пристрої для виконання кожної технологічної операції обирають з урахуванням теоретичної схеми базування деталі та типу виробництва (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Затискні верстатні пристрої для деталі картер

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	3	4
005	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
010	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
015	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
020	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
025	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
030	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний
035	Пристрій затискний	Спец.	Пневматичний

Вибір різальних інструментів

В базовому технологічному процесі застосовується як стандартний різальний інструмент, так і прогресивні різальні інструменти світових виробників.

На 2 та 3 переходах 030 операції виконується чистове розточування переривчастого отвору. Різальним інструментом є антивібраційна розточувальна головка (рис. 2.37), принцип розточування даним інструментом продемонстровано на рис. 2.20, б.

Характеристики вибраного інструменту для обробки поверхонь деталі картер наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі картер

Номер		Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)	Різальна частина
Операції	Переходи			Матеріал
1	2	3	4	5
005	2, 3, 4	Розточувальна головка	ВНС MB80-80X130	TT9020
	5, 6	Фреза торцева	2156-4105	T15K6
	7, 8	Розточувальна головка	ВНС MB80-80X130	TT9020
	9	Свердло Ø20	SHO 3200	TiAlN
	10	Розточувальна головка	TGIUR/L 25-3	TT9020
	11	Розточувальна головка	TGIUR/L 39-3	TT9020
	12, 13	Розточувальна головка	TGEUR/L 3939-3	TT9020
	14	Свердло Ø12,5	ДСТУ 2092:2008	P6M5
	15	Зенківка	2353-0134	P6M5
010	16	Мітчик M14x1,5-6H	4115-4184	P6M5
	2	Фреза торцева	ДСТУ 13785:2008	T15K6
	3	Розточувальна головка	2146-4105	T15K6
	4	Розточувальна головка	2156-4105	T15K6
	5	Свердло Ø18,5	ДСТУ 2092:2008	P6M5
	6	Зенкер	2320-5714	BK8
	7	Зенківка	2353-0136	P6M5
	8	Різець	SDNCN 1616-H11	NC6010
015	9	Мітчик M20x1,5-6H	4120-4184	P6M5
	2	Фреза торцева	ДСТУ 13785:2008	BK8
	3	Розточувальна головка	ВНС MB63-63X109	TT9020
	4	Розточувальна головка	ВНС MB63-63X109	TT9020

1	2	3	4	5
020	2	Фреза торцева	ДСТУ 13785:2008	BK8
	3	Центровочне свердло	ДСТУ 2092:2008	P6M5
	4	Свердло Ø10,5	ДСТУ 2092:2008	P6M5
	5	Мітчик M12x1,5-6H	4120-4184	P6M5
025	2	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020
	3	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020
	4	Розточувальна головка	TGIUR/L 39-3	TT9020
	5	Розточувальна головка	TGIUR/L 39-3	TT9020
	6	Розточувальна головка	TTIR/L 42-8C	TT9020
030	2	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020
	3	Розточувальна головка	BHC MB80-80X130	TT9020
	4	Розточувальна головка	TTIR/L 51,5-5	TT9020
035	2	Центровочне свердло	ДСТУ 2092:2008	P6M5
	3	Свердло Ø6	ДСТУ 2092:2008	P6M5
	4	Свердло Ø10	ДСТУ 2092:2008	P6M5
	5	Мітчик M8-6H	4112-4184	P6M5

На 005 комплексній з ЧПУ та 025 відділково-розточній операціях обробки деталі картер виконується обробка отворів, довжина яких перевищує довжину різального інструменту. Тому для кріплення деяких різальних інструментів на зазначених операціях застосовуються допоміжні інструменти (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

Допоміжні інструменти для механічної обробки деталі картер

№ операції	№ переходу	Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)
1	2	3	4
005	2, 3, 4, 7, 8	Подовжувач	EX 80X160-MB80
	9	Подовжувач	EX 32X50-MB32
025	2	Подовжувач	EX 80X160-MB80

Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Засоби технічного контролю технічних операцій обираємо з урахуванням точності вимірювання, розміру та якості вимірювальної поверхні і типу виробництва. Вибрані засоби технічного контролю деталі картер наведені в таблиці 2.10.

Вимірвальний інструмент і контрольні пристрої для деталі картер

Номер		Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірального інструменту	Стандарт на конструкцію
Операції	Переходу			
1	2	3	4	5
005	2	$\varnothing 110 \pm 0,54$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	3	$\varnothing 112 \pm 0,14$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	4	$\varnothing 113 \pm 0,14$ $\square \quad 0,04 \quad \text{Ж}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1 Контрольне пристосування	ДСТУ 166:2009 Спец.
	5	$139 \pm 0,4$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-160-0,05	ДСТУ 166:2009
	6	$137,24 \pm 0,05$ $\square \quad \sqrt{\quad} \quad 0,05 \quad \text{Ж}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-160-0,05 Контрольне пристосування	ДСТУ 166:2009 Спец.
	7	$216 \pm 0,72$	Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ДСТУ 166:2009
	8	$217^{+0,25}$	Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ДСТУ 166:2009
	9	$\varnothing 20^{+0,3}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	10	$\varnothing 25^{+0,1}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	11	$\varnothing 33^{+0,25}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	12	$\varnothing 39^{+0,16}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	13	$\varnothing 18,5^{+0,2}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	14	$\varnothing 12,5^{+0,1}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	15	$1,6 \times 45^0$	Калібр кутовий	Спеціальний
	16	M14x1,5-6H	Пробка для різі	8221-4014
010	2	$164 \pm 0,4$	Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ДСТУ 166:2009
	3	$\varnothing 91^{+0,8}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	4	$\varnothing 95^{+0,2}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	5	$\varnothing 37^{+0,6}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	6	$\varnothing 18,5^{+0,2}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	7	$1,6 \times 45^0$	Калібр кутовий	Спеціальний
	8	$\varnothing 22^{+0,052}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	9	M20x1,5-6H	Пробка для різі	8222-4015
015	2	$\square \quad \nabla \quad 0,08$ $160 \pm 0,1$	Індикатор Штангенциркуль ШЦЦ II-250-0,05	ДСТУ 9696:2009 ДСТУ 166:2009
	3	$\varnothing 91^{+0,8}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	4	$\varnothing 95^{+0,2}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	2	$68^{+0,1}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
020	3	$\varnothing 9_{-0,1}$ $\varnothing 91^{+0,8}$ $\varnothing 95^{+0,2}$	Калібр-пробка Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1 Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	СТП 23.113.01.073-78 ДСТУ 166:2009 ДСТУ 166:2009
	4	$\varnothing 10,5^{+0,07}$	Калібр-пробка	СТП 23.113.01.073-78
	5	M12x1,5-6H	Пробка для різьби	8222-4015
	2	$\varnothing 113,6^{+0,087}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-160-0,05	ДСТУ 166:2009
025	3	$\varnothing 114^{+0,071}_{+0,036}$	Нутромір	ДСТУ 9244:2009
	4	$\varnothing 41,3^{+0,1}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	5	$\varnothing 42,3^{+0,062}$	Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	ДСТУ 166:2009
	6	$\varnothing 47,8^{+0,062}$	Нутромір	ДСТУ 9244:2009

1	2	3	4	5			
030	2	Ø96 ^{+0,057}	Штангенциркуль ШЦЦ II-162-0,05	ДСТУ 166:2009			
	3	Ø97 ^{+0,022}	Штангенциркуль ШЦЦ II-160-0,05	ДСТУ 166:2009			
	4	Ø103 ^{+0,087}	Штангенциркуль ШЦЦ II-160-0,05	ДСТУ 166:2009			
035	2	Ø12±0,3 27±0,25	Калібр-пробка Штангенциркуль ШЦЦ 1-125-0,1	СТП 23.113. 01.073-78 ДСТУ 166:2009			
	3	Ø6 ^{+0,075}	Калібр-пробка	СТП 23.113. 01.073-78			
	4	Ø10 ^{+0,043} <table border="1"><tr><td>П</td><td>0,25/100</td><td>Ж</td></tr></table>	П	0,25/100	Ж	Калібр-пробка Пристрій для контролю допуску паралельності	СТП 23.113. 01.073-78 Спец.
	П	0,25/100	Ж				
5	M8-6H	Пробка для різі	8218-4015				

Визначення припусків та операційних розмірів

Після вибору плану обробки поверхонь, розробки маршрутної технології, розраховуємо припуски на механічну обробку. Для розрахунку використовуємо методику В.М. Кована [6]. Аналітичне визначення припусків здійснюємо для отвору 3 $\varnothing 42,3^{+0,06}$.

Короблення отвору:

$$\rho_{\text{еїд}} = \Delta_{\text{е}} \cdot l, \text{ мкм}$$

де: $\Delta_{\text{е}}$ - питома кривизна заготовки на 1 мм довжини

$$\rho_{\text{еїд}} = 1 \cdot 69 = 69 \text{ мкм}$$

Сумарний зсув отвору відносно зовнішньої поверхні, мкм:

$$\rho_{\text{ні}} = \delta = 1000$$

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки, мкм:

$$\rho_{\text{с}} = \sqrt{\rho_{\text{ні}}^2 + \rho_{\text{еїд}}^2} = \sqrt{1000^2 + 69^2} = 1002$$

Мінімальний припуск на розточування чорнове, мкм:

$$2Z \min_1 = 2(Rz_0 + T_0 + \rho_0)$$

$$2 \cdot Z \min_1 = 2 \cdot (150 + 250 + 1002)$$

$$2 \cdot Z \min_1 = 2 \cdot 1402$$

Просторове відхилення після розточування чорнового

$$\rho_1 = \rho_{\text{с}} \cdot \hat{E} \phi,$$

де: K_y - коефіцієнт уточнення форми

$$\rho_1 = 1002 \cdot 0,06 = 60 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на розточування чистове, мкм:

$$2Z \min_2 = 2(Rz_1 + T_1 + \rho_1)$$

$$2 \cdot Z \min_2 = 2 \cdot (50 + 50 + 60)$$

$$2 \cdot Z \min_2 = 2 \cdot 160$$

Просторове відхилення після розточування чистового

$$\rho_2 = \rho_3 \cdot Ky$$

$$\rho_2 = 1002 \cdot 0,04 = 40 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на розточування тонке, мкм:

$$2Z \min_3 = 2(Rz_2 + T_2 + \rho_2)$$

$$2 \cdot Z \min_3 = 2 \cdot (30 + 30 + 40)$$

$$2 \cdot Z \min_3 = 2 \cdot 100$$

Максимальний припуск на розточування чорнове, мкм:

$$2Z \max_3 = 2Z \min_3 + \delta_2 - \delta_3$$

$$2Z \max_3 = 2 \cdot (100 + 120 - 30)$$

$$2Z \max_3 = 2 \cdot 190$$

Максимальний припуск на розточування чистове, мкм:

$$2Z \max_2 = 2Z \min_2 + \delta_1 - \delta_2$$

$$2Z \max_2 = 2 \cdot (160 + 400 - 120)$$

$$2Z \max_2 = 2 \cdot 440$$

Максимальний припуск на розточування чистове, мкм:

$$2Z \max_1 = 2Z \min_1 + \delta_0 + \delta_1$$

$$2Z \max_1 = 2 \cdot (1402 + 3000 - 400)$$

$$2Z \max_1 = 2 \cdot 4002$$

Мінімальний розмір після розточування чорнового, мм:

$$D \min_2 = D \min_3 - 2Z \min_3$$

$$D \min_2 = 42,3 - 0,38 = 41,92$$

Максимальний розмір після розточування чорнового, мм:

$$D \max_2 = D \max_3 - 2Z \max_3$$

$$D \max_2 = 42,36 - 0,2 = 42,16$$

Мінімальний розмір після розточування чистового, мм:

$$D_{\min_1} = D_{\min_2} - 2Z_{\min_2}$$

$$D_{\min_1} = 41,92 - 0,88 = 41,04$$

Максимальний розмір після розточування чистового, мм:

$$D_{\max_1} = D_{\max_2} - 2Z_{\max_2}$$

$$D_{\max_1} = 42,16 - 0,32 = 41,84$$

Мінімальний розмір після розточування тонкого, мм:

$$D_{\min_0} = D_{\min_1} - 2Z_{\min_1}$$

$$D_{\min_0} = 41,04 - 4,002 = 37,038$$

Максимальний розмір після розточування тонкого, мм:

$$D_{\max_0} = D_{\max_1} - 2Z_{\max_1}$$

$$D_{\max_0} = 41,84 - 1,402 = 40,438$$

Середній операційний припуск на розточування тонке, мм:

$$\Delta Z_3 = \frac{Z_{\max_3} + Z_{\min_3}}{2}$$

$$\Delta Z_3 = \frac{0,2 + 0,38}{2} = 0,29$$

Середній операційний припуск на розточування чистове:

$$\Delta Z_2 = \frac{Z_{\max_2} + Z_{\min_2}}{2}$$

$$\Delta Z_2 = \frac{0,32 + 0,88}{2} = 0,6$$

Середній операційний припуск на розточування чорнове:

$$\Delta Z_1 = \frac{Z_{\max_1} + Z_{\min_1}}{2}$$

$$\Delta Z_1 = \frac{1,402 + 4,002}{2} = 2,7$$

Глибина різання на розточування тонке, мм:

$$t_3 = Z_{\min_3} + \frac{5(Z_{\max_3} - Z_{\min_3})}{6}$$

$$t_3 = 0,2 + \frac{5(0,38 - 0,2)}{6} = 0,35$$

Глибина різання на розточування чистове, мм:

$$t_2 = Z_{\min 2} + \frac{5(Z_{\max 2} - Z_{\min 2})}{6}$$

$$t_2 = 0,32 + \frac{5(0,88 - 0,32)}{6} = 0,78$$

Глибина різання на розточування чорнове, мм:

$$t_1 = Z_{\min 1} + \frac{5(Z_{\max 1} - Z_{\min 1})}{6}$$

$$t_1 = 1,402 + \frac{5(4 - 1,402)}{6} = 3,6$$

Всі розраховані значення припусків та допусків для даної поверхні заносимо в карту розрахунків (табл. 2.12).

Таблиця 2.11

Карта розрахунку припусків на оброку поверхні

Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	250	1820		40	3000	37	40		
Розточування чорнове	50	50	1002	2·1402	41,8	400	41,04	41,84	1402	4002
Розточування чистове	30	30	60	2·160	42,1	120	41,92	42,16	160	440
Розточування тонке	10	20	40	2·100	42,36	30	42,3	42,36	100	190

Схему графічного розташування припусків і допусків для поверхні $\varnothing 42,3^{+0,06}$ див. на рис. 2.1.

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо за довідковими таблицями. Вибрані величини припусків подано в таблиці 2.12.

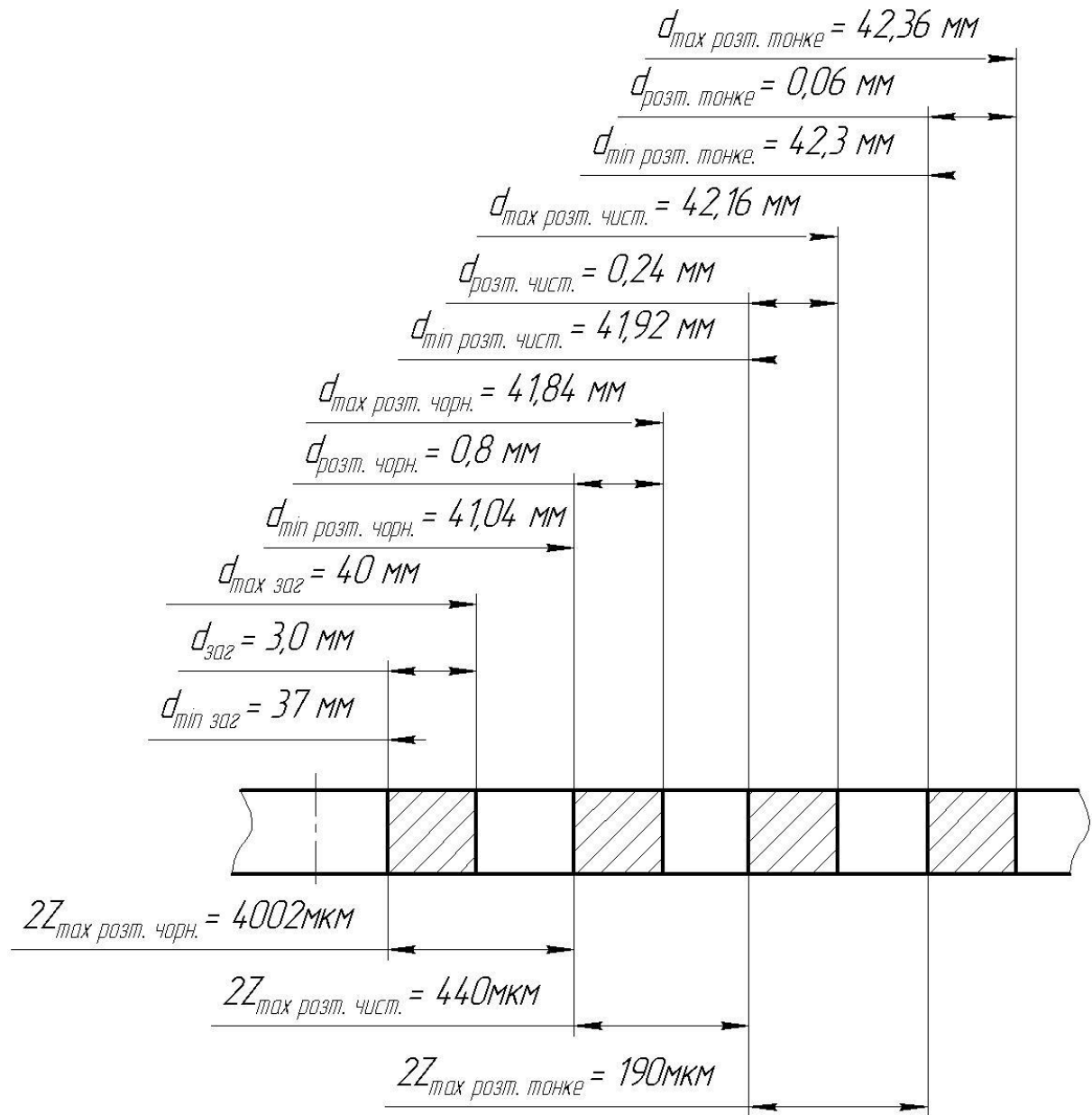


Рис. 2.1. Схема графічного розташування припусків і допусків для поверхні

$\varnothing 42,3^{+0,06}$

Таблиця 2.12

Зведена таблиця припусків на обробку деталі картер

№ пов-ні	Найменування поверхні	Припуск Z_{min} , мм	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4
1	Отвір	4	0,035
2	Торець	4	0,25
3	Отвір	8,65	0,062
4	Фаска	1	0,5
5	Отвір	12,5	0,1
6	Канавка	2,75	0,062
7	Бічна поверхня	4	0,1
8	Різьбовий отвір	M12x1,5-6H	
9	6 різьбових отворів	M14x1,5-6H	

1	2	3	4
10	Торець	4	0,05
11	Отвір	5	0,022
12	Фаска	1,5	0,5
13	Канавка	3	0,087
14	Торець	4	0,2
15	Різьбовий отвір	M20x1,5-6H	
16	Отвір	5	0,043
17	Фаска	1	0,5
18	Різьбовий отвір	M8-6H	
19	Торець	3	0,46
20	Торець	4	0,06

Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання здійснюємо розрахунково-аналітичним методом для операції 015 Комплексна з ЧПУ. На решту операцій елементи режимів різання визначаємо за нормативними документами (довідниками та виробничими нормативами). Визначені величини елементів режимів різання заносимо в таблицю 2.13.

На 015 комплексній з ЧПУ операції виконується:

- фрезерування площини;
- чорнове розточування отвору;
- чистове розточування отвору.

Розраховуємо режими різання для 2 переходу 015 операції – фрезерування торцевої поверхні.

- глибина фрезерування $t = 4$ мм
- ширина фрезерування $B = 122$ мм

Швидкість різання, м/хв.:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot (S_z)^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

де: $C_v = 445$, $q = 0,2$, $x = 0,15$, $y = 0,35$, $u = 0,2$, $p = 0$, $m = 0,32$ [6];

T - період стійкості інструменту, $T = 250$ хв;

S_z - подача на зуб фрези, $S_z = 0,32$;

z - число зубців фрези;

K_v - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$\hat{E}_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

де: K_{mv} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, $K_{mv} = 1$;

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, $K_{nv} = 0,85$;

K_{uv} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{uv} = 0,83$

$$K_v = 1 \cdot 0,85 \cdot 0,83 = 0,7$$

$$V = \frac{445 \cdot 122^{0,2}}{250^{0,32} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,32^{0,35} \cdot 122^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,7 = 64,6 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів шпинделя, об/хв.:

$$\ddot{i} = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 64,6}{\pi 122} = 168,6$$

Фактична швидкість, м/хв.:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 122 \cdot 168,6}{1000} = 64,5$$

Колова сила різання, Н:

$$Dz = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot (S_z)^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp},$$

де: $C_p = 491$, $x = 1,0$, $y = 0,75$, $u = 1,1$, $q = 1,3$, $w = 0,2$;

z - число зубців фрези;

k_{mp} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, $k_{mp} = 1$

$$Dz = \frac{10 \cdot 491 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,32^{0,75} \cdot 122^{1,1} \cdot 16}{122^{1,3} \cdot 168,6^{0,2}} \cdot 1 = 18398$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{18398 \cdot 64,5}{1020 \cdot 60} = 19,3$$

Крутний момент, Н·м:

$$\dot{I}_\varepsilon = \frac{Pz \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{18398 \cdot 122}{2 \cdot 100} = 11223$$

Розраховуємо режими різання для 3 переходу 015 операції – чорнового розточування отвору.

- глибина розточування $t = 3 \text{ мм}$

Швидкість різання, м/хв.:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

де: $C_v = 292$, $x = 0,15$, $y = 0,2$, $m = 0,2$;

T - період стійкості інструменту, хв.;

s - подача;

K_v - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$\hat{E}_v = K_{\hat{a}_v} \cdot K_{\hat{i}_v} \cdot \hat{E} \hat{e}_v \cdot K_{\varphi_v} = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,7 = 0,465$$

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,465 = 63,36$$

Кількість обертів шпинделя, об/хв.:

$$\ddot{i} = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 63,36}{\pi 91} = 221,7$$

Фактична швидкість, м/хв.:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 91 \cdot 221,7}{1000} = 63,3$$

Тангенціальна сила різання, Н:

$$P_z = 10 \cdot C_{p_z} \cdot t^{x_{p_z}} \cdot s^{y_{p_z}} \cdot v^{n_{p_z}} \cdot K_{p_z},$$

де: $C_p = 100$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = 0$;

$$P_z = 10 \cdot 100 \cdot 3^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 63,3^0 \cdot 1 \cdot 0,89 = 1343$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1343 \cdot 63,3}{1020 \cdot 60} = 1,4$$

Розраховуємо режими різання для 4 переходу 015 операції – чистового розточування отвору.

- глибина розточування $t = 2$ мм

Швидкість різання, м/хв.:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,465 = 77,68$$

Кількість обертів шпинделя, об/хв.:

$$n = \frac{1000 \cdot 77,68}{\pi 97} = 255$$

Фактична швидкість, м/хв.:

$$V = \frac{3,14 \cdot 97 \cdot 255}{1000} = 77,6$$

Тангенціальна сила різання, Н:

$$P_z = 10 \cdot 100 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 77,6^0 \cdot 1 \cdot 0,89 = 532$$

Потужність різання, кВт:

$$N = \frac{532 \cdot 77,6}{1020 \cdot 60} = 0,7$$

Таблиця 2.13

Режими різання на операціях механічної обробки деталі картер

Номер		t, мм	S _{мм/об} S _{мм/хв}	V м/хв	n, хв. ⁻¹	t _о , хв
опе- рації	пере- ходу					
1	2	3	4	5	6	7
005	2	2	0,7	132	315	12,676
	3	1	0,2	250	630	
	4	0,5	0,1	295	800	
	5	2	0,5	84	160	
	6	1,76	0,2	112	200	
	7	3	0,8	179	500	
	8	1	0,2	250	630	
	9	10	0,5	22	710	
	10	2,5	0,4	104	1000	
	11	4	0,9	93	800	
	12	3	1,1	117	1000	
	13	1	0,2	250	1600	
	14	6,25	0,5	22	710	
	15	1,6	0,5	19,7	400	
	16	1,5	0,09	14,5	290	
010	2	4	0,15	49,5	63	7,236
	3	3	0,4	63,3	200	
	4	2	0,2	77,6	250	
	5	9,25	0,5	22	710	
	6	1,6	0,1	27,2	400	
	7	0,25	0,1	60	710	
	8	0,15	0,1	34,5	500	
	9	0,75	0,09	14,5	290	
015	2	4	0,15	49,5	63	1,7
	3	3	0,4	63,3	200	
	4	2	0,2	77,6	250	
020	2	4	25	50	63	1,42
	3	4,5	0,5	17	500	
	4	5,25	0,5	22	710	
	5	1,5	0,09	14,5	290	
025	2	0,3	0,3	167	500	5,95
	3	0,2	0,2	125	315	

Продовження табл. 2.13

1	2	3	4	5	6	7
025	4	1,15	0,25	148	1000	
	5	1	0,16	188	1250	
	6	2,75	0,3	132	800	
030	2	0,75	0,21	167	500	0,548
	3	0,25	0,16	188	630	
	4	3	0,35	117	315	
035	2	6	0,5	17	500	0,595
	3	3	0,5	22	710	
	4	2	0,3	22	710	
	5	1	0,09	14,5	290	

Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання операцій в масовому та серійному виробництві визначають розрахунково-аналітичним методом

$$t_{шт.к} = t_o + t_{дон} + t_{ТО} + t_{орг.об} + \frac{T_{пз}}{n}$$

де: $T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, хв.

$t_o, t_{дон}, t_{ТО}, t_{орг.об}$ – час основної, допоміжної роботи, техобслуговування та організаційного обслуговування, хв.

n - розмір партії, шт. $n=625$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.14.

Таблиця 2.14

Норми часу на обробку деталі картер

№ операції	t_o , хв.	$t_{дон}$, хв.	$t_{ТО}$, хв.	$t_{орг.об.}$, хв.	$t_{від}$, хв.	$T_{шт.}$, хв.	$T_{пз}$, хв.	$T_{шт.к.}$, хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	14,98	7,47	0,04	0,04	0,04	22,57	12	22,69
010	10,01	5,46	0,02	0,02	0,02	15,53	9	15,61
015	1,7	2,5	0,06	0,09	0,09	4,44	8	4,45
020	1,42	1,2	0,03	0,04	0,04	2,73	8	2,74
025	5,95	3,2	0,04	0,03	0,02	9,24	8	9,25
030	0,548	1,1	0,03	0,03	0,01	1,718	6	1,73
035	0,595	1,3	0,03	0,05	0,04	2,015	6	2,02

3.3. Висновки

Розроблений технологічний процес виготовлення деталі картер забезпечує необхідні параметри точності та якості поверхонь, забезпечує застосування методів розточування отворів, розточувальних інструментів. У розробленому технологічному процесі 7 операцій механічної обробки, замість 11 операцій базового технологічного процесу. Застосовано прогресивні різальні інструменти для розточування отворів. За рахунок раціоналізації технологічного процесу зменшилася кількість металорізальних верстатів. За рахунок оптимізації режимів різання, зменшено час на обробку деталі картер.

Вибрано металорізальні верстати, затискні, допоміжні та вимірювальні пристрої, різальні інструменти, які забезпечують логічну послідовність обробки та виготовлення деталі картер. Розраховано припуски, режими різання та норми часу.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТРОЇВ

4.1. Розробка та розрахунок пристрою затискного

Затискний пристрій (рис. 4.1) використовується для закріплення деталі картер на відділково-розточному верстаті мод. 2А715 при виконанні операцій розточування отвору та врізання канавки.

Пристрій складається зі столу 18, на якому розміщений пневмоциліндр, що включає в себе шток з клином 7, поршень 11, ролик 9.

Крім описаних деталей пристрій обладнано кришками 1 і 2 комплектами ущільнювачів 15, 50. Також пристрій має два пальці 28,29, приварену стійку 17, та відкидний болт 30, прихват 8 з прикріпленою до нього п'ятою 22, для встановлення та базування деталі.

Пристрій працює наступним чином: деталь базується по двом отворам та площині за допомогою пальців 28, 29. Після цього вмикається пневмокран і стисле повітря подається в безштокову порожнину циліндра, який за допомогою клинового штоку взаємодіє з роликом плунжерного механізму, який в свою чергу з'єднаний відкидним болтом та гайкою 41, з прихватом, що прижимає деталь. Сила затиску забезпечує нерухомість деталі при фрезеруванні торцю.

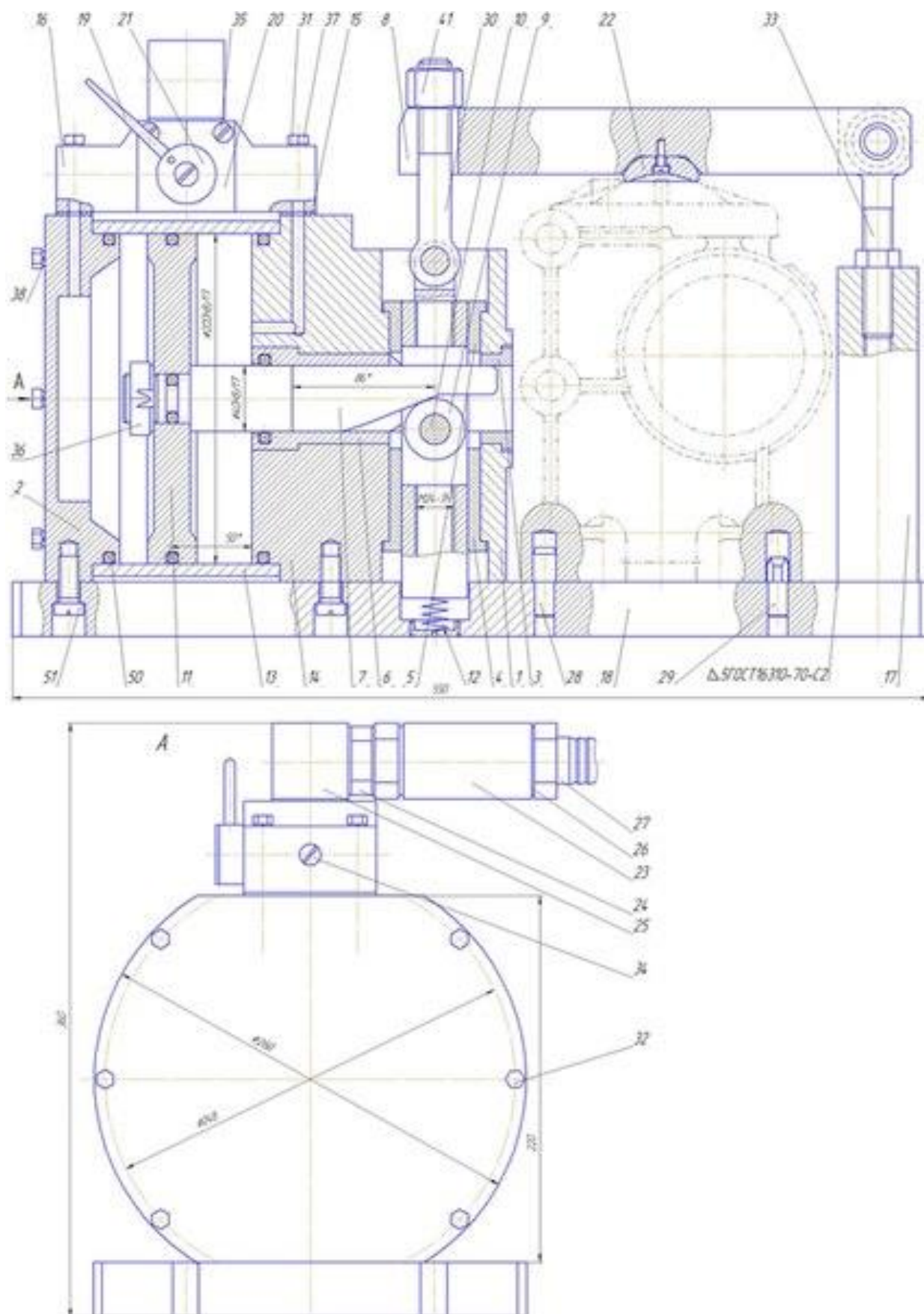


Рис. 4.1. Пристрій затискний

Розрахунок сили затиску деталі

Для розглядаємого прикладу прийнятною є розрахункова схема рис. 3.2.

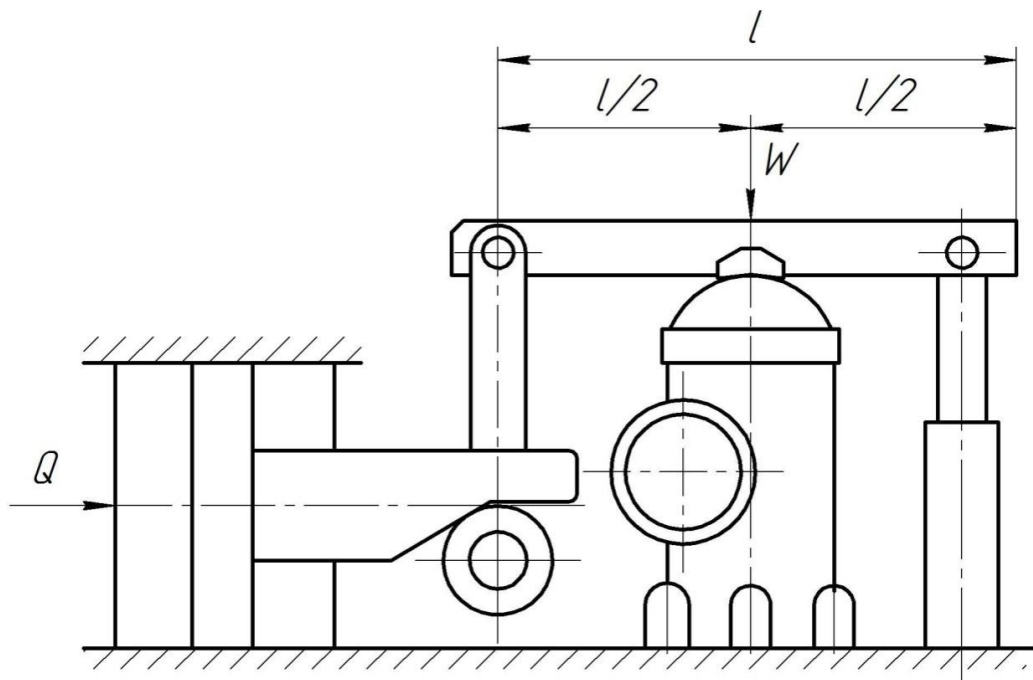


Рис. 4.2. Розрахункова схема

З рівняння рівноваги важеля (рис. 4.2.) знаходимо необхідну і достатню силу затиску, Н на приводі важільного механізму:

$$\sum M_B = 0 \quad W \cdot l_2 - Q \cdot (l_1 + l_2) = 0 \quad W \cdot l_2 = Q \cdot (l_1 + l_2)$$
$$W = \frac{Q \cdot (l_1 + l_2)}{l_2} \cdot \eta$$

Необхідна і достатня сила затиску, Н

$$W = \frac{P_h \cdot f + K \cdot P_v}{2 \cdot f}$$

де: P_h _ горизонтальна складова сили різання;

K - коефіцієнт запасу;

P_v _ вертикальна складова сили різання;

f – коефіцієнт тертя

$$W = \frac{108,4 \cdot 0,16 + 2,59 \cdot 94,85}{2 \cdot 0,16} = 785 \text{ Н}$$

Вибір типу силового приводу, розрахунок параметрів силового приводу

Сила на приводі:

$$Q = \frac{W \cdot l_2}{(l_1 + l_2)} \cdot \eta$$

так як з креслення видно $l_1 = l_2$, то

$$Q = \frac{W}{2} \cdot \eta = \frac{785}{2 \cdot 0,95} = 413,15$$

Сила на штоку пневмоциліндра, Н:

$$Q_{\text{ш}} = Q / i$$

де: i – передаточне відношення клиноплунжерного механізму

$$i = \frac{1 - \tan(\alpha + \phi_{np}) \cdot \tan(\phi_{2np})}{\tan(\alpha + \phi_{np}) + \tan(\phi_{1np})} = 1,75$$

Звідси сила на штоку циліндра становить:

$$Q_{\text{ш}} = 413,15 / 1,75 = 236,08 \text{ Н}$$

Діаметра пневмоциліндру, см:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\rho \pi \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 236,08}{5 \cdot 3,14 \cdot 0,85}} = 19,8$$

приймаємо $D_{\text{ц}} = 200 \text{ мм}$.

Як видно з розрахунків, при однаковій силі різання, змінюючи схеми затиску деталі, зменшується сила на штоку циліндра. Це дає можливість зменшити діаметр поршня пневмоциліндра, тим самим знизити металомісткість пристосування та його вартість.

Розрахунок пристрою на міцність

Вісь виготовлена зі сталі. Вісь не передає крутного моменту, а тільки поперечні навантаження, тому розраховуються на згин.

Розрахункова формула:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{и}}}{0,1 \cdot [\delta u]}}$$

де: $M_{\text{и}}$ – згинаючий момент;

$[\delta u] = 700$ допустиме напруження згину для сталей.

На вісь діє сила затиску, яка з попередніх розрахунків становить

$$Q = 413,15 \text{ Н}$$

Як видно з епюри згинаючих моментів (рис. 4.3.), навантаження діє по середині відрізка АВ, тобто реакції опор А та В рівні і становлять:

$$A = B = \frac{Q}{2} = 413,15 / 2 = 206,575 \text{ Н}$$

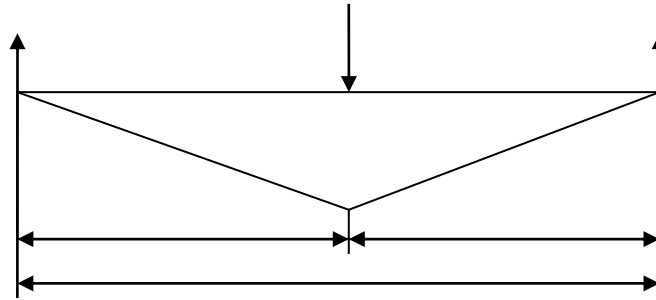


Рис. 4.3. Епюра згинаючих моментів

Згинаючий момент в даному випадку складає:

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot A \cdot Q = 150 \cdot 206,575 = 30986,25 \text{ Н} / \text{мм}^2$$

Звідси знаходимо мінімальний діаметр вісі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_u}{0,1 \cdot |\delta u|}} = \sqrt[3]{\frac{30986}{0,1 \cdot 700}} = 7,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $d=12\text{мм}$.

4.2. Розробка конструкції та розрахунок пристрою контрольного

Опис конструкції та роботи пристрою

Контрольний пристрій індикаторного типу (рис. 4.4) застосовується для контролю відхилень від циліндричності $0,03 \text{ мм } \varnothing 114\text{F7}$, розміру $38_{-0,05}$ в деталі картер.

Пристрій працює наступним чином: контролюєма деталь встановлюється на палець, замір величини співвісності отворів до поверхні деталі виконується важелем та передається на вимірювальний наконечник індикатора. Вимірювальний наконечник важеля постійно підтиснутий до вимірювальної поверхні деталі за допомогою пружини.

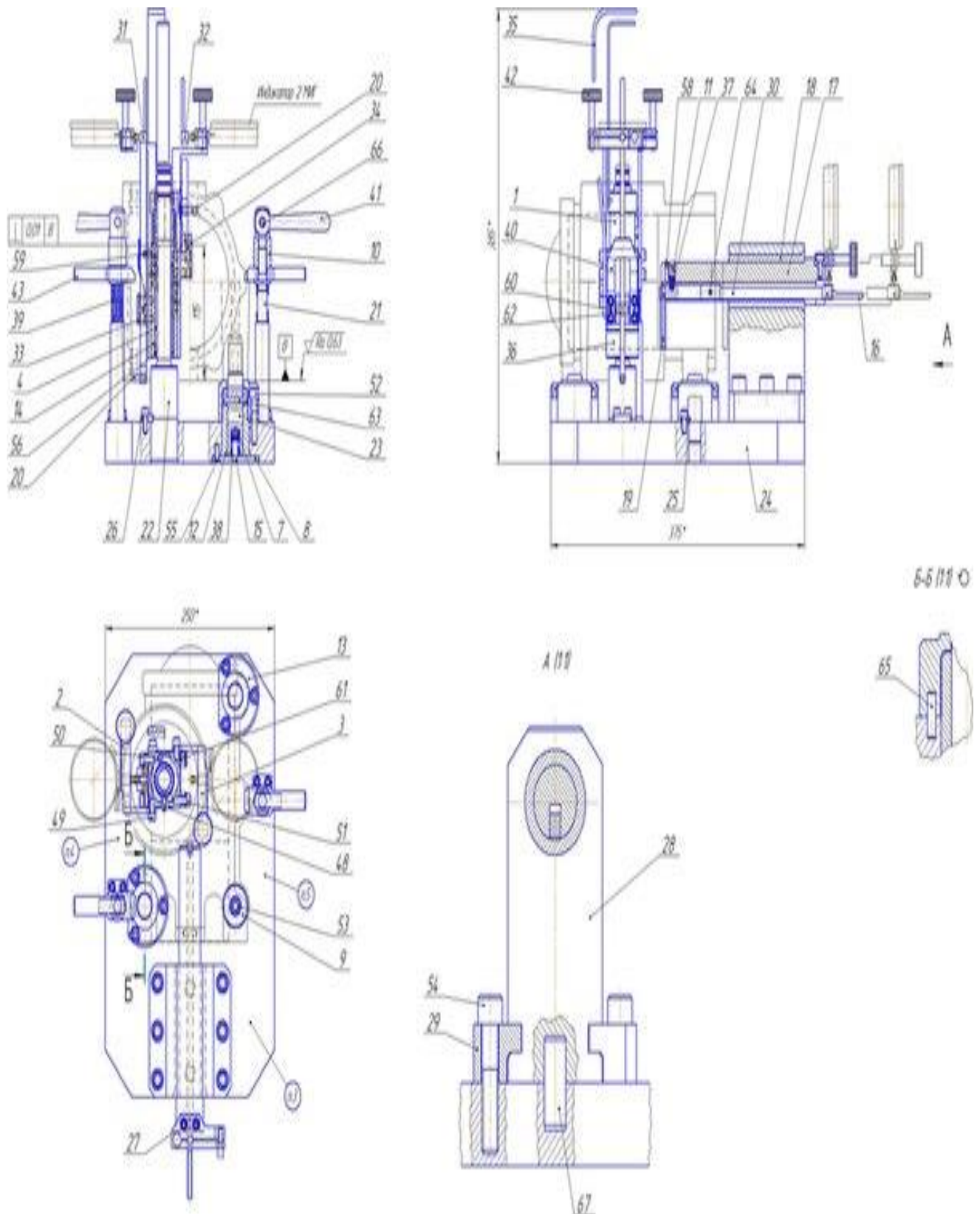


Рис. 4.4. Конструкція контрольно-вимірювального пристрою:

1 - захват, 2 - кронштейн лівий, 3 - кронштейн правий, 4 - втулка направляюча,
 7 - п'ята, 8 - кришка, 9 - опора, 10 - гайка, 11 - гвинт, 12 - втулка, 13 - опора,
 14 - гільза, 15 - штир, 16 - ручка, 17 - оправка, 18 - втулка, 19, 20 - ніжки,
 21 - шпилька, 22 - оправка, 23 - палець базовий, 24 - основа, 25, 26 - фіксатори,

27 - кронштейн, 28 - стійка, 29 - прихват, 30 - важіль, 31- важіль правий, 32 - важіль лівий, 33 - планка ліва, 34 - планка права, 35,41- ручка, 36 - корпус, 37,38,39,40 - пружина.

Пружинна головка повинна бути жорстко встановлена в цанзі, вимірювальний наконечник повинен щільно притискатись до важеля. При натисканні на вимірювальний наконечник важеля, стрілка індикатора повинна відхилятися від свого положення. Картер встановити в контрольний пристрій та піднести його до вимірювального наконечника важеля та до базової поверхні кільця до упору. Вимірювати деталь в декількох місцях. Принцип виміру базується на вимірюванні відхилень від співвісності твірної поверхні від базової поверхні деталі. Деталь вважається придатною при відхиленні стрілки індикатора не більше ніж на три поділки.

Визначення похибок вимірювання і перевірка умов працездатності пристрою

Перевірку умов працездатності контрольного пристрою визначаємо за формулою:

$$\sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\sigma\delta}^2 + \Delta_{nn}^2 + \Delta_{\sigma z}^2 + \Delta_{\sigma z\sigma}^2 + \Delta_{\sigma id}^2} \leq [\Delta_{вим}],$$

де: Δ_{σ} – похибка базування контрольованої деталі, $\Delta_{\sigma} = 0$;

$\Delta_{\sigma\delta}$ – похибка встановлення деталі, $\Delta_{\sigma\delta} = 0,001 \text{ мм}$;

Δ_{nn} – похибка передавального пристрою, $\Delta_{nn} = 0,002 \text{ мм}$;

$\Delta_{\sigma z}$ – похибка вимірювального засобу, $\Delta_{\sigma z} = 0,0005 \text{ мм}$;

$\Delta_{\sigma z\sigma}$ – похибка встановлення засобу вимірювання, $\Delta_{\sigma z\sigma} = 0,0009 \text{ мм}$;

$\Delta_{\sigma id}$ – похибка відліку, $\Delta_{\sigma id} = 0$

$[\Delta_{вим}]$ – допустима похибка вимірювання, $[\Delta_{вим}] = 0,0025 \text{ мм}$.

Тоді:

$$\sqrt{0,001^2 + 0,002^2 + 0,0005^2 + 0,0009^2} = 0,0024 \text{ мм}$$

Умова виконується.

4.3. Висновки

Розроблена конструкція пристрою затискного дає можливість швидкого та надійного закріплення картеру під час його обробки на металообробній операції, що має вплив на точність та якість виготовлення деталі.

Розроблена конструкція контрольного пристрою, який призначений для контролю відхилення від циліндричності отворів.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

5.1. Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнту його завантаження

Потрібну кількість робочих місць на усіх операціях технологічного процесу механічної обробки деталі «картер» визначимо за формулою:

$$q_{p(i)} = \frac{N_z \cdot t_{um(i)}}{F_{\text{дрм}} \cdot 60 \cdot k_{\text{с}}},$$

де $t_{um(i)}$ - штучний час i -ої операції, хв.;

$F_{\text{дрм}}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин:

$$F_{\text{дрм}} = F_n \cdot S \cdot (1 - 0,01 \cdot f),$$

де F_n - номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання в одну зміну, год. (визначається за календарем з урахуванням кількості святкових та вихідних днів у поточному році, а також 8-годинній тривалості зміни);

S - режим (кількість змін) роботи цеху;

f - регламентований процент втрат робочого часу, пов'язаний з плановими простоями обладнання під час планових ремонтів та міжремонтного обслуговування. Для механообробного обладнання величина f може складати 8-10% [3, с. 4].

$$F_{\text{дрм}} = (365 - 104 - 11) \cdot 8 \cdot 2 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 3680 \text{ год.}$$

$k_{\text{с}}$ - нормативний коефіцієнт виконання норм часу (приймається у розмірі 1,01-1,1 згідно з [3, с. 4]).

На операції 005 техпроцесу:

$$q_{p(1)} = \frac{7500 \cdot 22,69}{3680 \cdot 60 \cdot 1,01} = 0,76$$

Аналогічно виконані розрахунки по інших операціях техпроцесу зведемо до табл. 5.1.

Коефіцієнт завантаження обладнання по кожній деталі-операції:

$$\eta_{z(i)} = \frac{q_{p(i)}}{q_{np(i)}}$$

де $q_{np(i)}$ - прийнята (ціла) кількість робочих місць.

Так, наприклад, на операції 005 техпроцесу:

$$\eta_{3(1)} = \frac{0,76}{1} = 0,76.$$

Аналогічно виконані розрахунки по інших операціях техпроцесу зведемо до табл. 5.1.

Середній коефіцієнт завантаження робочих місць на усіх операціях технологічного процесу виготовлення деталі:

$$\bar{\eta}_3 = \frac{\sum_{i=1}^m q_{p(i)}}{\sum_{i=1}^m q_{np(i)}} = \frac{1,96}{8} = 0,25$$

де m - кількість операцій технологічного процесу.

Таблиця 5.1

Розрахунок завантаження обладнання

№ операції	Найменування операції	t_{um} , хв.	Кількість обладнання		η_3	$\bar{\eta}_3$
			q_p	q_{np}		
005	Комплексна з ЧПУ	22,69	0,76	1	0,76	0,28
010	Комплексна з ЧПУ	15,61	0,52	1	0,52	
015	Комплексна з ЧПУ	4,45	0,15	1	0,15	
020	Комплексна з ЧПУ	2,74	0,09	1	0,09	
025	Відділково-розточна	9,24	0,31	1	0,31	
030	Відділково-розточна	1,73	0,06	1	0,06	
035	Свердлильна з ЧПУ	2,02	0,07	1	0,07	
	Всього	58,48	1,97	7	1,97	

Середній коефіцієнт завантаження обладнання цеху складає 0,28, що відповідає великосерійному типу виробництва [3, дод. Д1].

5.2. Розрахунок календарно-планових нормативів

До календарно-планових нормативів серійного виробництва належать:

- розмір партії деталей;
- кількість запусків партії деталей;
- періодичність (ритм) запуску-випуску партії деталей;

- тривалість операційних та технологічних циклів обробки деталей;
- розмір циклового запасу деталей.

Розмір партії деталей розраховуємо у два етапи: спочатку визначимо розрахунковий розмір партії, а потім цю величину скорегуємо з урахуванням виробничих умов.

Для визначення розрахункового розміру партії деталей n_p скористаємося другим методом [3, с. 5], який застосовується у тому разі, коли в технологічному процесі відсутні трудомістки за переналагоджуванням операції (тобто підготовчо-заклучний час не перевищує 30 хв.). Щоб не допускати частих переналагоджувань обладнання, час виготовлення партії деталей на найбільш продуктивній операції не повинен бути меншим, ніж половина зміни. Тобто:

$$n_p = \frac{0,5F_{зм.д}}{t_{ум}^{min}},$$

де $F_{зм.д}$ - дійсний фонд часу зміни (440 хв.);

$t_{ум}^{min}$ - штучний час на найбільш продуктивній операції техпроцесу, хв.

$$n_p = \frac{0,5 \cdot 440}{1,73} \approx 127 \text{ шт.}$$

Для спрощення планування та обліку, партія деталей повинна укладатися в річну програму запуску ціле число разів. Тому, після визначення розрахункової кількості партій протягом року за формулою:

$$A_p = \frac{N_z}{n_p} = \frac{7500}{127} = 59,$$

визначимо фактичну кількість партій (A_ϕ) шляхом підбору найближчого до A_p цілого значення з уніфікованого ряду:

$$1, 2, 4, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 52, 104, 250,$$

після чого скорегуємо, відповідно до отриманого значення A_ϕ , розмір партії деталей:

$$n_{np} = \frac{N_z}{A_\phi} = \frac{7500}{52} = 144 \text{ шт.}$$

Періодичність (ритм) запуску-випуску партій деталей:

$$R_3 = \frac{T_p}{A_\phi} = \frac{250}{52} = 4,8 \text{ роб. днів,}$$

де T_p - кількість робочих днів протягом року.

Тривалість багатоопераційного виробничого циклу виготовлення партії деталей залежить від тривалості операційних циклів, способу їхнього сполучення у часі (прийнятого виду руху партії деталей) та часу міжопераційних перерв.

Тривалість операційного циклу:

$$T_{o(i)} = \frac{n_{np} \cdot t_{\kappa-\partial(i)}}{S \cdot F_{зм. \partial}},$$

де n_{np} - остаточно прийнятий розмір партії деталей, шт.;

$t_{\kappa-\partial(i)}$ - калькуляційно-дійсний час на даній детале-операції, хв.

$$t_{\kappa-\partial(i)} = \frac{t_{um(i)}}{k_\phi \cdot p_{m(i)} \cdot q_{np(i)}} + \frac{t_{n-3(i)}}{n_{np}},$$

де k_ϕ - коефіцієнт виконання норм на даній операції;

$p_{m(i)}$ - технологічна партія деталей (кількість деталей, що одночасно оброблюються в багатопозиційному пристосуванні), шт.

$q_{np(i)}$ - кількість робочих місць, які працюють на даній операції паралельно.

Результати розрахунків $t_{\kappa-\partial(i)}$ і $T_{o(i)}$ зведемо до табл. 5.2.

Наприклад, для операції 005:

$$t_{\kappa-\partial(005)} = \frac{22,69}{0,01 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{12}{144} = 22,549 \text{ хв.};$$

$$T_{o(005)} = \frac{144 \cdot 22,549}{2 \cdot 440} = 3,69 \text{ дн.}$$

Таблиця 5.2

Розрахунок тривалості циклу

№ опер	Найменування операції	t_{um} , хв.	t_{n-3} , хв.	$t_{\kappa-\partial}$, хв.	T_o , днів	t_{mo} , днів
005	Комплексна з ЧПУ	22,69	12	22,549	3,69	0,4
010	Комплексна з ЧПУ	15,61	8	15,511	2,54	0,4
015	Комплексна з ЧПУ	4,45	8	4,461	0,73	0,4
020	Комплексна з ЧПУ	2,74	8	2,768	0,45	0,4
025	Відділково-розточна	9,24	8	9,204	1,51	0,4

030	Відділково-розточна	1,73	6	1,755	0,29	0,4
035	Свердлильна з ЧПУ	2,02	6	2,042	0,33	0,4
040	Всього	58,48	-	58,290	9,54	2,8

Для даної партії деталей може бути обраний послідовний рух, який рекомендується приймати при груповому розташуванні обладнання, невеликій масі деталей та тривалості операційних циклів, що в середньому не перевищують два дні.

Тривалість виробничого циклу визначаємо за формулою:

$$T_n = \sum_{i=1}^m T_{oi} + \sum_{i=1}^m t_{mo} = 9,59 + 2,8 = 12,4 \text{ дні},$$

де t_{mo} - час міжопераційної перерви, днів.

$$t_{mo} = \frac{(0,25 \dots 0,8) \cdot \sum_{i=1}^m T_{oi}}{m} = \frac{0,3 \cdot 9,59}{7} = 0,41 \text{ дні},$$

Графік послідовного руху партії деталей «картер» представлено на рис. 5.1.

Середній розмір циклового запасу деталей визначається за формулою:

$$z_y = \frac{n_{np} \cdot T_y}{R_s} = \frac{144 \cdot 12,4}{4,8} = 372 \text{ шт.},$$

де T_y - тривалість виробничого циклу виготовлення партії деталей, дн.

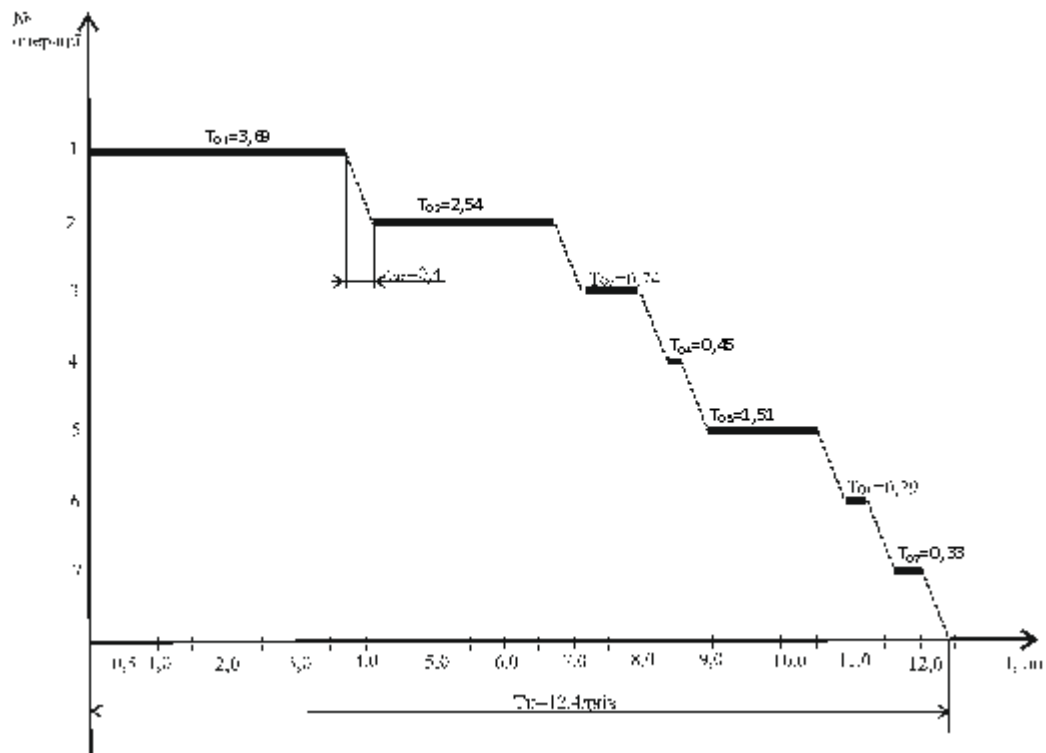


Рис. 5.1. Графік послідовного руху партії деталей «картер» $n_{np}=144$ шт.

5.3. Визначення чисельності основних робітників цеху

До основних належать робітники, безпосередньо зайняті виконанням технологічних операцій. Їх чисельність у серійному виробництві визначається за формулою:

$$R_o = \frac{T_p}{F_{\partial p}},$$

де T_p - трудомісткість річної виробничої програми, нормо-годин.

$$T_p = N_z \cdot \frac{\sum_{i=1}^m t_{um_i}}{60} \cdot K_{\partial o\partial} \cdot (1 + 0,01 \cdot d),$$

де $K_{\partial o\partial}$ - коефіцієнт довантаження обладнання до нормативного (η_{zn}) для даного типу виробництва [3, дод. Д1]:

$$K_{\partial o\partial} = \frac{\eta_{zn}}{\bar{\eta}} = \frac{0,8}{0,28} = 2,9$$

d - процент додаткових робіт, непередбачених технологічним процесом (виправлення браку, доробка, комплектація тощо), $d=15...20\%$;

$F_{\partial p}$ - дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год. (залежить від номінального фонду часу поточного року F_n , зменшеного на процент невиходів на роботу з поважних причин C_n (8...10%)):

$$F_{\partial p} = F_n \cdot (1 - 0,01 \cdot C_n) = 2000 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) = 1840 \text{ год.},$$

$$T_p = 7500 \cdot \frac{58,48}{60} \cdot 2,9 \cdot (1 + 0,01 \cdot 20) = 25439 \text{ нормо-год.}$$

$$R_o = \frac{25439}{1840} = 14 \text{ осіб.}$$

5.4. Аналіз варіантів технологічного процесу

Для того, щоб довести доцільність впровадження запропонованого у даній дипломній роботі варіанту технологічного процесу, необхідно зробити його економічний аналіз. Цей аналіз здійснюється шляхом визначення та порівняння

технологічної собівартості виготовлення деталі по кожному з альтернативних варіантів (базовому і проектному):

$$C_{tex} = V \cdot N_z + P,$$

де V – змінні витрати у технологічній собівартості, величина яких змінюється пропорційно зміні обсягу випуску продукції, грн./рік.

P – постійні витрати, величина яких не змінюється або змінюється неістотно в залежності від зміни річного випуску продукції грн./рік.

Порівнюючи варіанти технологічного процесу, проаналізуємо та зіставимо лише ті статті витрат, величина яких змінюється при переході від одного варіанту до іншого.

Таблиця 6.3

Характеристика змін при обробці деталі «картер»

№ оп.	Базовий варіант		Розряд	№ оп.	Проектний варіант		Розряд
	Найменування операції (обладнання)	$t_{ум}$, хв.			Найменування операції	$t_{ум}$, хв.	
005	Фрезерна з ЧПУ (ГФ2171С5)	18,3	3	005-020	Комплексна з ЧПУ (HYUNDAI WIA HS4000)	45,49	3
010, 035	Свердлильна (2Н135)	13,6	3	030	Відділково-розточна (2А715)	1,73	
015	Токарна (16К25)	4,8	3	035	Свердлильна (2Р135Ф2)	2,02	3
020	Комплексна з ЧПУ (ІР-500ПМФ4)	15,5	3				
025	Відділково-розточна (2А715)	16,8	3				
040-055	Свердлильна (2Н125)	5,9	3				
	Всього	74,9			Всього	49,24	

5.4.1. Розрахунок змінних витрат

За поелементним методом розрахунку змінні витрати визначаються за формулою:

$$V = M_o + Z_{одв} + E_c + B_p + B_{мд} + B_{ін.ун} + B_{пр.ун} + B_{ам.у} + B_{еп},$$

де M_o – вартість основних матеріалів, грн.;

$Z_{одв}$ – заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з урахуванням єдиного соціального внеску, грн.;

E_c – витрати на електроенергію силову, грн.;

B_p – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$B_{мд}$ – витрати на матеріали допоміжні, грн.;

$B_{ін.ун}$ – витрати на експлуатацію універсального ріжучого інструменту, грн.

(однакові у порівнюваних варіантах);

$B_{ам.у}$ – витрати на амортизацію універсального обладнання, грн.;

$B_{ен}$ – витрати на експлуатацію приміщень, грн.

Вартість основних матеріалів:

$$M_o = a_p \cdot C_m \cdot K_{тр} - a_{\epsilon} \cdot C_{\epsilon},$$

де a_p - норма витрат матеріалу (чавуну ВЧ 600), кг;

C_m - ціна матеріалу, грн./кг;

$K_{тр}$ - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати при зберіганні матеріалів (приймається у розмірі 1,05...1,08);

a_{ϵ} - маса відходів, кг;

C_{ϵ} - ціна відходів, грн./кг;

В базовому варіанті:

$$M_{o.баз} = 12,60 \cdot 165,0 \cdot 1,05 - (12,60 - 11,0) \cdot 24,75 = 2143,350 \text{ грн.};$$

В проектному варіанті:

$$M_{o.пр} = 11,97 \cdot 165,0 \cdot 1,05 - (11,97 - 11,0) \cdot 24,75 = 2051,280 \text{ грн.}$$

Витрати на заробітну плату основну, додаткову з урахуванням єдиного соціального внеску:

$$З_{одв} = C_{z(i)} \frac{t_{ум(i)}}{60} (1 + K_o) \cdot (1 + K_c),$$

де $C_{z(i)}$ – годинна тарифна ставка відповідного розряду i -тої операції техпроцесу, грн./год.;

$t_{ум(i)}$ - штучний час i -тої операції, хв.;

K_o, K_c – коефіцієнти, які враховують відповідно додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок).

$$З_{одв.баз} = \frac{70,180 \cdot 74,9}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 117,570 \text{ грн.}$$

$$З_{одв.пр} = 70,180 \cdot \frac{49,24}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 77,292 \text{ грн.}$$

Наступні статті витрат пов'язано з утриманням та експлуатацією обладнання. Тому, перед їх розрахунком, на основі [3, дод. Д2 та 23, с. 91] складемо таблицю щодо характеристики обладнання, яке використовується у порівнюваних операціях базового та проектного технологічних процесів (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Характеристика обладнання

Модель обладнання	Габаритні розміри: довжина × ширина, м	Потужність електро-двигунів верстата, кВт	Ма-са, т	Група ремонтної складності механічної/електричної частини, УРО	Пло-ща в плані $S_{од}$, м ²	Оптова ціна, тис. грн.
Базовий техпроцес						
ГФ2171С5 Спеціальний фрезерний	3,68×4,17	15,3	6,58	22/18	15,35	550,0
2Н135 Свердлильний	2,69×0,83	4,0	2,5	8/5,5	2,23	55,0
1К625 Токарний	3,91×1,20	10,0	3,0	14,5/8	4,69	80,0
ИР-500ПМФ4 Обробний центр	4,45×4,625	18,0	9,35	20/15	20,69	830,5
2А715 Відділково-розточний	3,00×1,25	4,5	4,1	15/12	3,75	79,0
2Н125 Свердлильний	0,77×0,78	1,5	0,6	7/4,5	0,60	47,0
Проектний техпроцес						
HYUNDAI WIA HS4000 Обробний центр з ЧПУ	4,03×1,90	15,0	5,95	25/18	7,66	1840
2Р135Ф2 Свердлильний з ЧПУ	1,86×2,17	3,7	4,7	8/2	4,04	48,0

Витрати на електроенергію силову:

$$E_c = \frac{N_{\epsilon} \cdot K_o \cdot K_N \cdot K_{\delta}}{\eta_{\epsilon} \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{um}}{60} \cdot C_{el},$$

де N_{ϵ} – встановлена потужність електродвигунів обладнання, кВт;

K_o – коефіцієнт одночасної роботи двигунів, $K_o=0,65...0,8$;

K_N – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за потужністю (приймається у розмірі 0,6...0,7 – для фрезерних та відділкових, 0,5...0,6 – для токарних та свердлильних верстатів);

K_{δ} – коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за часом, $K_{\delta}=0,3...0,5$;

η_{ϵ} – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі, $\eta_{\epsilon}=0,92\dots0,96$;

η_m – ККД електродвигунів, $\eta_m=0,86\dots0,9$;

$C_{ел}$ – ціна 1 кВт-год електроенергії без ПДВ, грн.

Наприклад, для операції 005 базового техпроцесу:

$$E_{с.баз(005)} = \frac{15,3 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,5}{0,95 \cdot 0,88} \cdot \frac{18,3}{60} \cdot 7,5 = 11,722 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Розрахунок витрат на електроенергію

Базовий варіант					Проектний варіант				
№ опер.	N_{ϵ} , кВт	K_N	$t_{ум}$, хв.	$E_{с.баз}$, грн.	№ опер.	N_{ϵ} , кВт	K_N	$t_{ум}$, хв.	$E_{с.пр}$, грн.
005	15,3	0,7	18,3	11,722	005-020	15,0	0,6	45,49	24,486
010,035	4,0	0,6	13,6	1,952	030	4,5	0,7	1,73	0,326
015	10,0	0,6	4,8	1,722	035	3,7	0,7	2,02	0,313
020	18,0	0,6	15,5	10,012					
025	4,5	0,7	16,8	3,165					
040-055	1,5	0,6	2,5	0,318					
Всього	-	-	74,9	28,891	Всього	-	-	49,24	25,125

Витрати на ремонт обладнання:

$$B_p = \frac{W_m \cdot R_m + W_e \cdot R_e}{F_{дрм}} \cdot \frac{t_{ум}}{60},$$

де W_m , W_e – витрати на всі види ремонту та обслуговування за ремонтний цикл, які припадають на одиницю ремонтної складності, відповідно механічної та електричної частини обладнання, грн.;

R_m , R_e – категорія ремонтної складності відповідно механічної та електричної частин обладнання, УРО.

$$B_{р.баз(005)} = \frac{880 \cdot 22 + 720 \cdot 18}{3680} \cdot \frac{18,3}{60} = 2,679 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Розрахунок витрат на ремонт

Базовий варіант					Проектний варіант				
№ опер.	R_m , УРО	R_e , УРО	$t_{ум}$, хв.	B_p , грн.	№ опер.	R_m , УРО	R_e , УРО	$t_{ум}$, хв.	B_p , грн.
005	22	18	18,3	2,679	005-020	25	18	45,49	7,203
010,035	8	5,5	13,6	0,678	030	15	12	1,73	0,171

015	14,5	8	4,8	0,403	035	8	2	2,02	0,078
020	20	15	15,5	1,994					
025	15	12	16,8	1,662					
040-055	7	4,5	2,5	0,251					
Всього	-	-	74,9	7,665	Всього	-	-	49,24	7,451

Витрати на допоміжні матеріали:

$$B_{\text{мд}} = \frac{M_{\text{зв}} \cdot R_{\text{м}} \cdot t_{\text{ум}}}{100 \cdot 60} \cdot K_{\text{в}},$$

де $M_{\text{зв}}$ – годинні витрати на допоміжні матеріали, коп.;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, який враховує тип виробництва.

$$B_{\text{мд.баз(005)}} = \frac{79,5 \cdot 22 \cdot 18,3}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 5,868 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 5.7.

Таблиця 5.7

Розрахунок витрат на допоміжні матеріали

Базовий варіант				Проектний варіант			
№ опер.	$R_{\text{м}}$, УРО	$t_{\text{ум}}$, хв.	$B_{\text{мд.баз}}$, грн.	№ опер.	$R_{\text{м}}$, УРО	$t_{\text{ум}}$, хв.	$B_{\text{мд.пр}}$, грн.
005	22	18,3	5,868	005-020	25	45,49	16,575
010,035	8	13,6	1,586	030	15	1,73	0,378
015	14,5	4,8	1,014	035	8	2,02	0,236
020	20	15,5	4,518				
025	15	16,8	3,673				
040-055	7	2,5	0,602				
Всього	-	74,9	17,261	Всього	-	49,24	17,189

Витрати на амортизацію універсального обладнання:

$$B_{\text{ам}} = \frac{\Phi_{\text{бал}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{ум}}}{F_{\text{орм}} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{\text{зн}}},$$

де $\Phi_{\text{бал}}$ – балансова вартість одиниці обладнання, грн.

$$\Phi_{\text{бал}} = C_{\text{онт}} \cdot (1 + K_{\text{тр}} + K_{\text{м}} + K_{\text{ф}}),$$

де $C_{\text{онт}}$ – оптова ціна обладнання, грн.;

$K_{\text{тр}}$, $K_{\text{м}}$, $K_{\text{ф}}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно витрати на транспортування обладнання (0,05...0,1), його монтаж (0,04...0,06), улаштування фундаменту (0,02...0,08);

$H_{\text{а}}$ – норма амортизації на реновацію, %.

Наприклад, балансова вартість верстата ГФ2171С5:

$$\Phi_{\text{бал}(16K20\Phi3)} = 615000 \cdot (1 + 0,07 + 0,05 + 0,04) = 713400 \text{ грн.}$$

H_a – норма амортизації на реновацію, %;

$\eta_{\text{зн}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для цехів даного типу виробництва (для ДС $\eta_{\text{зн}} = 0,95$).

$$B_{\text{ам.баз}(005)} = \frac{638000 \cdot 15 \cdot 18,3}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 9,915 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 5.8.

Таблиця 5.8

Розрахунок витрат на амортизацію обладнання

Базовий варіант					Проектний варіант				
№ опер.	$\Pi_{\text{опт}}$, тис.грн.	$\Phi_{\text{бал}}$, тис.грн.	$t_{\text{ум}}$, хв.	$B_{\text{ам.баз}}$, грн.	№ опер.	$\Pi_{\text{опт}}$, тис.грн.	$\Phi_{\text{бал}}$, тис.грн.	$t_{\text{ум}}$, хв.	$B_{\text{ам.пр}}$, грн.
005	550,0	638	18,3	9,915	005-020	1840,0	2134,4	45,49	82,451
010,035	55,0	63,8	13,6	0,737	030	79,0	91,64	1,73	0,135
015	80,0	92,8	4,8	0,378	035	48,0	55,68	2,02	0,096
020	830,5	963,38	15,5	12,680					
025	79,0	91,64	16,8	1,307					
040-055	47,0	54,52	2,5	0,273					
Всього	-		74,9	25,291	Всього	-		49,24	82,681

Витрати на експлуатацію приміщення:

$$B_{\text{еп}} = \frac{S_{\text{од}} \cdot k_f \cdot C}{F_{\text{орм}} \cdot \eta_{\text{зн}}} \cdot \frac{t_{\text{ум}}}{60},$$

де $S_{\text{од}}$ – площа в плані, яку займає одиниця обладнання, м^2 ;

k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову площу (проходи, проїзди, транспортно-складські приміщення) [3, табл. 4].

C – річні витрати, пов'язані з експлуатацією 1м^2 виробничого приміщення, грн.

$$B_{\text{еп.баз}(005)} = \frac{15,35 \cdot 2,0 \cdot 780}{3860 \cdot 0,8} \cdot \frac{18,3}{60} = 2,481 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 5.9.

Таблиця 5.9

Розрахунок витрат на утримання приміщення

Базовий варіант						Проектний варіант					
№ опер.	$S_{\text{од}}$, м^2	k_f	$S_{\text{од}} \times k_f$, м^2	$t_{\text{ум}}$, хв.	$B_{\text{еп.баз}}$, грн.	№ опер.	$S_{\text{од}}$, м^2	k_f	$S_{\text{од}} \times k_f$, м^2	$t_{\text{ум}}$, хв.	$B_{\text{еп.пр}}$, грн.
005	15,35	2,0	30,70	18,3	2,481	005-020	7,66	2,5	19,15	45,49	3,847

010,035	2,23	3,5	7,81	13,6	0,469	030	3,75	3,5	13,13	1,73	0,100
015	4,69	3,0	14,07	4,8	0,298	0,35	4,04	3,0	12,12	2,02	0,108
020	20,69	1,5	31,04	15,5	2,124						
025	3,75	3,5	13,13	16,8	0,974						
040-055	0,60	4,0	2,40	2,5	0,063						
Всього	-	-		74,9	6,408	Всього	-	-		49,24	4,055

5.4.2. Розрахунок постійних витрат

За поелементним методом розрахунку постійні витрати включають:

$$P = B_{нал} + B_{сп.осн} + B_{ам.сп} + B_{пр} ,$$

де $B_{нал}$ – витрати на налагодження обладнання, грн.;

$B_{сп.осн}$ – витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн. (у порівнюваних варіантах відсутнє);

$B_{ам.сп}$ – витрати на амортизацію спеціального обладнання (у порівнюваних варіантах відсутнє), грн.;

$B_{пр}$ – витрати на створення програмного забезпечення верстатів з ЧПУ.

Витрати на налагодження обладнання:

$$B_{нал} = C_{гн} \cdot \frac{t_{п-з}}{60} \cdot (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_c) \cdot A ,$$

де $C_{гн}$ – годинна тарифна ставка наладчика відповідного розряду грн./год.;

$t_{п-з}$ – підготовчо-заключний час даної операції, хв.;

A – кількість партій, що відповідає кількості переналагоджень за рік.

$$B_{нал.баз} = (88,375 \cdot \frac{8 \cdot 8 + 12}{60} + 103,969 \cdot \frac{24}{60}) \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 52 = 10713,88 \text{ грн.}$$

$$B_{нал.пр} = (88,375 \cdot \frac{2 \cdot 6 + 8}{60} + 103,969 \cdot \frac{8 \cdot 3 + 12}{60}) \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 52 = 6408,95 \text{ грн.}$$

Витрати на створення програмного забезпечення:

$$B_{пр} = T_{пр} \cdot Z_{год} \cdot K_{\deltaс} ,$$

де $T_{пр}$ – трудомісткість підготовки програмного забезпечення, яка враховує трудомісткість розробки операційної карти техпроцесу, керуючої програми, карт налагодження інструменту, карти кодування інформації, год.;

$Z_{год}$ – середньогодинна заробітна плата інженерів з підготовки програмного забезпечення, грн./год.;

$K_{\text{дс}}$ – коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату та єдиний соціальний внесок.

$$B_{\text{пр.баз}} = 31,5 \cdot 91,20 \cdot 1,342 = 3855,43 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{пр.пр}} = 52,5 \cdot 91,20 \cdot 1,342 = 6425,71 \text{ грн.}$$

5.4.3. Розрахунок технологічної собівартості

Усі виконані розрахунки змінних та постійних витрат, а також розрахунок технологічної собівартості зведемо до табл. 5.10.

Технологічна собівартість:

$$C_{\text{тех.баз}} = 2346,436 \cdot 7500 + 14569,31 = 17612839 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{тех.пр}} = 2265,073 \cdot 7500 + 12834,66 = 17000882 \text{ грн.}$$

За критерієм мінімуму технологічної собівартості більш ефективним для заданої програми запуску деталей «картер» $N_3=7500$ шт. є проектний варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі.

Таблиця 5.10

Розрахунок технологічної собівартості

№ з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		Базовий	Проект
1.	<u>Змінні витрати V</u>		
1.1	Матеріали основні	2143,350	2051,280
1.2	Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском	117,570	77,292
1.3	Електроенергія силова	28,891	25,125
1.4	Ремонт обладнання	7,665	7,451
1.5	Матеріали допоміжні	17,261	17,189
1.6	Амортизація універсального обладнання	25,291	82,681
1.7	Експлуатація приміщень	6,408	4,055
	Всього змінних витрат	2346,436	2265,073
2.	<u>Постійні витрати P</u>		
2.1	Налагодження обладнання	10713,88	6408,95
2.2	Створення програмного забезпечення	3855,43	6425,71
	Всього постійних витрат	14569,31	12834,66
	Технологічна собівартість річного випуску деталей $C_{\text{тех}}$	17612839	17000882

Для розмежування області ефективного використання того чи іншого варіанту технологічного процесу розрахуємо критичну програму випуску деталей $N_{кр}$, за якої варіанти, що порівнюються, будуть рівноцінними, тобто $C_{тех.баз} = C_{тех.пр}$:

$$N_{кр} = \frac{P_{пр} - P_{баз}}{V_{баз} - V_{пр}} = \frac{12834,66 - 14569,31}{2346,436 - 2265,073} = -21 \text{ шт.},$$

Від'ємне значення $N_{кр}$ означає, що за будь-якої програми запуску деталі «картер» ефективнішим з економічної точки зору є проектний варіант технологічного процесу механічної обробки даної деталі.

5.4.4. Розрахунок показників економічної ефективності обраного варіанту технологічного процесу

Річний економічний ефект від застосування обраного варіанту технологічного процесу:

$$E_p = (C_{тех.баз} + E_n \cdot K_{баз}) - (C_{тех.пр} + E_n \cdot K_{пр}),$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_{баз}$, $K_{пр}$ – відповідно капітальні вкладення базового і проектного варіантів техпроцесу, грн.

Капітальні вкладення по кожному варіанту складаються із вкладень в обладнання $\Phi_{бал}$, оснащення $B_{осн}$, а також у приміщення, яке це обладнання займає $K_{буд}$, скореговані на коефіцієнт завантаження обладнання тих детале-операцій, які відрізняються у порівнюваних варіантах:

$$K = (\Phi_{бал} + B_{осн} + K_{буд}) \cdot \eta_{з_1},$$

Капітальні вкладення в будівлі розраховуємо за формулою:

$$K_{буд} = S_{од} \cdot K_f \cdot q_{пр} \cdot h \cdot \Pi_{буд},$$

де h - висота приміщення цеху, м;

$\Pi_{буд}$ – ціна 1м² виробничої площі висотою 8-10 м, грн./м³.

$$K_{буд.баз} = (30,7 + 7,81 \cdot 2 + 14,07 + 31,04 + 13,13 + 2,4 \cdot 4) \cdot 8 \cdot 6200 = 5661344 \text{ грн.};$$

$$K_{\text{буд.нр}} = (19,15 \cdot 4 + 13,13 + 12,12) \cdot 8 \cdot 6200 = 5051512 \text{ грн.}$$

Балансова вартість обладнання:

$$\Phi_{\text{бал.баз}} = (638 + 63,8 \cdot 2 + 92,8 + 963,38 + 91,64 + 54,52 \cdot 4) \cdot 1000 = 2131500 \text{ грн.};$$

$$\Phi_{\text{бал.нр}} = (2134,4 \cdot 4 + 91,64 + 55,68) \cdot 1000 = 8684920 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{баз}} = (5661344 + 2131500) \cdot 0,25 = 1948211 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{нр}} = (5051512 + 8684920) \cdot 0,28 = 3846201 \text{ грн.}$$

$$E_p = (17612839 + 0,16 \cdot 1948211) - (17000882 + 0,16 \cdot 3846201) = 308280 \text{ грн.}$$

Для впровадження нового технологічного процесу необхідні додаткові капітальні вкладення, визначимо строк їх окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{нр}} - K_{\text{баз}}}{C_{\text{тех.баз}} - C_{\text{тех.нр}}} = \frac{3846201 - 1948211}{17612839 - 17000882} = 3,1 \text{ роки,}$$

5.5. Розрахунок планової цехової собівартості деталі

Цехова собівартість виготовлення деталі визначається як сума калькуляційних статей витрат:

$$C_{\text{цех}} = M_o + Z_{od} + B_c + B_{in} + B_o + B_{\text{ц}},$$

де M_o - вартість основних матеріалів (розраховано у розд. 5.4), грн.;

Z_{od} - основна та додаткова заробітна плата основних виробничих робітників, грн.;

B_c - відрахування на соціальні потреби (єдиний соціальний внесок), грн.;

B_{in} - витрати на експлуатацію спеціального оснащення, грн.;

B_o - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;

$B_{\text{ц}}$ - цехові витрати, грн.

Заробітна плата основна й додаткова виробничих робітників:

$$Z_{od} = P_e (1 + K_d),$$

де P_e - відрядний розцінок на деталь (основна зарплата), що визначається, як сума операційних розцінок $P_{on(i)}$:

$$P_{\varepsilon} = \sum_1^m P_{on_i} = \sum_1^m \frac{e_{\varepsilon od_i}^6 \cdot t_{um-\kappa_i}}{60},$$

де $e_{\varepsilon od_i}^6$ - годинна тарифна ставка відрядника відповідного розряду роботи i -ої операції технологічного процесу, грн./год.;

$t_{um-\kappa_i}$ - штучно-калькуляційний час i -ої операції технологічного процесу, хв.:

На першій операції техпроцесу:

$$P_{on_1} = 23,750 \cdot \frac{0,738}{60} = 0,2921 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок відрядної розцінки на деталь зведемо до табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Розрахунок відрядної розцінки на деталь

№ оп.	Найменування операції	$t_{um-\kappa}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Розцінка на деталь, грн.
005	Комплексна з ЧПУ	22,773	3	70,180	26,6372
010	Комплексна з ЧПУ	15,666	3	70,180	18,3235
015	Комплексна з ЧПУ	4,506	3	70,180	5,2700
020	Комплексна з ЧПУ	2,796	3	70,180	3,2699
025	Відділково-розточна	9,296	3	70,180	10,8727
030	Відділково-розточна	1,772	3	70,180	2,0723
035	Свердлильна з ЧПУ	2,062	3	70,180	2,4115
	Всього	58,869	-	-	68,8570

$$Z_{od} = 66,857 \cdot (1 + 0,1) = 73,543 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби виробничих робітників:

$$B_c = 73,543 \cdot \frac{22}{100} = 16,179 \text{ грн.,}$$

де K_c - відсоток єдиного соціального внеску.

Витрати на експлуатацію спеціального оснащення, що припадають на одну деталь, складають 22-25 грн. на одну нормо-годину трудомісткості виготовлення деталі (менше значення відповідає ДС, більше – ВС).

$$B_{ocn} = 25 \cdot \frac{58,48}{60} = 24,367 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

$$B_o = 68,857 \cdot \frac{320}{100} = 220,342 \text{ грн.},$$

де P_{eo} - процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання;

Z_o - основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

Загальноцехові витрати в собівартості деталі:

$$B_{\text{ц}} = 68,857 \cdot \frac{280}{100} = 192,800 \text{ грн.},$$

де $P_{\text{ц}}$ – процент цехових витрат.

Калькуляцію цехової собівартості деталі слід звести до табл. 5.12.

Таблиця 5.12

Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

№ з/п	Найменування статей	Витрати, грн.
1.	Матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів	2051,280
2.	Основна заробітна плата виробничих робітників	68,857
3.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	6,886
4.	Відрахування у соціальні фонди	16,179
5.	Експлуатація спеціального оснащення	24,367
6.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	220,342
7.	Цехові витрати	192,800
8.	Всього цехова собівартість $C_{\text{ц}}$	2580,711

5.6. Планування підсумкових техніко-економічних показників

Крім показників, розрахованих у попередніх розділах дипломної роботи, слід додатково визначити такі:

- *зниження трудомісткості* виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу (у відсотках):

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{um(i)}^{баз}}{\sum_{i=1}^m t_{um(i)}^{np}} \cdot 100 - 100 = \frac{79,4}{49,24} \cdot 100 - 100 = 61,3\%,$$

- *виріток продукції на одного робітника:*

$$B_n = \frac{T_p}{R_o} = \frac{25439}{14} = 1817 \text{ нормо-год./ос.},$$

де T_p – трудомісткість річної виробничої програми дільниці, нормо-год.;

R_o – чисельність основних робітників цеху, осіб;

- зарплатомісткість продукції:

$$Z_{zn} = \frac{Z_{od}}{C_u} \cdot 100 = \frac{73,543}{2580,711} \cdot 100 = 2,9\%,$$

де Z_{od} – основна й додаткова заробітна плата у собівартості деталі, грн.;

C_u - цехова собівартість деталі, грн.

- матеріаломісткість продукції:

$$Z_{mn} = \frac{M_o}{C_u} \cdot 100 = \frac{2051,280}{2580,711} \cdot 100 = 79,5\%,$$

де M_o – матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів у собівартості деталі, грн.

- собівартість товарної продукції цеху:

$$C_{mn} = 2580,711 \cdot 7500 \cdot 2,9 = 56130,5 \text{ тис. грн.}$$

де N_z - річна програма запуску деталей, шт./рік.

Підсумкові техніко-економічні показники роботи цеху зведемо до табл. 5.13.

Таблиця 5.13

Техніко-економічні показники цеху

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Величина
1.	Програма запуску деталі (N_z)	шт./рік	7500
2.	Трудомісткість виробничої програми (T_p)	нормо-год.	25439
3.	Цехова собівартість деталі	грн.	2580,71
4.	Собівартість товарної продукції цеху (C_{mn})	грн./рік	56130500
5.	Чисельність основних робітників	осіб	14
6.	Виробіток продукції на одного робітника	нормо-год.	1817
7.	Матеріаломісткість продукції	%	79,5
8.	Зарплатомісткість продукції	%	2,9
9.	Зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу ΔT_p	%	61,3
10.	Економія від зниження технологічної собівартості	грн.	611957
11.	Додаткові капітальні витрати	грн.	1897990

12.	Строк окупності додаткових капітальних витрат	років	3,1
13.	Річний економічний ефект	грн.	308280

5.7. Висновки

З проведених розрахунків видно, що проектний варіант технологічного процесу виготовлення деталі картер є більш економічно ефективним, зокрема, за змінами таких параметрів: зменшенням штучного часу на обробку деталі, зменшенням змінних витрат (заробітної плати тощо), зменшенням номенклатури верстатів.

Термін окупності додаткових капіталовкладень проектного технологічного процесу складає 3,1 року, а зниження трудомісткості продукції - 61,3%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі на тему: «Дослідження методів розточування отворів з розробкою технології виготовлення деталі картер» виконано дослідження методів розточування отворів та розроблено рекомендації для обробки отворів картеру розточуванням.

Проаналізовано діючий на базовому підприємстві технологічний процес, на основі чого запропоновані зміни, які дають можливість знизити собівартість випускаємої продукції та підвищити гнучкість технологічного процесу. Розроблено раціоналізований технологічний процес, в якому впроваджено обробні центри з ЧПУ, методи розточування отворів та прогресивні різальні інструменти для реалізації цих методів. Спроектований технологічний процес включає оптимізовані режими різання, і за рахунок цього, зменшення часу обробки деталі.

Обрано заготовку для виготовлення деталі, верстати, затискні та вимірювальні пристрої, різальні інструменти. Розраховано припуски, режими різання та норми часу.

Розроблено та розраховано затискний пристрій та контрольний пристрій.

Всі прийняті технічні рішення підтверджено відповідними розрахунками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Базь О.С. Токарна справа: навчальний посібник / О.С. Базь, Г.С. Захаренко // М-во освіти і науки України. – Чернівці: Букрек, 2020. – Ч. 1. – 232 с.: іл.
2. Базь О.С. Токарна справа: навчальний посібник / О.С. Базь, Г.С. Захаренко, О.В. Паржницький // М-во освіти і науки України. – Чернівці: Букрек, 2021. – Ч. 2. – 176 с.: іл.
3. Економічні та організаційно-планові розрахунки при проектуванні цеху механічної обробки. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 133 – «Галузеве машинобудування». / Укл. Журило І.В., Романюк Л.М. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017 – 25 с.
4. Мажара В. А. Контрольно-вимірювальні пристрої. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи студентами денної та заочної форми навчання напрямку «Інженерна механіка» з профілюванням за спеціальністю «Технологія машинобудування». – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 48 с.
5. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту по кафедрі «Технології машинобудування» для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної та заочної форм навчання/ Укл.: проф., д.т.н. Павленко І.І., доц., к.т.н. Артюхов А.М.; доц., к.т.н. Підгаєцький М.М.; доц., к.т.н. Мажара В.А.; викл. Сторожук М.О. – Кіровоград: КНТУ, 2016 – 52 с.
6. Методичні рекомендації до кваліфікаційної роботи : освітньо - професійна програма «Прикладна механіка», рівень вищої освіти другий (магістерський) : спец. 131 Прикладна механіка, галузь знань 13 Механічна інженерія / [уклад. : І. І. Павленко, В. А. Мажара, К. К. Щербина, О. І. Скібінський] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т., каф. машинобуд., мехатроніки і робототехніки. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. - 42 с.
7. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. пособие / П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; Под общ. ред. В. М.

Плескача. – К.: Выща шк., 1991. – 247 с., ил.

8. Технологічне оснащення: метод. вказ. до викон. курсового проекту / [уклад.: І. І. Павленко, В. А. Мажара] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 36 с.

9. Технологія машинобудування : метод. вказ. до викон. курсового проекту : для студ. спец. «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування» / [уклад. : І. І. Павленко, А. М. Артюхов, М. М. Підгаєцький та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. технології машинобудування. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 68 с.

10. Sandvik coromant. Retrieved from <https://www.sandvik.coromant.com/en-us>. (2023, December, 17).

11. Secotools. Retrieved from <https://www.secotools.com/?language=en/> (2023, December, 16).