

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 133 «Галузеве машинобудування»
на тему:

«Дослідження способів обробки точних отворів з розробкою технології виготовлення корпусу гідророзподільника»
«Research of methods of processing precise holes with the development of technology for manufacturing a hydraulic distributor housing»

Виконавець: здобувач вищої освіти 2 року
магістратури, групи ГМ(МВ)-21М1,9 напрямку
133 «Галузеве машинобудування»

Олександр ЛЮЛЬЧЕНКО

Керівник: доц., к.т.н.

Олександр СКІБІНСЬКИЙ

Рецензент: доц., к.т.н.

Дмитро БОГАТИРЬОВ

Завідувач кафедрою: доц., к.т.н.

Андрій ГРЕЧКА

Кропивницький – 2023

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Освітньо-наукова програма	Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2023 р.

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

Олександра ЛЮЛЬЧЕНКО

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: Дослідження способів обробки точних отворів з розробкою технології виготовлення корпусу гідророзподільника
- Керівник роботи: к.т.н., доц., Олександр СКІБІНСЬКИЙ
- Строк подання роботи до захисту « ____ » травня 2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Метою роботи є: дослідження способів обробки точних отворів та розробка технології виготовлення корпусу гідророзподільника.

Завдання:

- виконати класифікацію точних отворів корпусних деталей;
- дослідити способи обробки точних отворів корпусних деталей 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, контрольний пристрої та різальний інструмент;
- виконати необхідні економічні розрахунки

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/ п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1	ВСТУП	Березень 2023	вик.
2	РОЗДІЛ 1	Березень 2023	вик.
3	РОЗДІЛ 2	Березень 2023	вик.
4	РОЗДІЛ 3	Березень-квітень 2023	вик.
5	РОЗДІЛ 4	Квітень 2023	вик.
6	РОЗДІЛ 5	Квітень-травень 2023	вик.
7	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	Травень 2023	вик.
8	ДОДАТКИ	Травень 2023	вик.
9	Графічна частина та оформлення	Березень-травень 2023	вик.

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2023 р.

Керівник роботи _____ Олександр СКІБІНСЬКИЙ

(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2023 р.

Здобувач _____ Олександр ЛЮЛЬЧЕНКО

(підпис)

Анотація

Олександр ЛЮЛЬЧЕНКО. Дослідження способів обробки точних отворів з розробкою технології виготовлення корпусу гідророзподільника. Кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «магістр»: ЦНТУ, 2023. – 123 с., додатки – 28 с.

Метою роботи є дослідження способів обробки точних отворів та розробка технології виготовлення корпусу гідророзподільника.

В роботі виконано класифікацію точних отворів корпусних деталей; досліджено способи обробки точних отворів корпусних деталей, досліджено сучасні способи, інструменти та верстати для обробки точних отворів, а також розроблені рекомендації по послідовності обробки отвору корпусу гідророзподільника; 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, контрольний пристрої та різальний інструмент; виконані необхідні економічні розрахунки. *Актуальність:* підвищення точності розмірів, форми, взаємного розташування та якості обробки точних відповідальних отворів корпусних деталей при оптимальній собівартості та продуктивності, розробка гнучких прогресивних технологічних процесів є актуальною задачею.

Практичне значення: виконано аналіз способів обробки точних отворів корпусних деталей, виявлено їх переваги та недоліки, розроблені рекомендації для обробки отвору корпусу гідророзподільника; розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення корпусу гідророзподільника, розроблено конструкції пристроїв для затиску та контролю.

Ключові слова: точні отвори, корпус гідророзподільника, хонінгування отворів, технологічний процес.

Annotation

Oleksandr LYLCHENKO. Research of methods of processing precise holes with the development of technology for manufacturing a hydraulic distributor housing. Master's Thesis: CNTU, 2023. - 123 p., applications – 28 p.

The purpose of this work is to investigate precision hole processing methods and develop a technology for manufacturing hydraulic distributor casings.

The thesis includes a classification of precision holes in casing components, an examination of various methods, tools, and machines used for precision hole processing, and the development of recommended processing sequences for the hydraulic distributor casing hole. The basic technological process of component manufacturing was analyzed, its advantages and disadvantages were identified, and a progressive technological process was developed. Selections of metal-cutting machines, clamping, auxiliary and control devices were made, allowances, cutting parameters, and time standards were calculated. Clamping, control devices, and cutting tools were designed and calculated, and necessary economic calculations were performed.

Relevance: Increasing the accuracy of dimensions, shape, mutual positioning, and quality of precision holes in casing components, while ensuring optimal cost and productivity, and developing flexible progressive technological processes, is an important task.

Practical value: An analysis of precision hole processing methods in casing components was conducted, their advantages and disadvantages were identified, and recommendations for the processing of hydraulic distributor casing holes were developed. An improved technological process for manufacturing hydraulic distributor casings was developed, and designs of clamping and control devices were created.

Key words: precision holes, hydraulic distributor casing, hole honing, technological process.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 КЛАСИФІКАЦІЯ ТОЧНИХ ОТВОРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Класифікація точних отворів корпусних деталей.....	8
1.2 Постановка задач дослідження.....	13
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОБРОБКИ ТОЧНИХ ОТВОРІВ.....	14
2.1 Основні способи обробки точних отворів корпусних деталей.....	14
2.2 Сучасні способи обробки точних отворів корпусних деталей.....	39
2.3 Висновки.....	46
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА.....	47
3.1 Службове призначення корпусу гідророзподільника та його характеристика.....	47
3.2 Розробка технології виготовлення корпусу гідророзподільника.....	50
3.3 Висновки.....	93
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТРОЇВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ.....	94
4.1 Розробка конструкції та розрахунок пристрою затискного.....	94
4.2 Розробка конструкції та розрахунок пристрою контрольного.....	102
4.3 Розробка конструкції та розрахунок різального інструменту.....	105
4.4 Висновки.....	107
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ..	108
5.1 Аналіз варіантів технологічних процесів.....	108
5.2 Розрахунок цехової собівартості.....	116
5.3 Планування підсумкових техніко-економічних показників.....	116
5.4 Висновки.....	121
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	123

ВСТУП

Машинобудування поставляє техніку всім галузям національного господарства, визначає технічний прогрес країни та суттєво впливає на стан матеріально - технічної бази суспільства.

Ринкова економіка вимагає підвищеного рівня технології, змін конструкції виробів та вдосконалення способів їх виготовлення.

Сукупність задач, направлених вдосконалення технології, носить неформальний, творчий характер, що обумовлює різноманітність інженерних рішень, успіх визначається чітким уявленням всього спектру можливих рішень і умінням відібрати з цієї маси найкращі.

При розробці технологічних процесів враховуються різні чинники:

- виробничі;
- планово-економічні;
- технологічні (способи виготовлення, технологічне обладнання, якість продукції);
- ринкові.

Здійснення технологічної діяльності в конкретних виробничо-економічних і організаційних умовах не можливе без прискореного впровадження новітніх технологій, підвищення ефективності виробництва.

При виконанні роботи необхідно проаналізувати відомі способи обробки точних отворів корпусних деталей та виробити відповідні рекомендації. Виконати детальний аналіз базового технологічного процесу обробки корпусу та розробити гнучкий технологічний процес, який дасть можливість скоротити кількість верстатів, виробничих робітників та ін. з метою вирішення головної мети – зниження собівартості випускаємої продукції при забезпеченні необхідної точності та якості продукції.

РОЗДІЛ 1 КЛАСИФІКАЦІЯ ТОЧНИХ ОТВОРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Класифікація точних отворів корпусних деталей

Корпусні деталі призначені для розміщення та відповідної орієнтації інших деталей, які входять до складу виробу. Корпусні деталі в основному складаються з торцевих поверхонь, зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь (отворів), різьбових поверхонь, канавок, бобишок, уступів, ребер жорсткості та інше.

Отвори можуть бути кріпильними, такими що не спряжуються із поверхнями інших деталей, можуть слугувати для подачі робочої рідини і мають невисокі вимоги по точності та якості. А є отвори в корпусних деталях до яких пред'являються високі вимоги по точності розмірів, форми, їх орієнтації та якості. Такі отвори призначені:

- для встановлення в них підшипників кочення та ковзання, які визначають положення валів, шестерень та інших деталей (поз. 1, рис. 1.1);

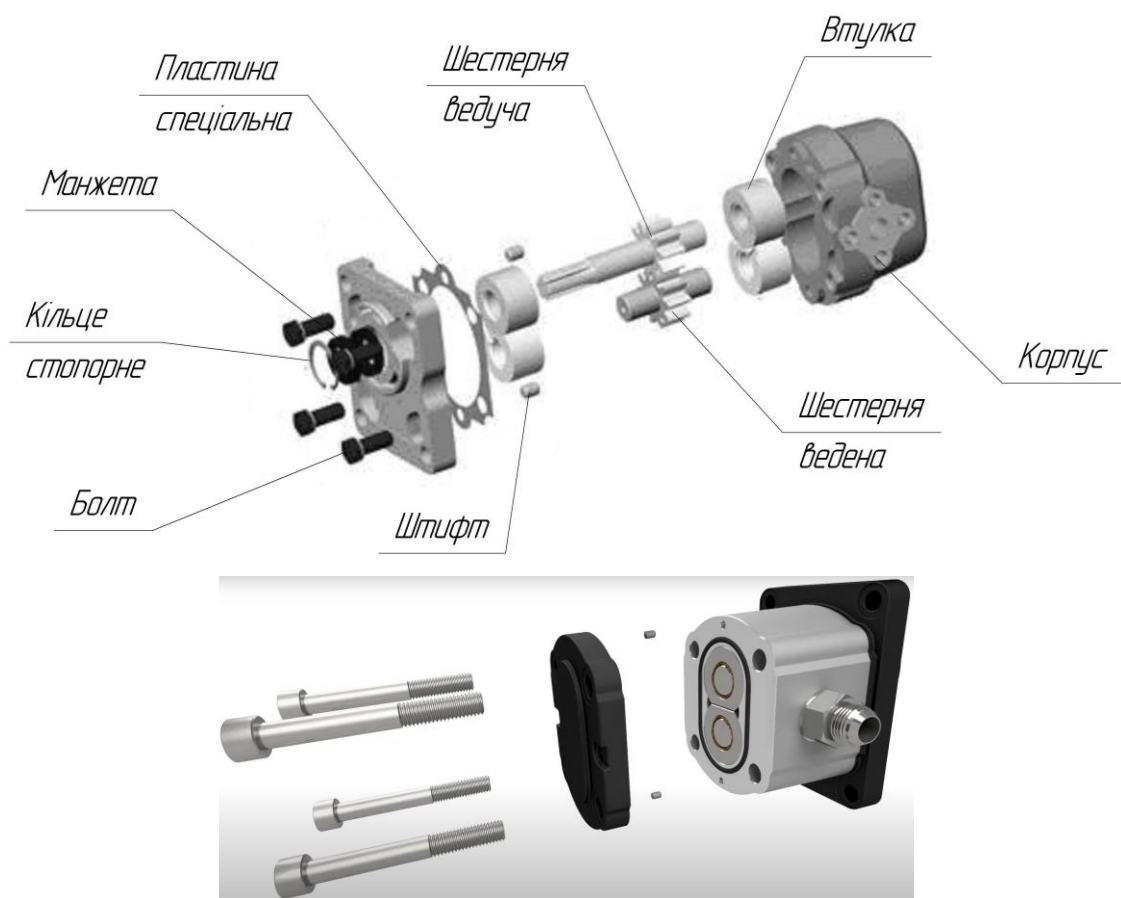


Рис. 1.1 Насос шестеренний

- для встановлення в них зубчастих передач внутрішнього зачеплення (поз. 1, рис. 1.2);

- для встановлення штифтів (при використанні посадок з натягом), базових втулок, які визначають положення деталей, які приєднуються до корпусу, наприклад кришки (рис. 1.1);

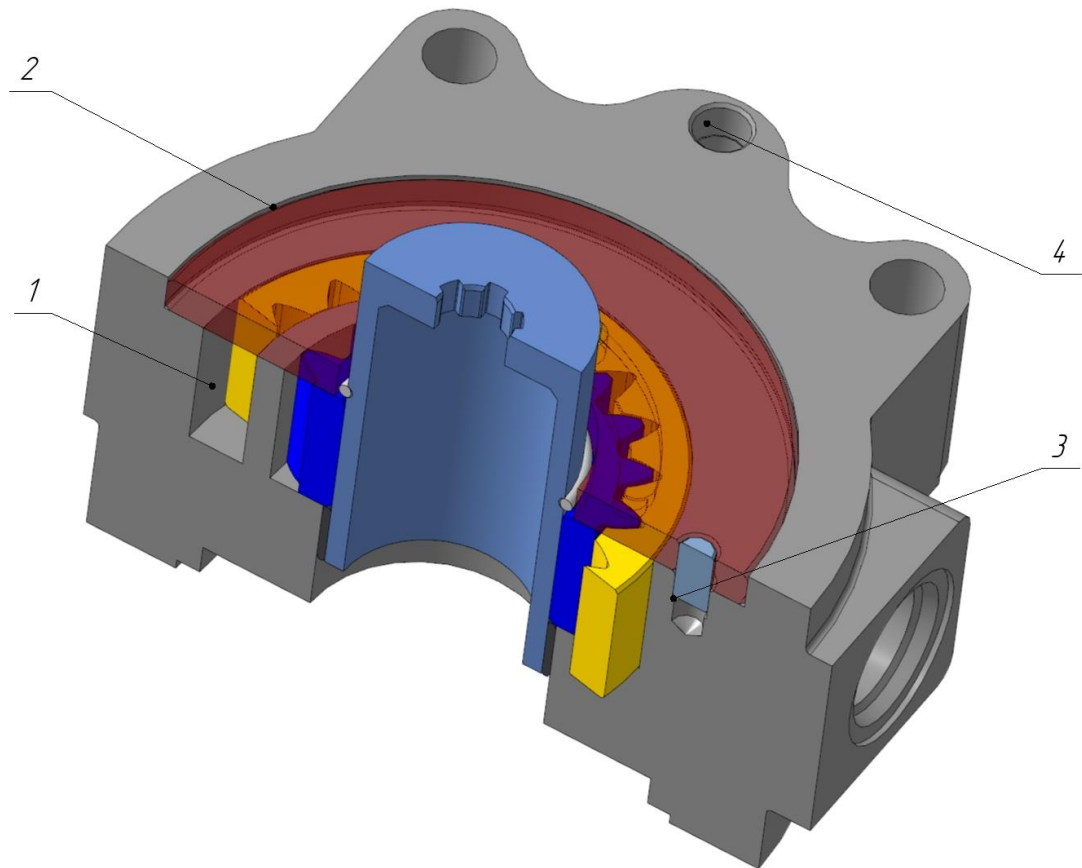


Рис. 1.2 Насос підживлення внутрішнього зачеплення

- для розміщення в них інших деталей гідроапаратури (золотники (рис.1.3, рис.1.4), поршні, розподільники), а також ущільнювачів (кільця, манжети). Якість оброблювальної поверхні важлива під час роботи гідравлічних або пневматичних пристроїв де підвищена шорсткість поверхонь може збільшити ймовірність протікання рідини або передчасного зношення ущільнюючих елементів.

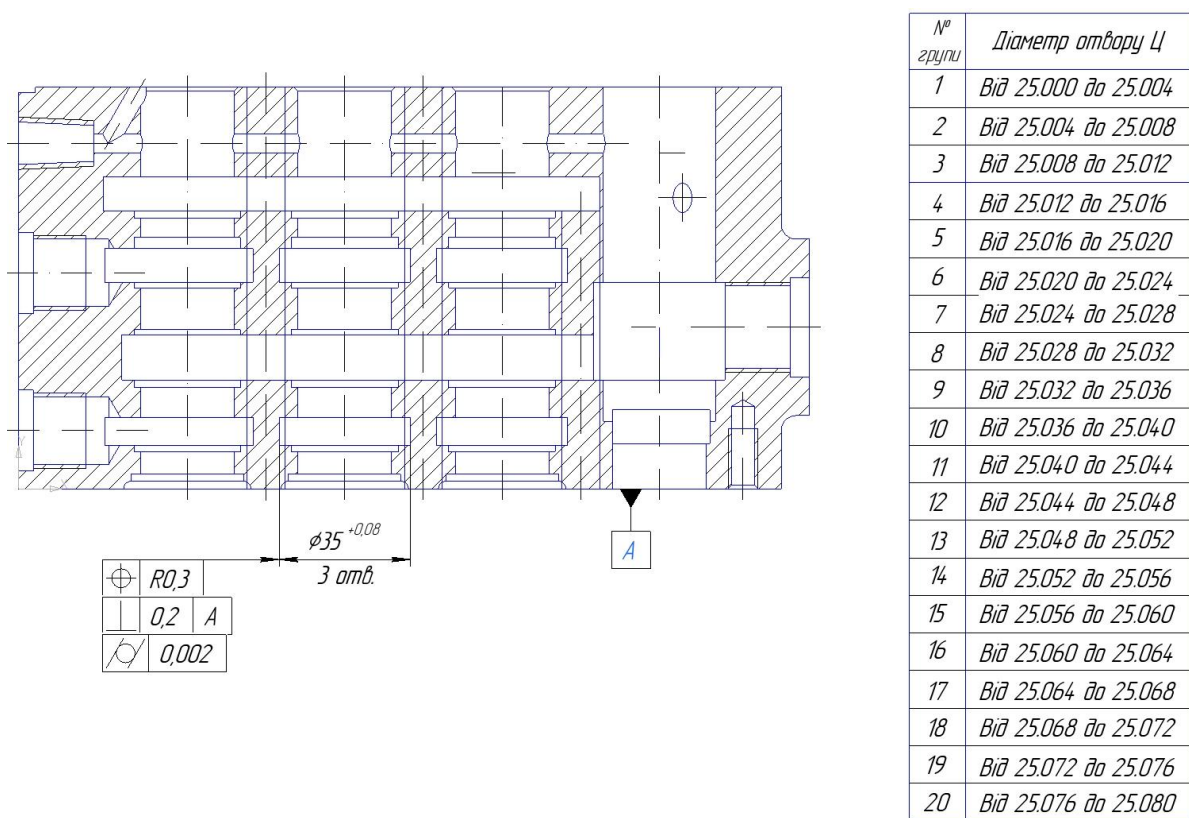


Рис. 1.3 Корпус гідророзподільника тракторної навісної системи

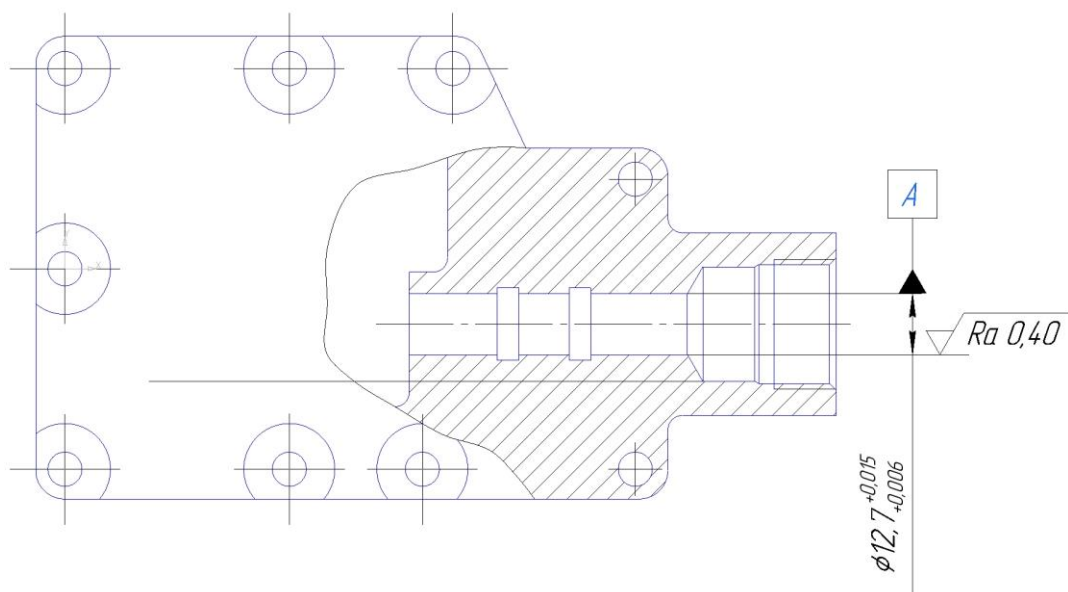


Рис 1.4 Корпус гідророзподільника насосу підживлення внутрішнього зачеплення

Зазвичай вимоги по точності розмірів відповідальних отворів корпусних деталей відповідають IT6, IT7 квалітетам точності, а вимоги по шорсткості можуть складати $Ra 0,32-1,6$. Крім того до даних поверхонь пред'являються високі вимоги по відхиленням форми та взаємного розташування. Відхилення від циліндричності в поперечному перерізі називається відхиленням від круглості, а в поздовжньому напрямку: бочкоподібністю, сідлоподібністю, зігнутістю та конусоподібністю (рис.

1.5.). При цьому вимоги до допуску циліндричності, круглості та прямолінійності вісі можуть бути досить високими і складати $\frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$ від допуску на розмір. Взаємне розташування вісі отвору до торцевої поверхні, або двох взаємно перпендикулярних отворів визначається допуском перпендикулярності, а розташування декількох паралельних отворів – допуском паралельності. Розташування поверхонь ступінчастих отворів визначається допуском співвісності.

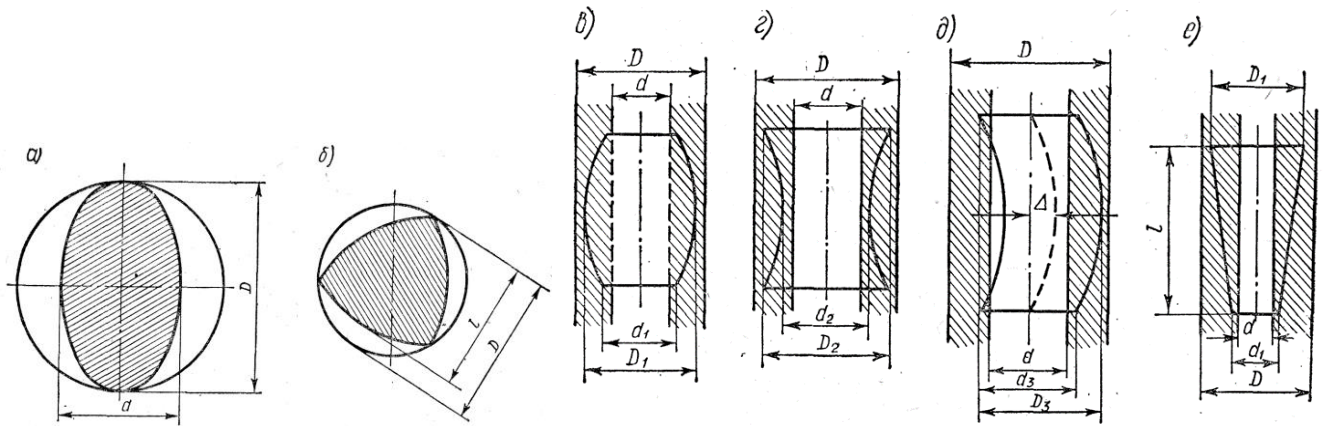


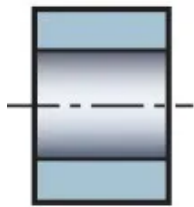
Рис. 1.5 Відхилення від круглості: а- овальність; б- огранювання;
в- бочкоподібність; г- сідлоподібність; д- зігнутість; е- конусоподібність

Визначення та класифікація отворів

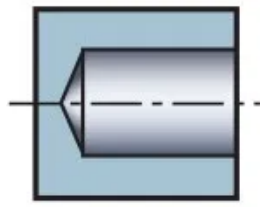
Отвір це охоплююча внутрішня поверхня в основному циліндричної форми.

Класифікація отворів за формою: циліндричні, конічні, багатокутні, шліцьові, отвори спеціальної форми.

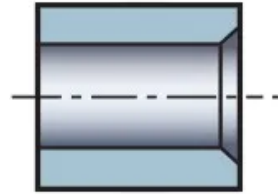
Бувають наскрізні отвори і глухі отвори (не наскрізні);



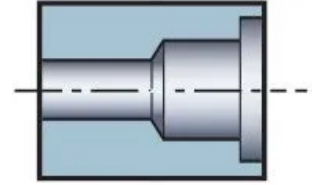
Наскрізний



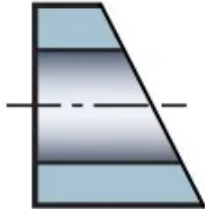
Глухий



З фаскою

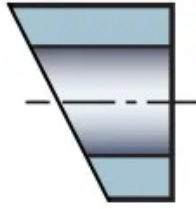


Ступінчастий



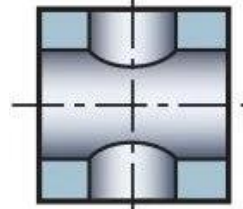
Не

перпендикулярний
вхід

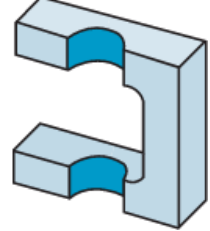


Не

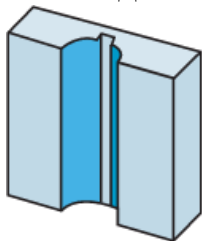
перпендикулярний
вихід



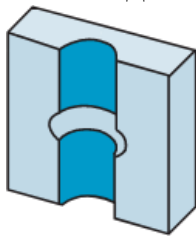
Наскрізні з осями,
які перетинаються



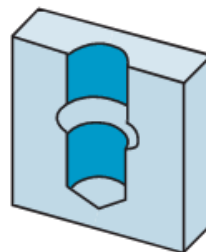
Переривчасті



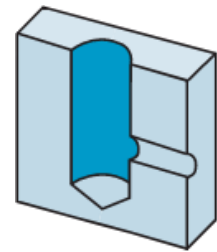
З поздовжнім
пазом



Наскрізний з
поперечною
канавкою



Глухий з
поперечною
канавкою



Глухий з осями,
які перетинаються

По довжині отвори визначаються відношенням довжини отвору L до діаметра D . Звичайні отвори коли L/D не перевищує 5. Глибокі отвори поділяються на:

- загальні $L/D=5\dots20$;
- середні $L/D=20\dots30$;
- спеціальні $L/D\geq 30$.

Відповідно до діаметру отворів є великі отвори ($D\geq 100$ мм), звичайні отвори ($D=10\dots100$ мм), маленькі отвори ($D=1\dots10$ мм) і мікро отвори ($D<1$ мм).

1.2 Постановка задач дослідження

В роботі необхідно виконати класифікацію точних отворів корпусних деталей та вимоги, які до них пред'являються. Проаналізувати основні методи обробки точних отворів корпусних деталей, обробку мірним та немірним інструментами, лезову та абразивну обробку, виконати аналіз сучасних методів обробки та розробити рекомендації для виготовлення отвору під золотник корпусу гідророзподільвача.

Проаналізувати базовий технологічний процес виготовлення корпусу гідророзподільника, виявити його переваги та недоліки, розробити прогресивний технологічний процес, вибрати металорізальні верстати, затискні, допоміжні та вимірювальні пристрої, розрахувати припуски, режими різання та норми часу.

Спроекувати та розрахувати затискний, контрольний пристрої та різальний інструмент. Виконати економічні розрахунки.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОБРОБКИ ТОЧНИХ ОТВОРІВ

2.1 Основні способи обробки точних отворів корпусних деталей

Третину від загальної механічної обробки складає обробка отворів. З розвитком науки і техніки вимоги до точності та якості отворів зростають. Зазвичай більшість отворів корпусних деталей не є наскрізними, тому маємо напівзакрите різання, проблеми з видаленням стружки, складнощі з подачею змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) в зону різання тощо.

Тому на виробництві потрібно ефективно використовувати відомі способи, інструменти, верстати для забезпечення обробки отворів різної конфігурації із необхідними показниками точності та якості.

Розрізняють механічну обробку, спеціальну обробку, електромеханічну композитну обробку тощо. Незважаючи на те, що існує багато спеціальних методів обробки, через відносно дороге обладнання та низьку ефективність обробки традиційна механічна обробка все ще є основним методом обробки отворів.

З розвитком галузей машинобудування (аерокосмічної, автомобільної, високошвидкісних потягів, вітроенергетики, верстатів та точних машин) застосування точних отворів в деталях машин зростає. Обробка отворів складніша через свої особливості, а точна обробка отворів ще складніша.

Основними особливостями обробки отворів є:

- Розміри інструмента обмежуються діаметром, довжиною та формою отвору, тому інструменти мають недостатню жорсткість при консольному закріпленні. Механічна обробка може призвести до деформації інструменту та появи вібрацій, що має прямий вплив на точність та якість обробки;
- Мають місце складнощі при видаленні стружки. Для покращення видалення стружки необхідно збільшувати стружкові канавки, що призводить до зниження міцності та жорсткості інструменту;
- Складнощі з подачею ЗОР в зону різання, тертя між інструментом, оброблюваною поверхнею отвору і стружкою дуже велике, температура в зоні різання висока, особливо під час обробки глибоких отворів, тому ЗОР відіграє важливу роль при обробці отворів. Правильний підбір ЗОР має суттєвий вплив на якість обробки, стійкість інструменту та ефективність різання.

Для подачі ЗОР використовують метод подачі її зовні та метод внутрішньої подачі під високим тиском. При першому простому способі подачі ЗОР маємо великі витрати ЗОР і поганий ефект від застосування ЗОР. При внутрішній подачі ЗОР через отвори свердл, розверток, розточувальних голівок ефективність від використання ЗОР вища, витрати менші, але інструмент є складнішим.

Сучасні дослідження показують, що ефективним є використання в якості ЗОР парового струменя. Парове розпилювальне охолодження полягає в розпилюванні ЗОР повітрям під тиском (0,3...1 МПа) в зону різання на високій швидкості, щоб краплі ЗОР при високих температурах у цій зоні, швидко випаровувались. Так як рідина при випаровуванні поглинає багато тепла, можна досягти різкого зниження температури в зоні різання;

- Неможливо безпосередньо спостерігати та контролювати процес різання, особливо під час обробки глибоких отворів невеликих діаметрів. Виникають проблеми пов'язані з автоматичним моніторингом та контролем;
- Складнощі контролю параметрів точності та якості оброблених отворів.

Сучасний стан і тенденції розвитку технології обробки отворів

В майбутньому технологія обробки отворів повинна розвиватися в напрямку надійності, довговічності та високої ефективності. Потрібно використовувати ефективні, продуктивні довговічні інструментальні матеріали, такі як дрібнозернистий цементований карбід, цементований карбід з покриттям, порошкова швидкорізальна сталь, металорізальна кераміка, полікристалічний алмаз, полікристалічний кубічний нітрид бору. При цьому можна буде використовувати високі швидкості різання, подачі, що дасть можливість підвищити продуктивність обробки.

Для виготовлення точних отворів існують різні способи і потрібно обирати найбільш економічний, який відповідає вимогам креслення.

Зазвичай корпусні деталі мають призматичну форму, або неправильну геометричну форму, точні отвори розташовуються не по вісі симетрії деталі, тому в більшості випадків при обробці отворів деталь нерухома, а головні рухи різання виконує різальний інструмент.

Розрізняють обробку лезовим інструментом (свердління, розсвердлювання, зенкерування, розвертання, протягування, прошивання, розточування, фрезерування),

абразивним інструментом (шліфування, хонінгування, притирання) та способи обробки без зняття стружки (калібрування, розкатування).

Протягування та прошивання при обробці точних отворів корпусних деталей в більшості випадків не використовують у зв'язку із неможливістю здійснення процесу обробки виходячи із форми, розмірів та жорсткості корпусу. Це ж стосується і методів обробки без зняття стружки.

Інструмент, який використовується для обробки може бути мірним та немірним.

Розміри мірного інструмента відповідають розмірам оброблюваного отвору, точність виготовлення інструмента напряму впливає на точність формуємого отвору. До обробки отворів мірним інструментом відносяться свердління, розсвердлювання, зенкерування, розгортання, хонінгування та притирання.

При обробці отворів не мірним інструментом розміри різального інструменту є меншими ніж розміри оброблюваного отвору. До обробки отворів не мірним інструментом відносяться розточування, фрезерування та шліфування.

Самими поширеними способами лезової обробки є свердління, розгортання, розточування та фрезерування з коловою інтерполяцією кінцевої або торцевої фрези.

Свердління отворів - найвідоміший процес обробки отворів в суцільному матеріалі інструментом з двома різальними кромками на торці, які стикаються в центрі. На відміну від кінцевої фрези, канавки спірального свердла не є різальними поверхнями, їхня основна функція полягає в транспортуванні стружки (по принципу шнека) з отвору. Особливо актуальним це є при обробці глибоких отворів, які потребують спеціальних циклів свердління та інструментів, що здорожчує обробку.

Свердла бувають різних форм, розмірів, конструкцій тощо. У результаті існують різні типи свердел, кожне з яких має своє унікальне застосування. Свердла виготовляються із різних матеріалів та мають різноманітні покриття. Покриття наносяться на інструмент з метою підвищення функціональних властивостей (підвищення зносостійкості, температуростійкості, теплопровідності, зменшення величини адгезії та ін.).

В таблиці 2. 1 представлені основні типи покриттів для інструментів.

Для обробки металів використовуються спіральні свердла, точкові та центрувальні свердла, колончасті свердла, ежекторні свердла, свердла зі змінними пластинами, свердла з прямолінійною стружковою канавкою та ін.

Таблиця 2.1

				
Нітрид титану	Карбонітрид титану	Нітрид титану та алюміній	Чорний оксид	Алмазне покриття

Нітрид титану підвищує твердість інструменту, швидкість різання, термін служби. Мають широке промислове застосування, але покриття не підлягає відновленню, при переточуванні інструмента.

Свердла з карбонітриду титану схожі на свердла з нітриду титану. Характеризуються слизькою поверхнею з характерним синім або фіолетовим кольором та мають підвищену твердість. В основному застосовуються для свердління твердих матеріалів.

Свердла з нітриду титану і алюмінію використовуються для свердління нержавіючої сталі та інших матеріалів при високих температурах різання мають високу стійкість.

Свердла з покриттям чорним оксидом наноситься на швидкорізальну сталь і дає можливість підвищити термостійкість, корозійну стійкість, зменшити коефіцієнт тертя. Покриття є недорогим і дає можливість покращити процес свердління.

Свердла з алмазним покриттям мають найвищу міцність і використовуються як для металів підвищеної твердості так і для твердих неметалевих матеріалів, наприклад скла.

Для виготовлення свердл використовують швидкорізальну, вуглецеву, кобальтову сталі, карбід вольфраму, полікристалічний алмаз.

До складу швидкорізальної сталі входять вольфрам, хром, вуглець і ванадій, тому свердла мають високу твердість, міцність, зносостійкість і термостійкість. Назва «швидкорізальна сталь» пояснюється здатністю обробки з високими швидкостями

Свердло з вуглецевої сталі можуть виготовлятися з низьковуглецевої сталі та високовуглецевої сталі в залежності від кількості присутнього вуглецю.

Свердла з низьковуглецевої сталі не використовують для обробки металів, свердла з високовуглецевої сталі мають підвищену міцність завдяки термічній обробці матеріалу та процесу загартування. Але при перегріві вони можуть втратити свою ріжучу кромку.

Сплав кобальтової сталі містить приблизно 5-8% суміші кобальту, що підвищує твердість, термостійкість. Тому в основному використовуються для свердління нержавіючої сталі та інших твердих матеріалів.

Свердла виготовлені з карбіду вольфраму мають підвищену твердість та крихкість. Є дорогими, але ними можна обробляти практично усі матеріали. Із-за дороговизни вони в основному призначені для виготовлення різальних пластин та наконечників свердл.

Полікристалічний алмаз (алмазні частинки пов'язані із спеченою масою карбіду вольфраму). Свердла з полікристалічного алмазу є найтвердішими. Мають широке застосування і підходять для будь-яких матеріалів, але дороговизна обмежує їх широке промислове використання.

Отвори можна свердлити лише перпендикулярно до поверхні, якщо потрібен отвір на вигнутій або кутовій поверхні, додатково потрібно обробити площину, (рис. 2.1) для нормальної роботи свердла, наприклад фрезеруванням.



Рис. 2.1 Свердління отворів на вигнутій площині

При свердлінні особливу увагу потрібно приділяти виведенню стружки при обробці глибоких отворів особливо при обробці отворів в деталях із алюмінієвих сплавів (рис. 2.2).

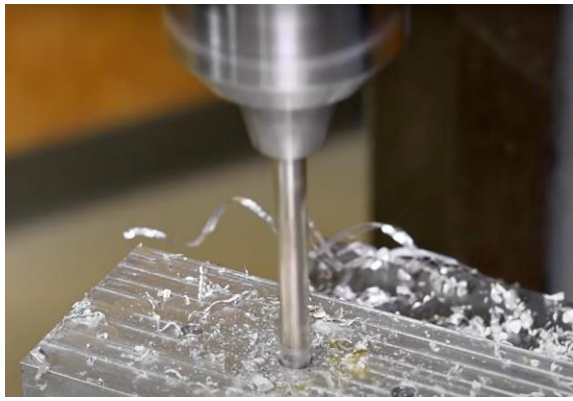


Рис. 2.2 Залипання стружки при обробці глибоких отворів в деталях із алюмінієвих сплавів

Стружка застрягає в канавках свердла, що збільшує виділення тепла під час різання і приводить до негативних наслідків. Цю проблему найкраще дає можливість вирішити подача ЗОР по вісі інструмента під високим тиском прямо в зону різання, охолоджуючи та виносячи стружку. Якщо верстат не оснащений системою подачі ЗОР по вісі інструмента, проблему можна вирішувати за рахунок циклічної подачі інструмента (розривання стружки та видалення її із зони різання).

Існують свердла з параболічною геометрією стружкових канавок, які здатні ефективніше виводити стружку із отвору.

При зменшенні швидкості обертання шпинделя та при сталій подачі інструмента на оберт, вдається зменшити виділення тепла і ймовірність зварювання стружки та її залипання в стружкових канавках.

Важливим є початок обробки точковим свердлом, яке є значно коротшим за звичайне свердло і має мінімальний розмір стружкових канавок, що робить його значно жорсткішим і дає можливість забезпечити точний стартовий конус та дає можливість керувати подальшим процесом свердління.

Кут точкового свердла вибирається (зазвичай 120°) таким, щоб дорівнювати або перевищувати кут точки свердління. Ідея полягає в тому, щоб центр свердла контактував і починав різати перед зовнішніми краями. Діаметр конуса залишеного точковим свердлом на заготовці повинен становити приблизно 75% діаметра свердла для обробки отвору. Але навіть при виконанні точних інструментів, попереднього засвердлювання точковими свердлами з метою правильного напрямку вісі отвору, подачі ЗОР під тиском по вісі інструменту – процес свердління не є особливо точним. Точність виготовлення відповідає IT10...IT14 квалітетам точності.

При свердлінні отворів перевагу потрібно надавати використанням верстатів з ЧПУ. Обробка на верстатах з ЧПУ відрізняється високою точністю, автоматизацією, широкою універсальністю, високою відтворюваністю.

Нижче представлено сучасні інструменти для свердління отворів.

Свердло зі змінними пластинами (рис. 2.3), які характеризуються високою надійністю, точністю, можуть працювати з високою хвилинною подачею, забезпечують стабільну якість, мають низьку величину биття, зігнуті канали для подачі ЗОР підвищують жорсткість свердла, а стружкові канавки різної форми забезпечують надійне відведення стружки. Дають можливість обробляти отвори діаметром від 12 до 65 мм довжиною до 325 мм із точністю по 11-13 квалітету.



Міцний надійний корпус



Подача ЗОР по
зігнутим каналам



Оптимізована конструкція пластин



Центральна
пластина



Периферійна
пластина

Рис. 2.3 Свердло зі змінними пластинами

Свердло зі змінною голівкою (рис. 2.4), підвищує продуктивність обробки, зменшує витрати в розрахунку на отвір, є можливість використання високих хвилинних подач, забезпечує високу якість отвору. Стружкові канавки мають оптимальну форму, розмір та кут підйому і забезпечують надійну евакуацію стружки під час обробки.

Геометрія різальної голівки забезпечує високу надійність процесу, надійне подрібнення стружки. Дає можливість обробляти отвори діаметром від 10 до 35 мм довжиною від 3D до 12D мм із точністю по 9-10 квалітетах.



Коротке свердло

Довге свердло

Різальна вставка

Канали для подачі ЗОР

Рис. 2.4 Свердло зі змінною голівкою

Для забезпечення виготовлення точного отвору обробка виконується декількома інструментами, причому перший має значно менший діаметр отвору та збільшується з наступним інструментом. Це робиться для зменшення сили різання і, отже, відхилення осі. Колонкове свердління виконується відразу після свердління. Коронкове свердло має три ріжучі кромки замість однієї, тому процес різання є більш

стабільним. Колонкові свердла знімають припуск до 0,5 мм, але їх безсумнівними перевагами є можливість корекції осі.

Фрезерування отворів. Спіральне фрезерування є сучасним альтернативним процесом виготовлення отворів. Для виконання процесу фрезерування отворів використовується кінцева фреза, яка рухається по гвинтовій траєкторії. Спіральне фрезерування можна використовувати для створення отворів практично будь-якої конфігурації, при цьому меншими є сили різання та зношення інструменту, а якість отворів може бути досить високою.

Фрезеруванню є альтернативою звичайному свердлінню (25-30% від загальної металообробки) і являється поширеним способом виготовлення отворів. Незважаючи, що, при свердлінні маємо просту кінематику верстата, свердління має ряд недоліків, які виправдовують використання більш складної техніки фрезерування.

Одним із таких недоліків є залежність швидкості різання від діаметра. Швидкість найвища у зовнішній периферійній ділянці і практично дорівнює нулю в центрі свердла. Тому процес обробки поблизу осі обертання насправді є не різанням, а пластичною деформацією. Це збільшує силу відтискання інструменту (осьову силу), який при цьому швидко зношується.

Через осьову силу свердло, особливо зношене, буде вигинати тонкий шар металу, при виході із отвору (рис. 2.5). Залишки матеріалу, які внаслідок цього утворюються, потрібно видаляти за допомогою додаткових операцій. При використанні спірального фрезерування величина залишкового матеріалу значно зменшується.

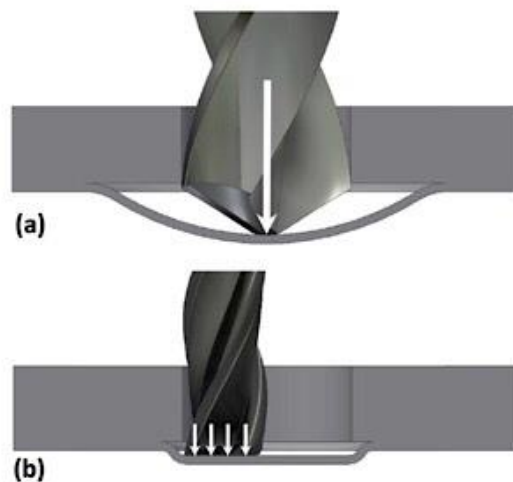


Рис. 2.5 Дефекти при виході інструмента під час свердління (a) та спірального фрезерування (b)

При свердлінні маємо складнощі при виведенні стружки, яка видаляється з отвору лише через стружкові канавки свердла. Видалення стружки впливає на якість поверхні отвору та температуру різання. Коли частинки стружки рухаються від зони різання через канавки, вони викликають зношення отвору та знижують точність обробки. Як відомо із досліджень, стружка переносить до 80% тепла, тому проблеми з видаленням стружки підвищують температуру інструмента, який внаслідок цього підлягає швидкому зношуванню. Щоб покращити процес видалення стружки використовуються дискретні методи свердління, які збільшують час обробки.

При спіральному фрезеруванні кінцева фреза повинна рухатись гвинтовій траєкторії (рис. 2.6), тобто повинні поєднуватись рухи по вертикальній вісі z і горизонтальним осям x та y . Написання управляючої програми в ручному режимі є складним процесом, але більшість САМ-систем прийняли спіральне фрезерування як одну із стандартних стратегій обробки.

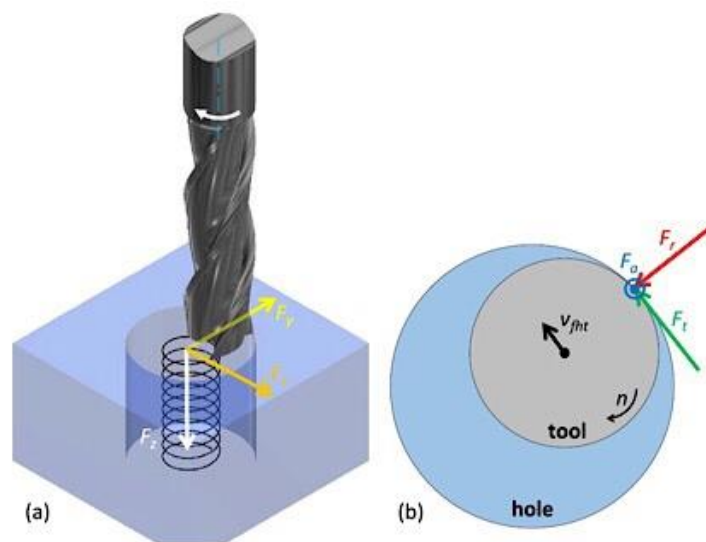


Рис. 2.6 Спіральне фрезерування отворів

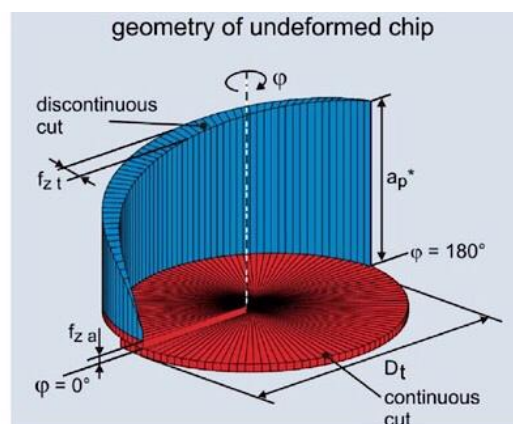


Рис. 2.7 Параметри зрізів при спіральному фрезеруванні отворів

Геометрія зрізу при спіральному фрезеруванні отворів складається з двох зон (рис. 2.7): синьої, яка утворюється збоку торцю фрези, і червоної, яка утворюється збоку периферійної частини фрези. Співвідношення між двома зонами визначається лише діаметрами фрези та отвору.

Зі збільшенням діаметра фрези збільшується синя зона. При цьому виникають підвищені вібрації інструменту (синя стружка є розривною) і погіршується якість обробки.

При збільшенні об'єму стружки, який видаляється периферійною частиною фрези зростають радіальні сили різання F_r (рис. 2.6), і це призводить до відтискання інструменту в середину оброблюваного отвору і зменшенню глибини різання, що призводить до неточностей обробки. При збільшенні діаметра фрези, збільшується її жорсткість і відтискання інструмента зменшується.

Якщо використовувати фрезу меншого діаметра, то буде переважати червона зона (рис. 2.7), тому радіальна складова сили різання буде меншою, це призведе до зменшення вібрацій і, як наслідок підвищення точності обробки, але зменшення діаметра інструменту призводить до зменшення його жорсткості.

Тому для обробки точних отворів обробку необхідно виконувати двома інструментами: попередню обробку потрібно виконувати інструментом більшого діаметра, а кінцеве фрезерування потрібно виконувати інструментом меншого діаметра з невеликою глибиною різання та подачею. На рис. 2.8 представлено цільнотвердосплавну кінцеву фрезу загального використання.

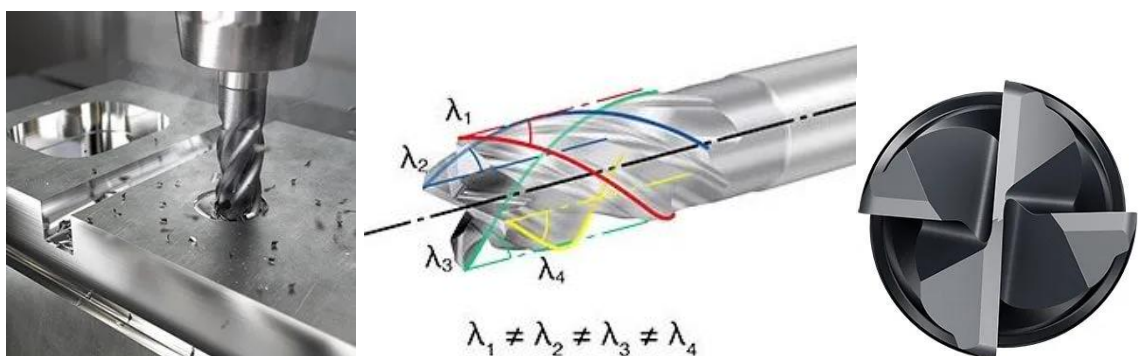


Рис. 2.8 Кінцева фреза загального використання

Переваги спірального фрезерування отворів.

- Одним інструментом можна обробляти отвори різних діаметрів;

- Можливість обробки отворів великих діаметрів одним інструментом із зменшенням подачі при чистовому проході (наприклад, при свердлінні отворів великих діаметрів 35 мм потрібно використати три свердла);
- Можливість забезпечення високих показників точності (IT7) та якості (Ra 1,25) при фрезеруванні одним інструментом;
- Низька температура різання та надійне видалення стружки у зв'язку з тим, що фреза не займає увесь простір отвору (на відміну від свердління). Розпилена в отвір ЗОР легко видаляє стружку та зменшує температуру.
- Можливість передбачення зношення інструменту та внесення змін в траєкторію його переміщення. Інструмент при свердлінні знаходиться в отворі і при його зношенні воно може зламатись і застрягти в отворі. При фрезеруванні отворів можна розрахувати знос використовуючи стандартні розрахунки, можна корегувати траєкторію переміщення інструменту у зв'язку із його зносом. На поверхневий знос інструменту, який визначає термін його служби має вплив стружка червоної зони (рис. 2.7).

До недоліків можна віднести залежність точності обробки від допуску на діаметр фрези, використанням компенсації діаметра інструменту G41 або G42, зношенні кульково-гвинтових направляючих. Тому точність допуску на розмір є меншим у порівнянні із розточуванням отворів.

Розвертання отворів. Розвертання отворів відноситься до чистової обробки точних отворів багатолезовим інструментом, який видаляє тонкий шар матеріалу збільшуючи отвір на 0,05-0,1 мм. Розвертанням обробляють отвори, які попередньо оброблені, наприклад за допомогою свердління. Розвертка (рис. 2.9) має невелику фаску на своєму кінці, яка виконує основну частину різання.

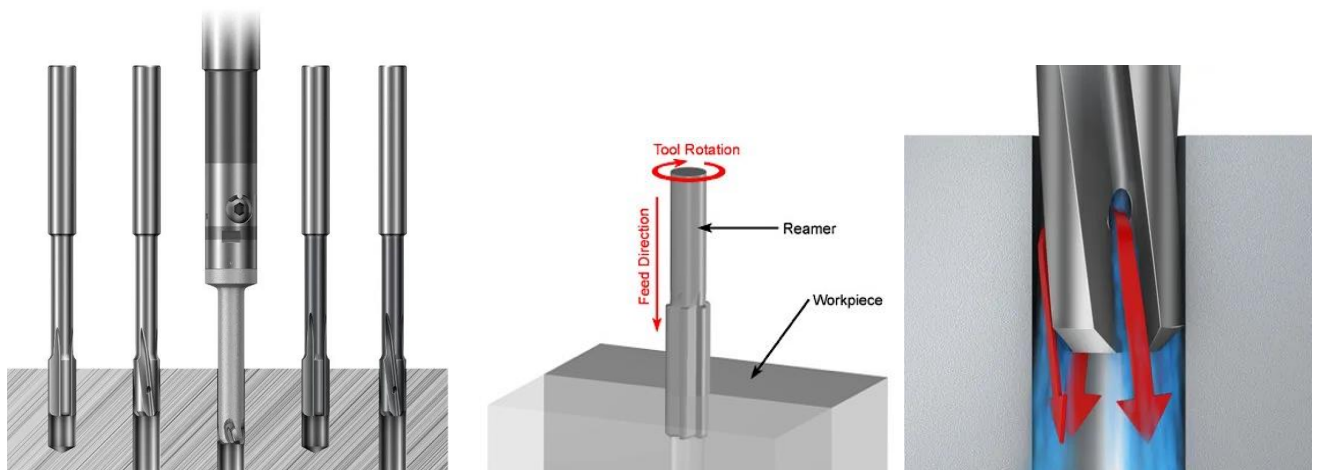


Рис. 2.9 Розвертання отворів

Використання розверток виконується на вдвічі меншій швидкості та подвійній подачі на оберт ніж при свердлінні та при використанні ЗОР з підвищеними мастильними властивостями. Розвертання дає можливість забезпечити високу точність діаметра, якість поверхні, високі показники по точності форми, а саме круглості рис. 2.10. Але якщо отвір знаходиться в неправильному місці або є не перпендикулярним то розгортання не покращить ситуацію.

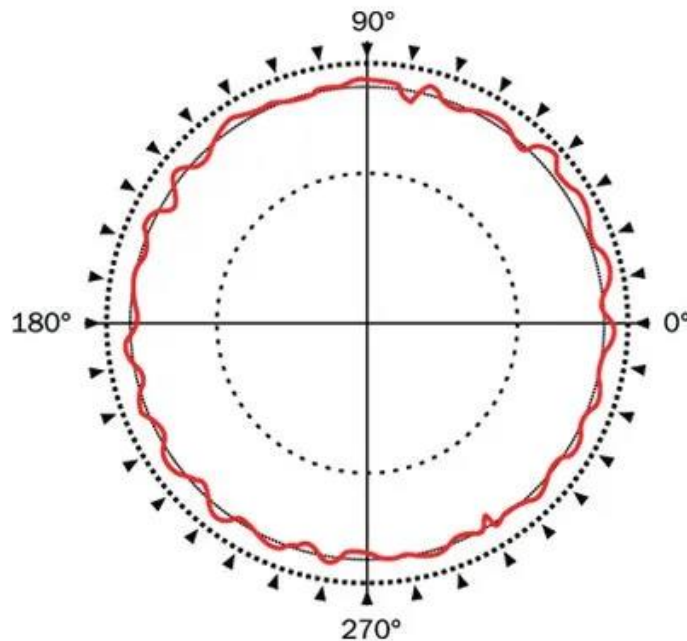


Рис. 2.10 Відхилення від круглості при розвертанні отворів

Високих показників по формі отвору вдається досягти за допомогою виконання різного кутового кроку для зубців розвертки, при цьому ні один із зубців розвертки не розміщується діаметрально протилежно іншому, завдяки цьому розвертка формує круглий отвір.

Розвертка не може виконати виправлення розташування вісі отвору.

Розвертки можуть мати різну кількість зубців, як правило парну, прямі та гвинтові канавки, виготовляться із різних матеріалів, бути цільними та збірними.

Розвертання виконується для підвищення якості отвору, при цьому точність отвору складає від ІТ 7 до ІТ 6. Характерна особливість даного способу обробки полягає в тому, що відбувається само центрування розвертки в отворі.

При виборі низьких значень подачі f_z (рис. 2.11) або при малих значеннях головного кута в плані k товщина зрізаемого шару h буде невелика. Наприклад це відбувається при використанні розверток зі змінним кроком з головним кутом в плані $k \approx 1^\circ$. В даному випадку можливі труднощі з видаленням стружки з отвору.



Рис. 2.11 Залежність товщини зрізаного шару h від кута в плані k

При розвертанні необхідно приймати до уваги мінімальну товщину зрізаного шару $h_{\min}$. Якщо товщина зрізаного шару менше даної величини, різальна кромка не врізається в матеріал, відбувається всього лише його пружна деформація. При цьому під дією тиску та тертя збільшується інтенсивність зносу різальної кромки.

В діапазоні швидкостей різання для розвертання мінімальна товщина зрізаного шару $h_{\min}$ складає:

$$h_{\min} = (0,5 \dots 1,0) \cdot r_n,$$

де: r_n - округлення різальної кромки.

Найбільшого покращення врізання різальної кромки можна досягти за рахунок «тягнучого» різання спіральної розвертки з малим кроком, який забезпечується великим від'ємним кутом нахилу.

Різальні кромки можуть бути направлені прямо, по лівій спіралі з великим кроком або по спіралі з малим кроком (рис. 2.12).



Рис. 2.12 Машинні розвертки:

а) – прямі різальні кромки; б) – ліва спіраль з великим кроком; в) – спіраль з малим кроком

Ліва спіраль з великим кроком забезпечує більш високу чистоту обробки поверхні, однак потребує вільного відведення стружки і тому не завжди може бути використана для розвертання глухих отворів.

Спіраль з малим кроком підходить для великих подач, особливо в м'яких матеріалах.

Велике значення для виконання розгортання є діаметр попередньо обробленого отвору, який має бути на 2-4% меншим за кінцевий розмір отвору.

Однією із сучасних конструкцій розверток є модульна конструкція розвертки із змінною різальною голівкою (рис. 2.13). Різальна голівка встановлюється в корпусі розвертки з високою точністю, при цьому радіальне биття складає менше 3 мкм.



Рис. 2.13 Модульна розвертка зі змінною різальною голівкою

Перевагами такої конструкції розвертки є висока якість обробки, швидка та легка зміна різальної голівки, висока хвилинна подача, ефективне видалення стружки та охолодження при направленні СОЖ на кожне різальне лезо, можна використовувати в нахилених отворах та отворах, які перетинаються.

Плаваючі розгортки (плаваючі патрони) (рис. 2.14) дають можливість виправити помилки розташування попередньо обробленого отвору та розташування розвертки. Вони сумісні з усіма типами розгортки і усувають помилки руху, що виникають від неточностей верстата та затискних пристроїв. Ці помилки можуть включати зміщення шпинделя, теплове розширення та осьовий зсув.



Рис. 2.14 Плаваючий патрон для розверток

Твердосплавні розгортки ідеально підходять для обробки матеріалів із високою стійкістю до стирання, забезпечуючи довший термін служби інструменту, а отвір при цьому має високу точність та якість.

Переваги розгортання:

- Невеликий час обробки. Розвертання виконується багатолезовим інструментом до 10 в залежності від розмірів. При цьому скорочується тривалість циклу обробки а значна кількість зубців дозволяє використовувати більшу швидкість подачі.
- Простота процесу. Налаштувати розгортки виконується досить легко. Інструмент не потребує постійного регулювання діаметра є стабільним та безпечним.
- Покращена якість. Розгортання забезпечує кращу якість, ніж розточування, завдяки численним ріжучим кромкам.

Розгортання є одним із стандартних методів обробки, є економічним і практичним методом обробки отворів невеликих діаметрів.

Розточування отворів. Розточування - використовується для збільшення попередньо просвердленого або відлитого, штампованого отвору, але при цьому підвищується точність його розмірів, форми, взаємного розташування та якості.

Розточування може бути чорновим, чистовим та тонким. В залежності від використовуваної кінематичної схеми інструмент може працювати на розтяг та на стиск. Розточуванням можна обробляти глухі та наскрізні отвори, суцільні та переривчасті.

Метою чорнового розточування є виправлення положення вісі попередньо обробленого отвору та зняття основної частини припуску при підвищеній продуктивності процесу.

Метою чистового розточування є забезпечення правильної геометричної форми, точності розміру, якості оброблюваної поверхні при збереженні положення та прямолінійності вісі отвору отриманого на попередній операції.

Тонке розточування призначене для особливо точної обробки при малих глибинах різання 0,05-0,3 мм, малих значеннях подачі та високою швидкістю різання. Забезпечує досягнення отворів правильної геометричної форми з точним розташуванням вісі отвору і параметрами якості $Ra\ 0,63...0,063$.

Як правило чорнове розточування виконують багатолезовим інструментом, найчастіше з двома або трьома пластинами (рис. 2.15), а чистове та тонке розточування – однолезовим інструментом (рис. 2.16).



Рис. 2.15 Особливості та типи чорнових розточувальних голівок

Для зменшення вібрації при обробці глибоких отворів використовують антивібраційні адаптери. Вібрації є причинами погіршення якості обробки, зниження точності, продуктивності, підвищеного зносу інструмента та верстат, появи шуму.



З регулюванням по Ноніусу та внутрішнім підведенням ЗОР



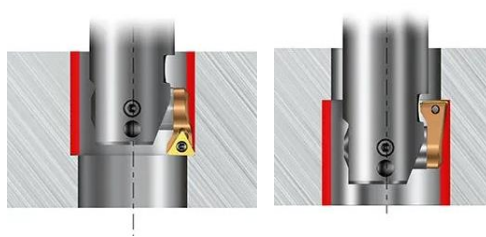
З антивібраційною оправкою для обробки глибоких отворів



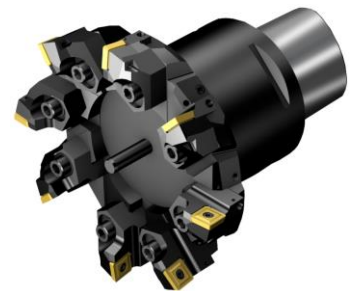
Механізм мікрорегулювання розміру



Для розточування отворів малого діаметра з внутрішнім підведенням ЗОР



Пряме та зворотнє розточування



Для високоточного розточування з точним регулюванням та регульованим противісом

Рис. 2.16 Особливості та типи чистових розточувальних голівок

Використання однолезового інструменту дає можливість досягнення прямолінійності отвору.

Найдоцільнішим є використання розточування при виготовленні отворів великих діаметрів з високими вимогами до точності, а при обробці отворів малих діаметрів при високих вимогах не тільки по точності, а й по положенню вісі отвору та прямолінійності.

Якість обробленої поверхні залежить від величини подачі. При збільшеній величині подачі оброблена поверхня може мати дефекти у вигляді ліній різання, або. Як правило, розточування починають зі швидкістю подачі від 0,1 до 0,2 мм на оберт.

Для виконання операції розточування використовуються розточувальні голівки, які мають ексцентриковий різець, або різці. Як правило, розточувальна голівка є

регульованою дає можливість охопити певний діапазон розмірів. Налаштування розточувальної голівки є витратним процесом, але після налаштування можна забезпечувати високу точність обробки діаметра отвору та його розташування до 5 мкм в залежності від биття шпинделя верстата та точності столу. Розточування дозволяє виправити похибки попередньої обробки та забезпечити високу точність позиціонування (відхилення вісі IT7-IT9). Шорсткість є нижчою ніж при розвертанні.

Шліфування отворів в корпусних деталях. Точне шліфування – це один із видів шліфування, яке призначене для обробки деталей з дуже малими допусками. Дозволяє обробляти заготовки з точністю діаметра до $\pm 1,3$ мкм та до 0,25 мкм для відхилення від круглості.

Так як при обробці точних отворів корпусних деталей в силу описаних вище причин не вдається забезпечити обертання деталі під час обробки використовується схема планетарного шліфування з нерухомою деталлю (рис. 2.17).

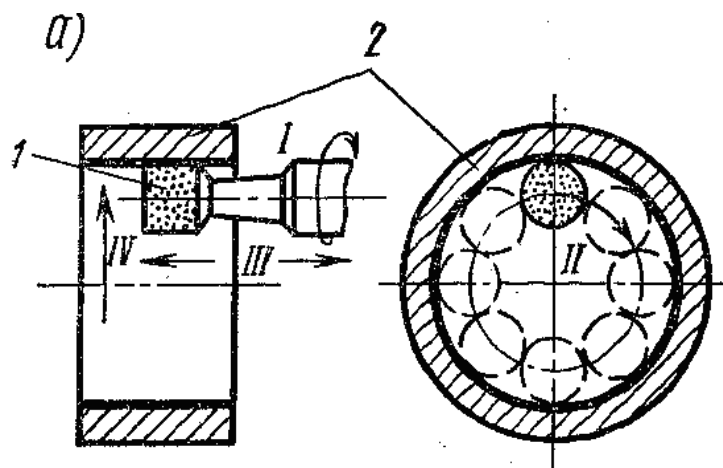


Рис. 2.17 Планетарне шліфування з нерухомою деталлю:

I – обертання шліфувального круга навколо власної вісі; II – планетарний рух шліфувального круга по колу внутрішньої поверхні деталі; III – зворотно-поступальний рух шліфувального круга вздовж вісі деталі; IV – поперечне переміщення шліфувального круга (поперечна подача)

Даним методом, зазвичай обробляють отвори діаметром більше 50 мм, схема обробки має складну кінематику і невисоку продуктивність.

Хонінгування отворів. Ідея хонінгування виникла у 1500-х роках коли Леонардо да Вінчі розробив інструмент для обробки дерев'яних труб. Інструмент використовував комбінацію обертання та прогладжування та містив абразивний пісок.

Наступний інструментами складався із дерев'яних брусків з абразивним папером які за допомогою пружин притискалися до оброблюваних поверхонь. У 1924 році запатентовано п'ятистрижневий хонінгувальний інструмент з карданним шарніром і пружинною подачею. На початку 1930-х років хонінгування вперше було застосовано пакетному хонінгуванні шатунів.

Хонінгування відноситься до процесів фінішної високоточної обробки отворів за допомогою спеціального різального інструмента – хона (рис. 2.18). Хон складається з регульованих дрібнозернистих абразивних чи алмазних брусків або розрізних втулок з нанесеним алмазним. Для хонів (хонінгувальних голівок) основним вузлом є механізм регулювання хонінгувальних брусків на потрібний діаметр обробки. При обробці отворів малих діаметрів механізм регулювання здійснюється в ручному режимі або за допомогою спеціальних пристроїв на шпинделі верстата.

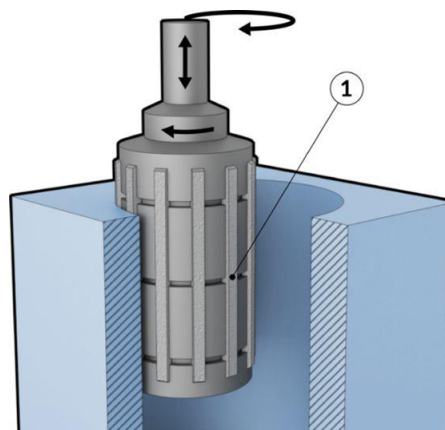


Рис. 2.18 Хонінгування отвору

Хонінгування використовують для остаточної обробки отвору із забезпечення високої точності розміру, полірування попередньо обробленої поверхні, наданні поверхні необхідного малюнку шорсткості. При хонінгуванні відбувається поліпшення якості заготовки за рахунок тривалого контакту з абразивними зернами, та виправляються помилки, зроблені під час попередніх операцій обробки.

Швидкість видалення матеріалу під час хонінгування нижча, ніж при точному шліфуванні, тому температури в зоні різання менші. Хонінгуванням можна обробляти нежорсткі отвори у зв'язку із невеликими зусиллями при обробці.

Машинне хонінгування, яке виконують зазвичай на верстатах оснащених системами ЧПУ дає можливість керувати обертальним та зворотно-поступальним рухами хона при стандартному тиску брусків на оброблювану поверхню. Це дає

можливість забезпечити необхідні параметри точності та якості, а також необхідні візерунки в отворі (що важливо для отворів де відбувається гідравлічне регулювання).

При ручному хонінгуванні верстатник виконує подачу хона в осьовому напрямку вручну, що дає більшу автономію під час хонінгування. Даний метод є менш поширеним оскільки є трудомістким і форма отвору може мати відхилення.

Для здійснення процесу хонінгування, як правило, використовуються верстати з вертикальним шпинделем з метою зменшення впливу сили тяжіння на точність обробки.

В якості матеріалу різальної частини використовують абразивні зерна, які видаляють невелику кількість матеріалу з поверхні, щоб забезпечити чисту поверхню. Абразивні бруски (рис. 2.19) можуть складатися з одного виду абразивного матеріалу, або з металевої основи і алмазного шару. Найбільш поширеними різальними матеріалами є карбід кремнію, оксид алюмінію, кубічний нітрид бору (CBN) та алмаз.

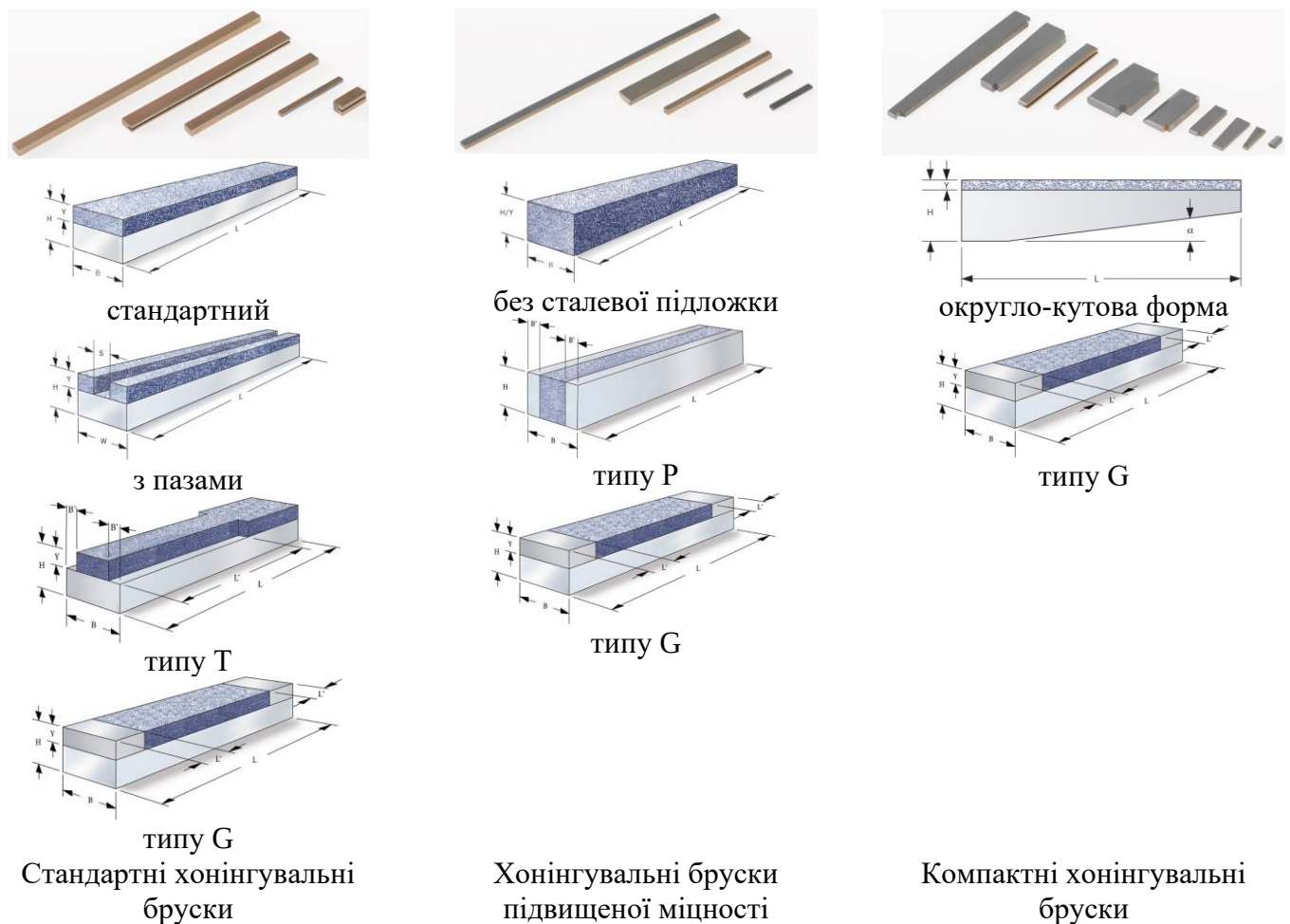


Рис. 2.19 Типи абразивних брусків

Для нанесення на корпус інструмента алмазного абразиву або абразиву із кубічного нітриду бору використовують гальванічний метод, що забезпечує відмінні характеристики різання завдяки високому виступанню зерна (рис. 2.20) і зменшенню температури в зоні різання завдяки хорошему відведенню тепла, а також порівняно невисокою вартістю.

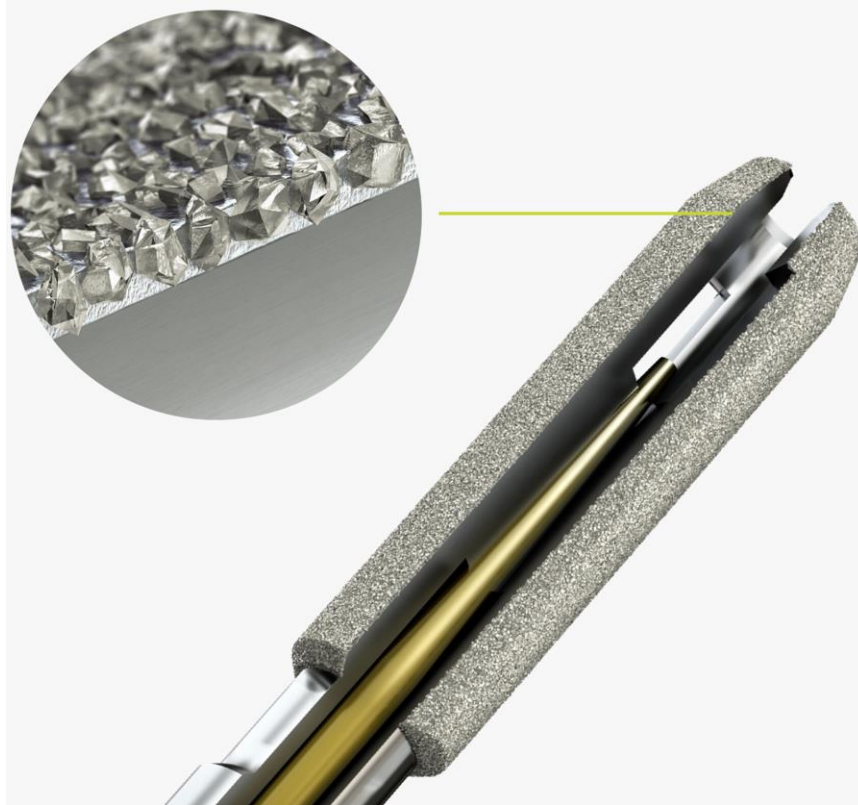


Рис. 2.20 Покриття із алмазу або кубічного нітриду бору нанесені гальванічним способом

Хонінгування процес обробки отворів зв'язаним абразивом при повному контакті усієї робочої поверхні інструмента з оброблюваною поверхнею.

При хонінгуванні досягається мікронна точність по забезпеченні точності розміру, круглості, конусності та прямолінійності.

В якості різальних елементів при хонінгуванні використовуються бруски у яких зерна абразиву утримуються спеціальною зв'язкою або спеціальні інструменти в яких зерна нанесено на метал. Інструмент при хонінгуванні виконує обертальний рух та зворотно-поступальний в результаті чого на оброблюваній поверхні утворюється перехресна сітка (рис. 2.21), крім того інструменту для покращення параметрів обробки надається додатковий коливальний рух в осьовому напрямку (ультразвукові коливання).

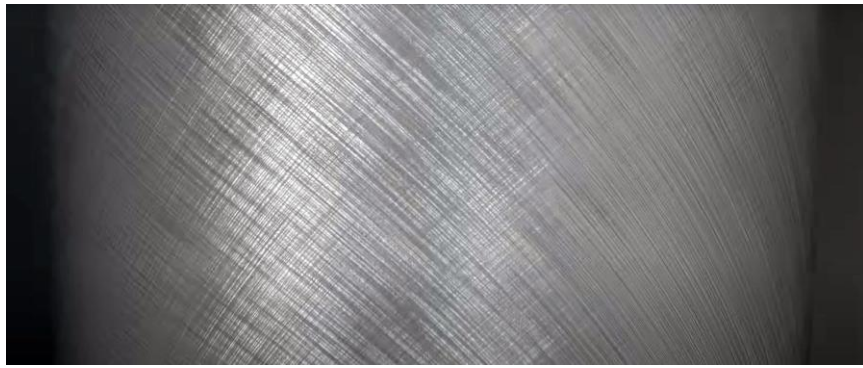


Рис. 2.21 Перехресна сітка на оброблювальній поверхні після хонінгування

Механізм подачі абразивних брусків або збільшення діаметру розрізних втулок з нанесеним абразивом повинен бути жорстким і виконується у вигляді конусу, клина або шліцьового валу, які при взаємодії із зворотними елементами бруска або втулки будуть забезпечувати їх подачу в процесі хонінгування. Якщо система не буде жорсткою, а підпружиненою хон буде повторювати параметри попередньо обробленого отвору.

На рис. 2.22 представлені основні типи хонінгувальних голівок.

Процес хонінгування є особливо точним процесом, тому для його успішної реалізації потрібно забезпечити виконання ряду умов:

- Інструмент повинен бути високоточним, хонінгувальні бруски повинні бути по усій довжині контактувати з оброблюваною поверхнею, бути паралельними один до одного, тому хонінгувальна голівка підлягає вихажуванню за допомогою спеціальних втулок з розміром, який відповідає розміру оброблюваного отвору;
- Попередньо оброблений отвір перед хонінгуванням повинен мати високі вимоги до прямолінійності осі отвору, яку хонінгуванням виправити складно і мати рівномірний припуск;
- Необхідно забезпечити мінімально необхідне зусилля на абразивні бруски при якому відбувається необхідний режим різання;
- Необхідно використовувати затискні пристрої, які не будуть викликати деформацію оброблюваної деталі, але при цьому забезпечувати надійний затиск;
- ЗОР повинна забезпечити змащування та охолодження до кімнатної температури, виносити частинки абразиву та обробленого матеріалу із зони різання і підлягати фільтруванню під час обробки.



- діапазон отворів 6-60 мм
- для довгих отворів



- діапазон отворів 4-40 мм
- з одним або декількома брусками



- діапазон отворів 1-20 мм
- алмазне покриття або CNB
- вбудований механізм розтискання



- діапазон отворів 60-190 мм
- однопрохідний хонінгувальний інструмент



- діапазон отворів 50-1000 мм
- бруски із карбіду кремнію



- діапазон отворів 30-500 мм
- бруски із оксиду алюмінію

Рис. 2.22 Хонінгувальні голівки різних типів

При виконанні вище перерахованих вимог можна забезпечити точність отвору в межах 1-0,5 мкм.

Розрізні втулки із алмазним покриттям (рис. 2.23) забезпечують високу продуктивність хонінгування навіть найскладніших матеріалів, які неможливо обробити іншими методами.



Рис. 2.23 Розрізна втулка із алмазним покриттям

Використання даних втулок забезпечує високу продуктивність та стійкість у порівнянні із іншими різальними матеріалами.

2.2 Сучасні способи обробки точних отворів корпусних деталей

В даному розділі виконано аналіз сучасних способів та інструментів для обробки точних отворів.

Регульована розгортка з однією змінною різальною пластиною (рис. 2.24) забезпечує високу точність обробки. Завдяки трьом металокерамічним направляючим накладкам і системі точного регулювання за допомогою даних розверток вдається досягти допуску на отвір IT6 і якості поверхні Ra 0,25. Розвертки є високорентабельними, оскільки їх змінна різальна пластина має дві різальні кромки. Відрізняються високою універсальністю завдяки оптимізованій геометрії, для різних оброблюваних матеріалів та двом варіантам подачі ЗОР: при обробці наскрізних отворів (стружка просувається вперед) або глухих отворів (стружка штовхається назад).



Рис. 2.24 Регульована розгортка з однією змінною різальною пластиною

Інтерес представляють алмазні розгортки (рис. 2.25) для високоточної обробки суцільних та переривчастих отворів. Розвертки застосовуються комплектом із 2-3 шт. в залежності від параметрів точності та якості отвору.

Точність обробки до 3 мкм, діапазон діаметрів оброблюваних отворів 4-100 мм, висока стійкість інструменту 1000...50000 отворів в залежності від матеріалу, режимів, ЗОР та ін.

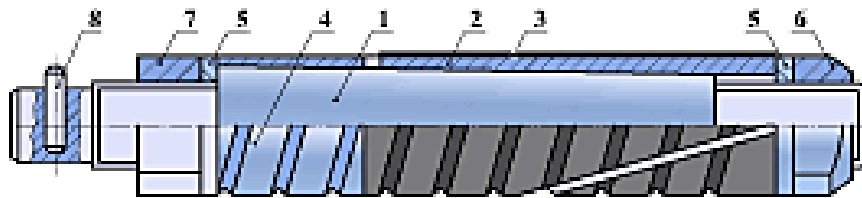


Рис. 2.25 Алмазна розвертка:

1- оправка з внутрішнім конусом; 2- втулка розрізна; 3- нанесений гальванічним методом алмазний абразив; 4- поверхня без алмазного покриття; 5- шайба; 6- гайки нижня; 7- гайки верхня; 8- штифт для передачі обертового моменту

Для чорнового розточування комбінованих отворів компанією Sandvik Coromant розроблена конструкція спеціальної гнучкої розточувальної голівки зі змінними пластинами (рис. 2.26), що дає можливість виконувати до чотирьох операцій одним інструментом (рис. 2.27).



Рис. 2.26 Спеціальна гнучка розточувальна голівка



Рис. 2.27 Операції, які можна здійснити одним інструментом

Діапазон діаметрів від 20 мм до 200 мм при максимальній довжині інструмента 400 мм. Інструмент дозволяє виконувати ступінчасте напівчистове розточування зі зняттям фаски та має пристрої індивідуального балансування. Картриджі для пластин мають можливість регулювання в радіальному та осьовому напрямках. Інструмент оснащується соплами для високоточної подачі ЗОР в зону різання. Використання спеціальної розточувальної голівки дає можливість скорочення кількості інструментів, зменшення часу на обробку та зміну інструмента, підвищення точності та продуктивності, а також зменшення вартості обробки.

Компанія Walter розробила конструкцію оправки для точного розточування отворів (рис. 2.28).



Рис. 2.28 Розточувальні оправки з цифровим налаштуванням

Оправка оснащена електронним механізмом налаштування розміру, що дає можливість забезпечити абсолютну точність обробки. Використання цифрового індикатора дає можливість запобігти виникненню похибок при налаштуванні інструмента. Вбудований механізм балансування інструмента та висока якість його виготовлення дають можливість підвищити режими різання та забезпечити високу якість оброблених отворів.

Для високоточного хонінгування отворів відповідальних деталей розроблено хонінгувальну голівку (рис. 2.29).



Рис. 2.29 Хонінгувальна голівка для обробки отворів відповідальних деталей та види відхилень форми які її застосування дозволяє виправити

Для здійснення процесу хонінгування отворів використовуються хонінгувальні верстати з ЧПУ, як стандартні так і сучасні продуктивні, зокрема на рис. 2.30 представлено роторний хонінгувальний шести позиційний верстат, який забезпечує максимальну продуктивність на одиницю площі. Завдяки круглому дизайну займає невелику площу, транспортування заготовок виконується за допомогою круглого столу. На даному верстаті крім двоциклового процесу хонінгування можна виконувати видалення задирок, продування отворів та вимірювання за допомогою спеціальних вимірювальних систем.



Рис. 2.30 Роторний хонінгувальний верстат

На рис. 2.31 представлено трансферний верстат для хонінгування, шести позиційний.



Рис. 2.31 Трансферний верстат для хонінгування

Транспортування заготовок виконується за допомогою палетного циркуляційного пристрою. На даному верстаті крім двоциклового процесу хонінгування можна виконувати видалення задирок, продування отворів та вимірювання за допомогою спеціальних вимірювальних систем.

Нанохонінгування. До сучасних методів обробки високоточних отворів відноситься нанохонінгування. Нанохонінгування заключається в наступному:

- Виконується попередня механічна або лазерна обробка отвору для створення необхідної шорсткості та базового профілю оброблюваної поверхні (рис. 2.32) з метою забезпечення високої міцності щеплення нанесеного в подальшому покриття;

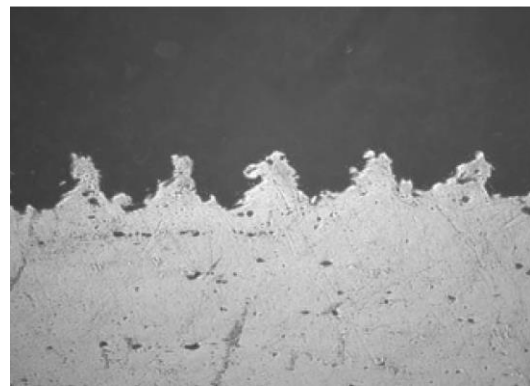
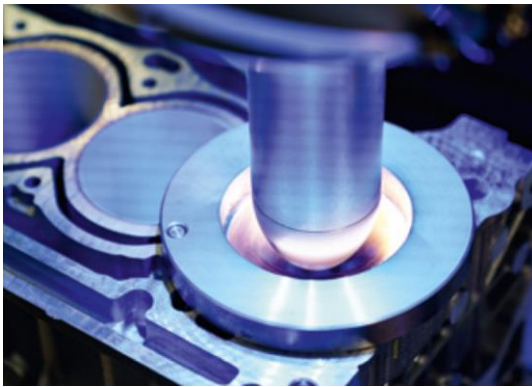


Рис. 2.32 Профіль поверхні після лазерного структування (створення базового профілю)

- Виконується нанесення покриття термічним розпиленням за допомогою дуги з енергією плазми (рис. 2.33). Дріт з матеріалу, який відповідає матеріалу нанесеного покриття розплавляється а потім розпилюється на стінки отвору створюючи міцне, зносостійке покриття з підвищеною твердістю. Нанесене покриття легко піддається механічній обробці;

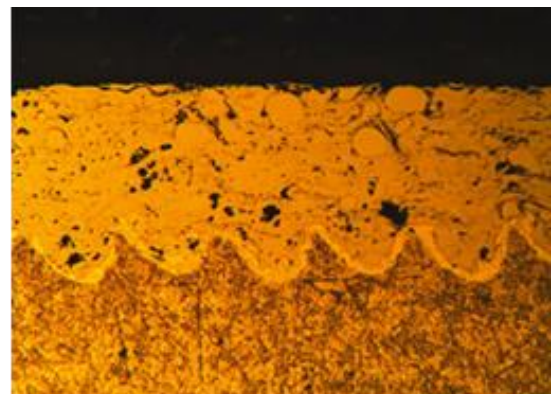
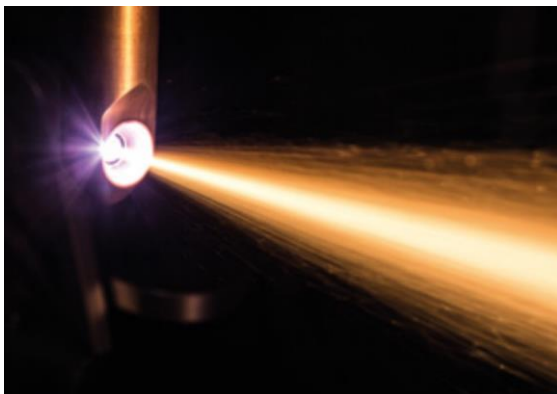


Рис. 2.33 Профіль поверхні після нанесення покриття

- Виконується гідро струменеве видалення частинок надлишкового попереднього розплавленого матеріалу з одночасним охолодженням деталі;
- Виконується остаточне хонінгування шару мінімальної товщини, яке складається з чорнового, напівчистового та чистового хонінгування. На рис. 2.34 показано стан оброблюваної поверхні після виконання циклу хонінгування.

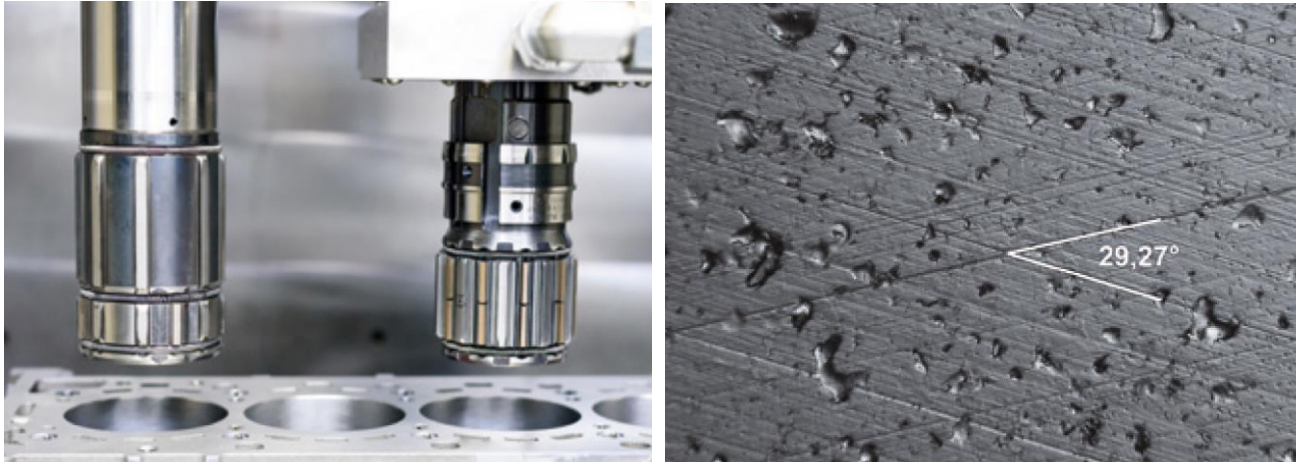


Рис. 2.34 Оброблювана поверхня після хонінгування

Така технологія створити отвір з високою точністю розмірів, форми, якості із підвищеною твердістю, зносостійкістю, меншим коефіцієнтом тертя.

2.3 Висновки

Виконаний аналіз способів обробки точних отворів дає можливість розробити рекомендації для обробки отвору під золотник корпусу гідророзподільника:

- для попередньої обробки отвору використовуємо операцію свердління твердосплавним свердлом з подачею ЗОР по вісі інструмента з попереднім засвердлювання точковим свердлом.
- для формування необхідної форми та розмірів отвору використовуємо чорнове, чистове та тонке розточування отвору одноріцевою розточувальною голівкою, яка дає можливість забезпечити точність розташування отвору та його вісі, співвісність оброблених поверхонь, вимоги по круглості та циліндричності отвору.
- для фінішної обробки отвору із забезпеченням високих параметрів по точності та якості, розташуванню та формі отвору використовуємо притирання за допомогою притиру оснащеного алмазними абразивними елементами компанії KADIA на хонінгувальному верстаті E LINE зазначеної компанії.

Зазначена послідовність обробки точного отвору корпусної деталі запропонована на основі виконаного аналізу дає можливість стабільного забезпечення параметрів точності та якості обробки, з мінімальними затратами часу.

3.1 Службове призначення корпусу гідророзподільника та його характеристика

Деталь корпус гідророзподільювача (рис. 3.1) входить до складу гідророзподільювача аксіально-поршневого регульованого насоса (рис. 3.2), який входить до складу об'ємного гідроприводу (рис. 3.3) різноманітної техніки. Гідророзподільник призначений для регулювання напрямку подачі робочої рідини.

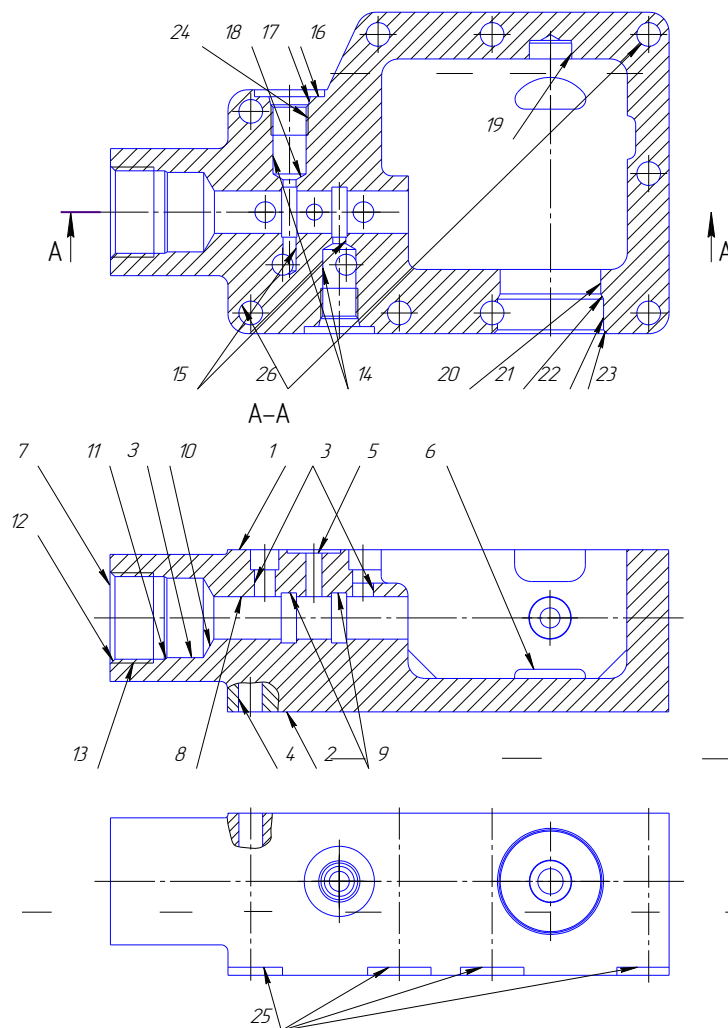


Рис. 3.1 Корпус гідророзподільювача

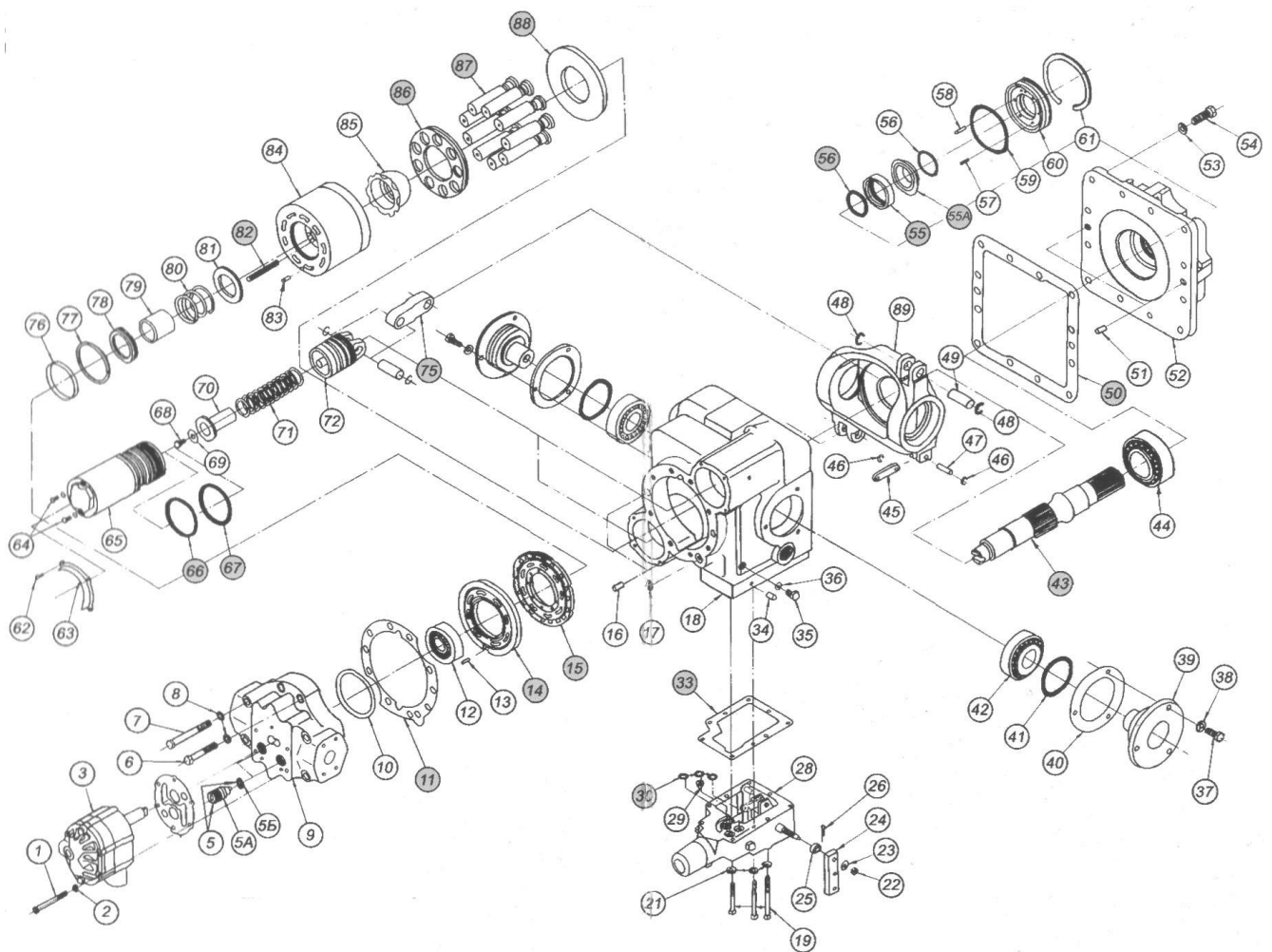


Рис. 3.2 Аксіально-поршневий регульований насос

Об'ємний гідропривід (рис. 3.3) призначений для передачі потужності від двигуна до ходової частини самохідних машин. Він має безступінчасте регулювання швидкості руху і сили тяги при ручному керуванні. Гідронасос 1 з нахилоною шайбою є аксіально-поршневим і призначений для об'ємних гідроприводів. Він працює по закритій схемі, де подача насоса пропорційна частоті обертання ротора і робочому об'єму. Кут нахилу шайби регулюється для зміни робочого об'єму. Зміна напрямку потоку робочої рідини відбувається завдяки повороту нахиленої шайби в протилежні сторони відносно її нейтрального положення. Розподільник призначений для зміни напрямку потоку робочої рідини. Зміна положення золотника при переміщенні важеля відбувається за допомогою розподільника, що дозволяє робочій рідині переходити з магістралі низького тиску до магістралі керування і далі до гідропідсилювача механізму повороту шайби. Гідропідсилювач має високу точність виготовлення деталей та вимоги до якості матеріалів, які входять до його складу.

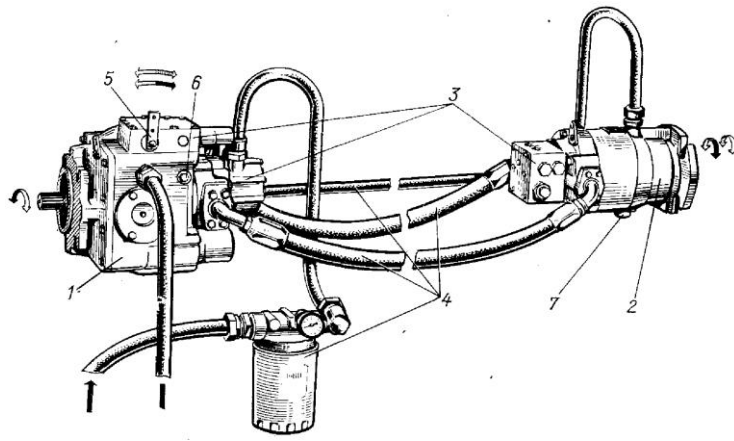


Рис. 3.3 Гідропривід об'ємний:

1- насос високого тиску регульований; 2- гідромотор не регулюємий; 3- гідроапаратура керування; 4- пристрої допоміжного характеру; 5- важіль керування роботою гідроприводу.

Деталь корпус гідророзподілювача (рис. 3.1) відноситься до класу корпусних деталей прямокутної форми і являється базовою деталлю в якій розташовані деталі, які входять до складу даного виробу.

Функціональною поверхнею корпусу є внутрішня циліндрична поверхня 8, у якій розміщується золотник, за допомогою якого здійснюється управління подачею робочої рідини у відповідні канали. Основними поверхнями, що визначають положення деталі у виробі є плоска поверхня 1, та два отвори 26. Допоміжними є поверхні 7, 8, 13, 14, 16, 19, 22, 24, 25, 26, які визначають положення деталей, які приєднуються.

Вільні поверхні призначені для конструктивного оформлення деталі і не контактують з іншими поверхнями деталей.

3.2 Розробка технології виготовлення корпусу гідророзподільника

Тип виробництва

Одним із основних факторів, який має вплив на побудову технологічного процесу виготовлення деталі є тип виробництва.

Тип виробництва для деталі корпус гідророзподільника визначений за допомогою спеціалізованої програми ТИП – середньосерійний.

Корпус гідророзподільювача

Вихідні дані

Програма випуску 3000

Номер операції	Дійсний річний фонд часу роботи	Штучний час обладнання
----------------	------------------------------------	---------------------------

5	4140	4.8800
10	4140	4.8800
15	3890	2.0900
20	3890	2.0900
25	4140	21.5000
30	4140	2.9100
35	4140	11.7000
40	4140	23.2000
45	3890	1.7600
50	3890	12.0400
55	3890	3.8700
60	3890	1.5900
65	3890	1.5900
70	3890	7.9800

Результати розрахунку

Номер операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Кількість операцій на даному верстаті
----------------	--	------------------------------------	---

5	0.0737	1	10.86
10	0.0737	1	10.86
15	0.0336	1	23.82
20	0.0336	1	23.82
25	0.3246	1	2.46
30	0.0439	1	18.21
35	0.1766	1	4.53
40	0.3502	1	2.28
45	0.0283	1	28.29
50	0.1934	1	4.14
55	0.0622	1	12.87
60	0.0255	1	31.32
65	0.0255	1	31.32
70	0.1282	1	6.24

Серійне виробництво – характеризується тим, що деталі виготовляються партіями, а вироби – серіями. На протязі року продукція може змінюватися. Використовується універсальне і спеціальне обладнання, верстати з ЧПУ. Верстати розташовуються по ходу виконання операцій в технологічному процесі.

Характерною ознакою серійного виробництва є номенклатурне виробництво і виконання на більшості робочих місць операцій, що періодично повторюються. При цьому кількість виготовлених виробів кожного типорозміру коливається від 5 – 10 до кількох тисяч штук на рік. Необхідно відзначити, що заводи серійного виробництва спеціалізуються на випуску виробів кількох типів або типорозмірів.

Відмічені особливості сприяють досягненню більш високої продуктивності праці та зниженню собівартості продукції.

Зазначені особливості необхідно врахувати при розробці технологічного процесу корпусу гідророзподільника.

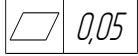
Аналіз точності та технологічності

З метою розробки оптимального технологічного процесу, який буде забезпечувати виконання усіх вимог по точності та якості поверхонь деталі, необхідно проаналізувати усі ці вимоги зазначені на креслені деталі та вказані у технічних вимогах. Проаналізувавши технічні вимоги маємо фактори, які потрібно врахувати при розробці технологічного процесу: на поверхні деталі сліди корозії не допускаються; твердість 170...241 НВ; зняти внутрішні напруження; на поверхні 10 (рис. 3.1) раковини та інші ливарні дефекти не допускаються; на оброблюваних поверхнях допускаються чисті раковини глибиною до 0,5 мм, діаметром до 1 мм на відстані не менше 5 мм від країв.

Усі дані по точності розмірів, точності взаємного розташування поверхонь, точності форми поверхонь, якості поверхонь заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Параметри точності та якості деталі

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розмір з відхиленнями заданими від розглядуваної поверхні	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхонь	Точність форми	Шорсткість поверхні
1	Площина	$48,5_{-0.04}$	-	 0,05	Ra2,5
2	Площина	$48,5 \pm 0,7$	-	-	Rz40
3	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 6,2_{-0.01}^{+0.32}$	-	-	Rz80
4	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 7,1_{-0.07}^{+0.4}$	 R 0,11 (M)	-	Rz80
5	Цеківка	$\varnothing 16_{-0.07}^{+0.04}$ $1,02 \pm 0,11$	 R 0,11 (M)	-	Ra1,6
6	Уступ	$35,76_{-0.07}^{+0.24}$	-	-	Ra3,2
7	Торцева	$42_{-0.43}^{+0.31}$	-	-	Ra3,2
9	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 23,8^{+0,1}$	-	-	Ra2,5
8	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 12,7_{+0.006}^{+0.015}$	-	-	Ra0,4
10	Внутрішня канавка	$\varnothing 15_{-0,5}$ $4,572^{+0,049}$	 $\varnothing 0,24$ II  0,024 II	-	Rz40 Rz20
14	Внутрішня різьбова	11/16-12UN-2B 11,13min	 $\varnothing 0,24$ II	-	Rz40
15	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 9,88 \pm 0,14$	 R 0,3	-	Rz40
16	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 4,8_{-0.13}^{+0.22}$	 R 0,3	-	Rz40

17	Цеківка	$\varnothing 21 \pm 0,7$		-	Rz40
19	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 12,7^{+0.038}_{+0.013}$ $81,56 \pm 0,11$	 	-	Ra2,5
21	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 30,1^{+0.1}_{+0.05}$	-	-	Ra1,6
23	Внутрішня циліндрична	$\varnothing 31,75 \pm 0,024$		-	Ra2,5
25	Внутрішня різьбова	7/16-20UNF-2B 11,5min		-	Rz40
26	Цеківка	$\varnothing 19 \pm 0,3$ $46,1 \pm 0,7$		-	Ra12,5

У відповідності до табл. 3.1, найвищі показники по точності та якості має внутрішня циліндрична поверхня 8 (рис. 3.1): $\varnothing 12,7^{+0.015}_{+0.006}$, відхилення розміру відповідають шостому квалітету (найближче G6), шорсткість поверхні по Ra складає 0,4 мкм. Такі вимоги пояснюються службовим призначенням даної поверхні, яка спряжується із зовнішньою поверхнею золотника і забезпечує герметичність при перекритті відповідних каналів гідророзподілювача. При розробці технологічного процесу необхідно приділити особливу увагу забезпеченню зазначених вище вимог.

Крім цього, підвищені вимоги по точності та якості пред'являються до площини 1: розмір $48,5_{-0,04}$, шорсткість Ra2,5, площинність 0,05 мм, що обумовлено забезпеченням герметичності між зазначеною поверхнею та відповідною поверхнею корпусу аксіально-поршневого насосу.

Інші вимоги до точності та якості поверхонь не завищені, відповідають діючим стандартам і достатні для виконання деталлю свого службового призначення.

Деталь має поверхні, які в основному можна обробити стандартними способами та інструментами, доступ інструмента до оброблюваних поверхонь

не обмежений, контроль параметрів точності в основному можна забезпечити за допомогою стандартних засобів вимірювання. В цілому деталь є технологічною. До нетехнологічних поверхонь можна віднести внутрішню циліндричну поверхню 8 із внутрішніми канавками 9, отвір має невеликий діаметр 12,7 мм та підвищенні вимоги до точності та якості, а це вимагатиме використання точних способів та інструментів, що підвищує собівартість виготовлення деталі.

Аналіз базового технологічного процесу

Технологічний процес корпус гідророзподільника складається із чотирнадцяти операцій механічної обробки і забезпечує виготовлення деталей з необхідними параметрами точності та якості в зазначені терміни та при певній собівартості.

З метою підвищення продуктивності виготовлення, гнучкості, зменшення собівартості виготовлення (скорочення кількості обладнання, виробничих площ, зниження витрат електроенергії і т. ін.) в розробленому технологічному процесі планується внести зміни.

Для обробки усіх кріпильних отворів 4 (рис. 3.1) пропонується використовувати оброблювальний центр моделі NHP 4000 DOOSAN замість застарілого обладнання моделі ИР320ПМФ4 та вертикально-свердлильного верстата моделі 2Н135. Також, нарізання різі 13 планується проводити на токарному верстаті з ЧПУ моделі LEO 1600 series DOOSAN після основної обробки отворів зі сторони площини 7, на відміну від базового технологічного процесу де нарізання різі виконувалось на вертикально-свердлильному верстаті моделі 2Н135. Нарізання різі 24 планується виконувати останнім переходом після основної обробки отворів 14 на оброблювальному центрі моделі NHP 4000 DOOSAN. У базовому технологічному процесі нарізання різі 24 виконувалось на двох різьбонарізних верстатах моделі МН56. Для цекування дев'яти виточок 25 пропонується використовувати вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ моделі ZK2515 замість верстата моделі 2Н135, що використовувався у базовому технологічному процесі.

Вибір заготовки

Визначення методу отримання заготовок для деталей машин повинно здійснюватися з урахуванням різних факторів, таких як призначення та конструкція деталі, матеріал, технічні вимоги і економічність. Кожен з цих факторів має важливе значення при виборі оптимального методу отримання заготовки.

При виборі заготовки необхідно враховувати призначення та конструкцію деталі, так як це визначає необхідність використання певних матеріалів та оброблювальних операцій. Матеріал заготовки має вплив на якість та тривалість служби деталі, тому необхідно враховувати вимоги до нього. Технічні вимоги, такі як точність та геометричні параметри деталі, також впливають на вибір методу отримання заготовки.

Крім того, економічність також має важливе значення при виборі методу отримання заготовки. Необхідно розглядати вартість матеріалу, обробки та транспортування, а також можливість використання існуючого обладнання.

Отже, вибір методу отримання заготовки повинен здійснюватися комплексно, з урахуванням призначення та конструкції деталі, матеріалу, технічних вимог та економічної доцільності.

В якості метода отримання заготовки для деталі корпус гідророзподільника обираємо лиття в піщані форми при машинній формовці по металічним моделям.

Використання машинної формовки може значно покращити продуктивність та якість відливок. Відливки можна формувати з внутрішніми порожнинами, використовуючи стержні. У середньому, відхилення від номінальних розмірів складає приблизно $\pm 7\%$. Цей метод є найбільш оптимальним для виготовлення деталей зі складною формою, які вимагають точності 16-17 квалітету і виготовляються з сірого чавуну.

Коефіцієнт використання металу при цьому способі варіюється в межах 0,6...0,9. Відливки, отримані відливанням в кокіль, вимагають тривалого

віджигу, що збільшує витрати при їх виробництві, тому цей спосіб не є оптимальним.

При виробництві відливок складної конфігурації, лиття під тиском може бути доцільним, але лише у випадках крупносерійного та масового виробництва та з використанням сплавів кольорових металів. Виробництво відповідальних фасонних, дрібних та середніх відливок із різних сплавів може бути здійснене шляхом лиття в оболонкові форми. Литво по виплавляємим моделям застосовується для отримання відливок складної конфігурації.

Для виготовлення корпусу гідророзподільвача використовується сірий чавун марки СЧ20 згідно з ГОСТ 1412-79. Цей матеріал має багато переваг, таких як висока текучість, мінімальна лінійна усадка, невелика температура плавлення, обмежене газовиділення, мала схильність до ліквіації та невисока вартість. Однак, наявність пластинчатих включень графіту може знизити механічні властивості чавуну. Відносне подовження матеріалу складає 0,2...0,8%.

Механічні властивості чавунів залежать від їх структури, яка визначається не лише хімічним складом, але й умовами затвердіння. Тому стандарти регулюють не хімічний склад, а властивості чавунів.

Розробка маршруту виготовлення корпусу гідророзподільника

При розробці технології виготовлення деталі, схема базування повинна бути вибрана таким чином, щоб забезпечити рівномірне зняття припуску на першій операції. Після цього можна продовжити обробку інших поверхонь, починаючи з найбільш грубих і закінчуючи більш точними та вразливими. Це допоможе забезпечити належну якість деталі та уникнути її пошкодження під час подальшої обробки. Також важливо враховувати технологічні рекомендації та норми щодо розробки процесів обробки деталі, щоб забезпечити високу якість виробу та ефективне використання ресурсів.

При проектуванні маршруту виготовлення деталі слід звернути увагу на можливості використання більш продуктивних технологій обробки та

машинного обладнання. Крім того, важливо враховувати можливість автоматизації деяких операцій, що також допоможе зменшити кількість переустановок деталі. Контроль якості поверхонь важливо проводити на кожному етапі обробки, щоб уникнути непередбачуваних проблем в кінцевому результаті.

Маршрут обробки корпусу гідророзподільвача

200 Фрезерна з ЧПУ

Вертикально-фрезерний з ЧПУ мод. 6P13Ф3

1. Фрезерувати дві площини попередньо

210 Фрезерна з ЧПУ

Вертикально-фрезерний з ЧПУ мод. 6P13Ф3

1. Фрезерувати дві площини остаточно

215 Плоскошліфувальна

Плоскошліфувальний 3Д722

1. Шліфувати площину роз'єму остаточно

220 Плоскошліфувальна

Плоскошліфувальний 3Д722

1. Шліфувати площину остаточно

225 Слюсарна

Верстат слюсарний

1. Зачистити заусенці, притупити гострі кромки

230 Мийна

Машина для миття 030-696А

1. Промити деталь

235 Контрольна

Стіл контролера

1. Перевірити розміри

240 Комплексна на ОЦ з ЧПУ

Оброблювальний центр з ЧПУ мод. NHP 4000 DOOSAN

1. Центрувати, свердли́ти, зенкерувати, розвернути отвори, фрезерувати прилив
245 Слюсарна

Верстак слюсарний

1. Зачистити заусенці, притупити гострі кромки

250 Контрольна

Стіл контролера

1. Перевірити розміри

255 Токарна з ЧПУ

Токарний з ЧПУ мод. LEO 1600 series DOOSAN

1. Свердли́ти, зенкерувати, розточити, розвернути отвір, врізати канавки, нарізати різьбу

260 Комплексна на ОЦ з ЧПУ

Оброблювальний центр з ЧПУ мод. NHP 4000 DOOSAN

1. Центрувати, свердли́ти, зенкерувати, розточити, розвернути отвори, нарізати різьбу

265 Свердлильна з ЧПУ

Вертикально-свердлильний з ЧПУ мод. ZK2515

1. Цекувати дев'ять виточок

270 Вертикально-свердлильна

Вертикально-свердлильний мод. 2H135

1. Розвернути отвір остаточно

275 Слюсарна

Верстак слюсарний

1. Зачистити заусенці, притупити гострі кромки

280 Мийна

Машина для миття 030-696A

1. Промити деталь

285 Контрольна

Стіл контролера

1. Перевірити розміри

Вибір технологічних баз

Для досягнення потрібної точності обробки деталі корпусу гідророзподільвача, необхідно вибрати правильні технологічні бази, які визначають положення деталі в пристрої при її обробці відносно інструменту. Технологічна база може бути поверхнею, лінією, точкою або їх комбінацією.

Вибір технологічних баз повинен керуватися принципом єдності та постійності баз, щоб забезпечити правильність та стійкість їх використання на різних етапах обробки деталі. Установчі, направляючі, подвійні направляючі та упорні бази для деталі корпусу гідророзподільвача позначені на ескізах та обрані таким чином, щоб забезпечити високу точність та якість обробки деталі.

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

Для виробництва деталі корпус гідророзподільвача застосовуються різноманітні верстати та обладнання, такі як токарні верстати, фрезерні верстати, свердлильно-розточувальні верстати, верстати з числовим програмним управлінням та інші, які забезпечують високу точність та продуктивність обробки.

Розробляючи структуру технологічних операцій, необхідно враховувати взаємозв'язок між операціями та уникати зайвих переходів, що може призвести до збільшення часу обробки та зростання витрат на виробництво.

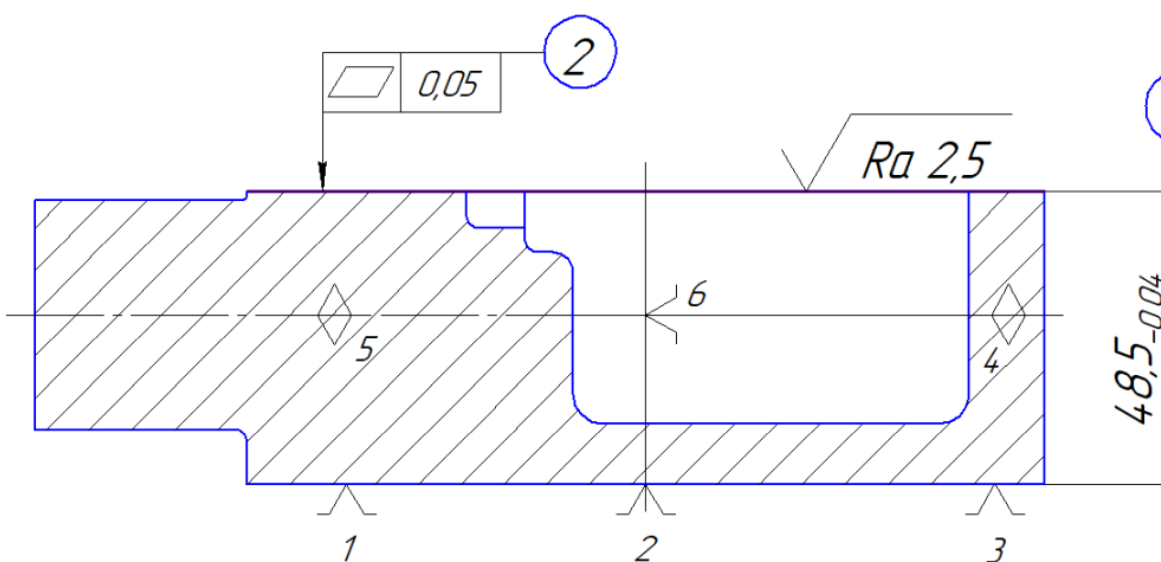
Після визначення структури операцій та необхідного обладнання, важливо здійснити планування робочого місця, встановлення різального інструменту та його налагодження, а також підготовку робочої зони для забезпечення безпечної та ефективної роботи верстатів. Структура та зміст операцій механічної обробки корпусу представлено в табл. 3.2, а характеристики металорізальних верстатів представлено в табл. 3.3.

Структура та зміст операцій механічної обробки корпусу гідророзподільника

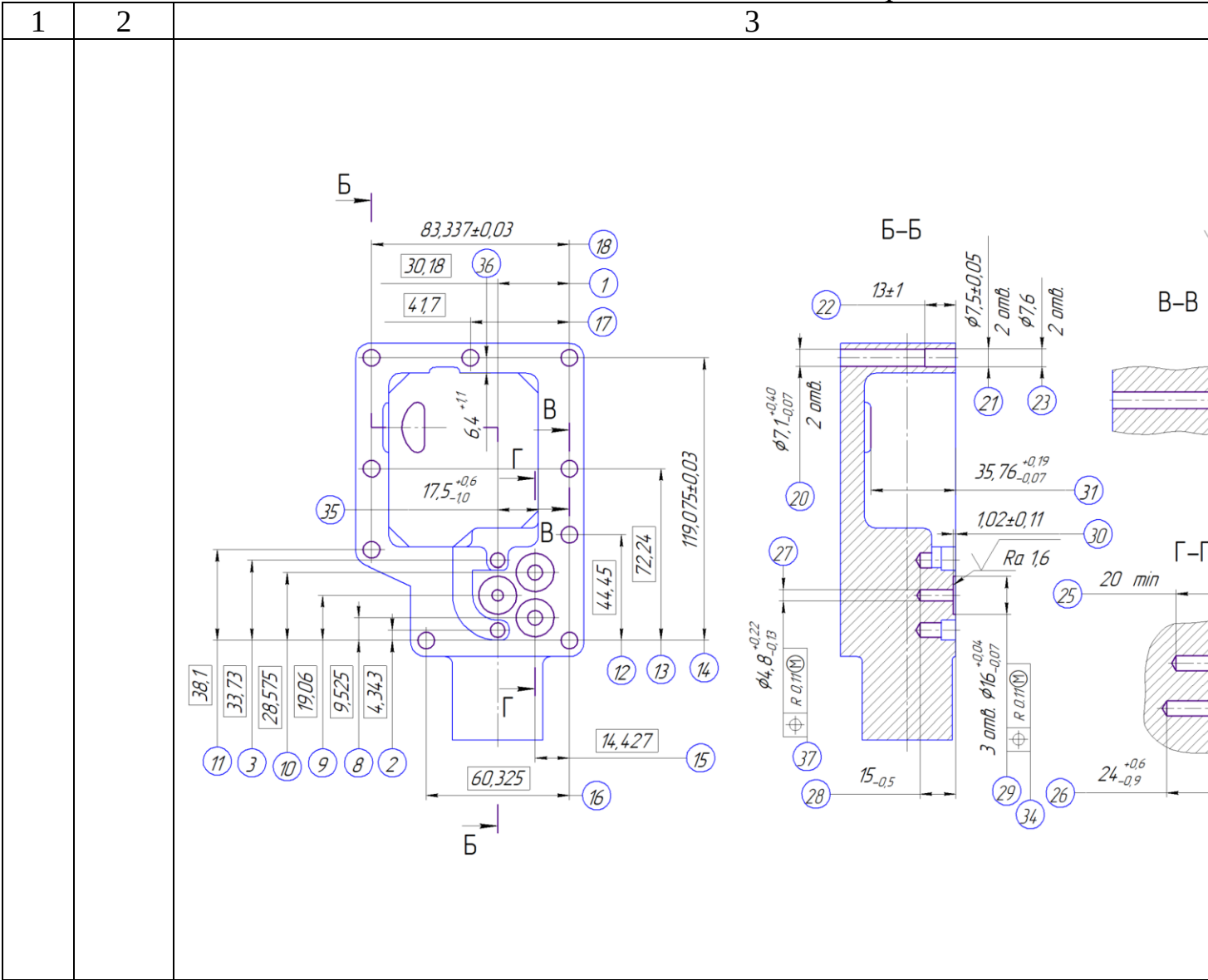
№ та назва операції	Модель верста-та, назва	Операційний ескіз
1	2	3
205 Вертикально-фрезерна з ЧПУ	6P13Ф3 вертикально-фрезерний з ЧПУ	

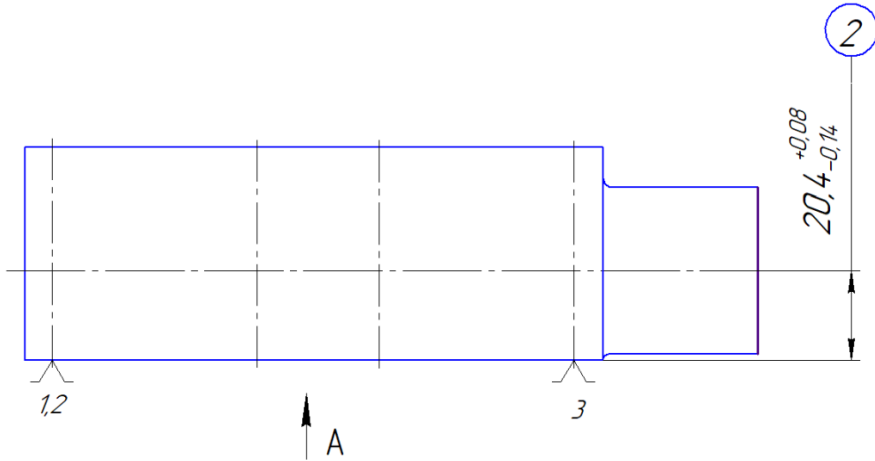
1	2	3
210 Вертикально-фрезерна з ЧПУ	6Р13Ф3 вертикально-фрезерний з ЧПУ	

1	2	3
215 Плоскошліфувальна	3Д722 плоскошліфувальний	<i>*Розмір для довідки</i>

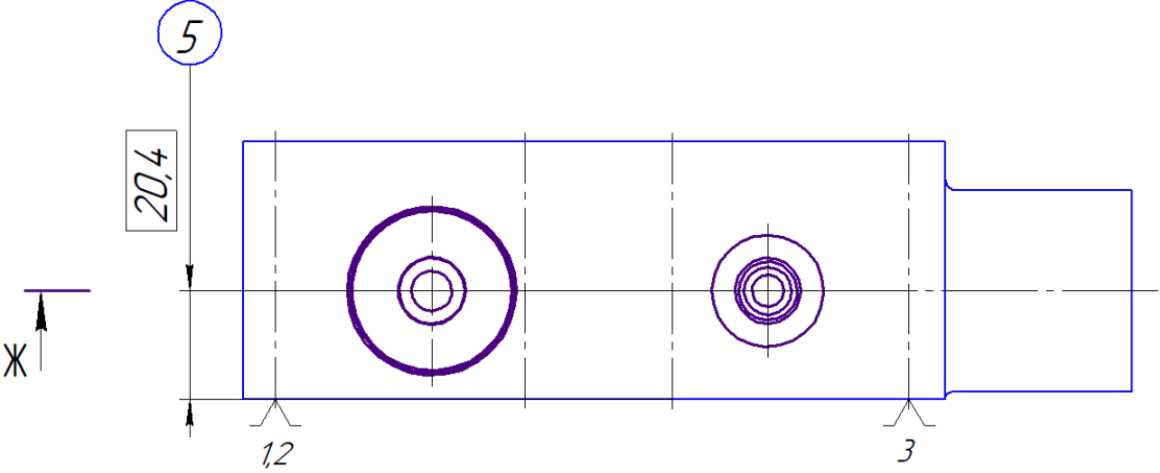
1	2	3
220 Плоскошліфувальна	3Д722 плоскошліфувальний	

1	2	3
240 Комплексна з ЧПУ	NHP 4000 DOOSAN оброблювальний центр	Technical drawing of a mechanical part, likely a mold or die, showing dimensions and callouts. The drawing includes a main view and a cross-section A-A. Main View Dimensions: - Overall width: $83,337 \pm 0,03$ - Overall height: $119,075 \pm 0,03$ - Top width: $30,18$ - Top height: $41,7$ - Bottom width: $60,325$ - Bottom height: $14,427$ - Internal width: $44,45$ - Internal height: $72,24$ - Left side dimensions: $38,1$, $33,73$, $28,575$, $19,06$, $9,525$, $4,343$ - Right side dimensions: 12, 13, 14 - Bottom right dimensions: 15, 16 - Top right dimensions: 17, 18 - Internal dimensions: 1, 2, 3, 4, 5, 6 Cross-section A-A Dimensions: - Overall width: $9,1 \pm 0,2$ - Overall height: $14,5 \pm 0,2$ - Internal width: $6,2 \pm 0,5$ - Internal height: 5 - Top width: 6 - Top height: 7 - Bottom width: 4 - Bottom height: 2 - Internal dimensions: 3, 5, 6 Surface Finish: $\sqrt{Ra\ 6,3}$

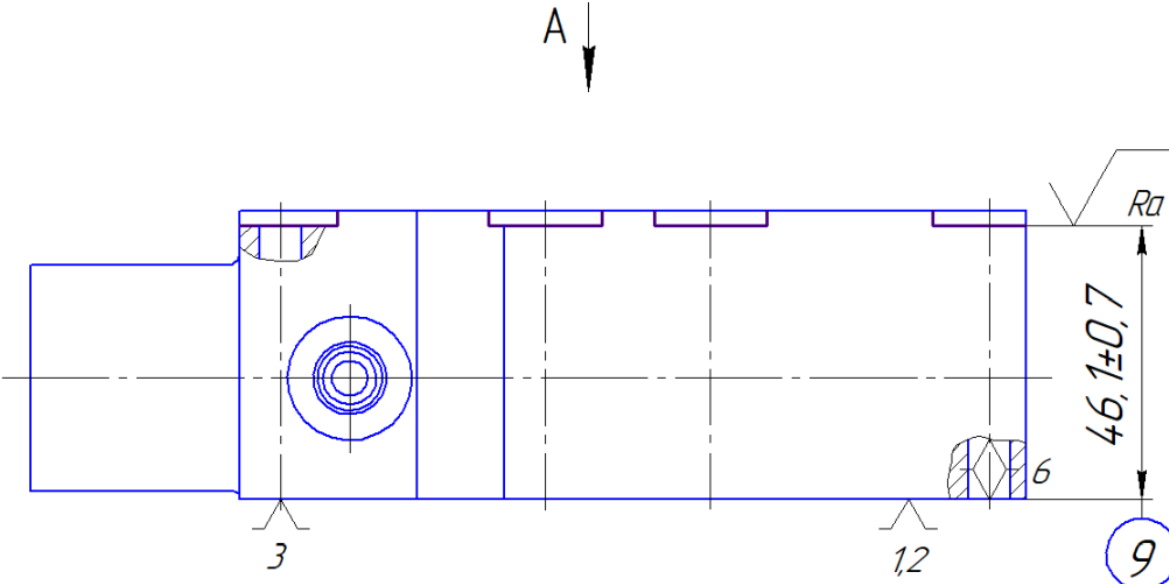


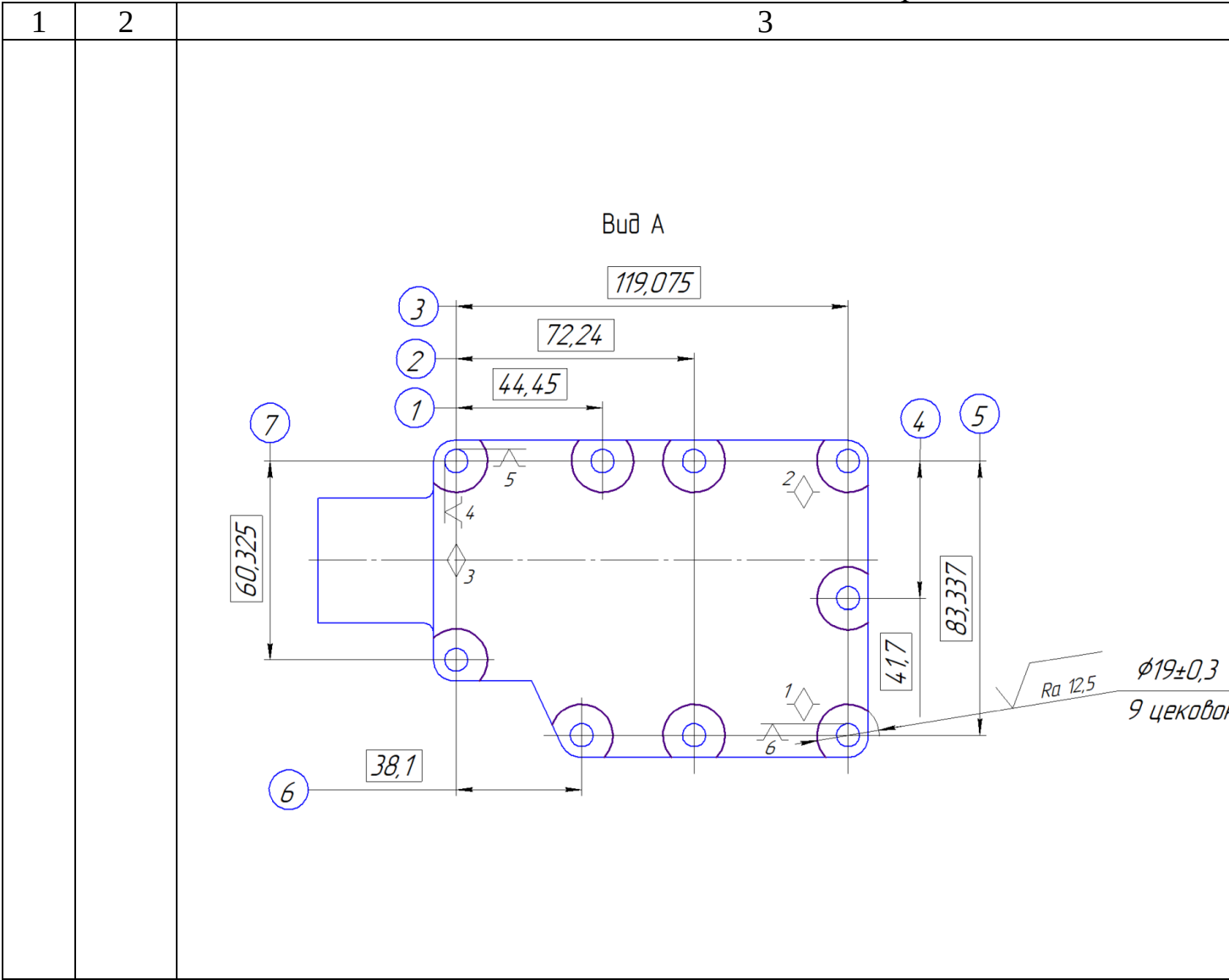
1	2	3
255 Токарна з ЧПУ	LEO 1600 series DOOSAN токарний з ЧПУ	

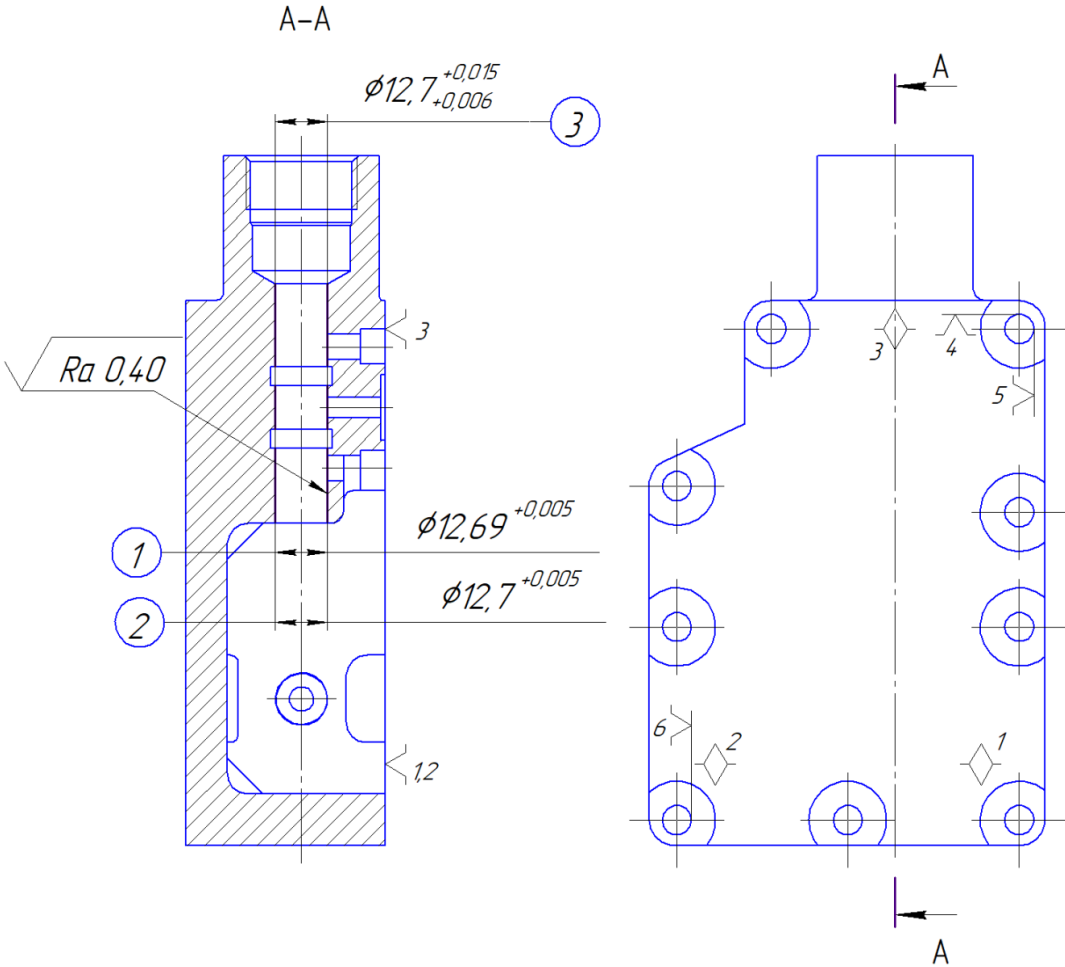
√ Rz

1	2	3
260 Комплексна з ЧПУ	NHP 4000 DOOSAN оброблювальний центр з ЧПУ	

1	2	3
		Technical drawing of a mechanical part with views A, B, and D. View A (Front View): - Top edge: $45^\circ \pm 5^\circ$ - Right side: 2.4 ± 0.4 - Top left corner: $R0.13^{+0.12}$ - Bottom left corner: $12^\circ \pm 7^\circ$ - Thread: $7/16-20UNF-2B$ - Surface texture: $0.35 E$ - Surface finish: $Ra 2.5$ - Diameters: $\phi 12.37 \pm 0.11$, $\phi 14.2 \text{ min}$, $\phi 21 \pm 0.7$ View B (Side View): - Top edge: $\phi 9.88 \pm 0.5$ - Bottom edge: $\phi 28 \pm 0.5$ View D (Detail): - Hole diameter: $\phi 6 \pm 0.5$ Circled numbers indicating specific features or dimensions: 3: Hole diameter in View D 4: Hole diameter in View B 10: Dimension in View B 17: Top left corner in View A 18: Right side in View A 19: Diameter $\phi 12.37 \pm 0.11$ in View A 20: Diameter $\phi 14.2 \text{ min}$ in View A 21: Diameter $\phi 21 \pm 0.7$ in View A 22: Bottom left corner in View A 23: Top left corner in View A 24: Dimension in View B

1	2	3
265 Вертикально-свердлильна з ЧПУ	ZK2515 вертикально-свердильний з ЧПУ	



1	2	3
270 Вертикально-свердлильна	2Н135 Вертикально-свердильний	 Technical drawing of a vertical drill bit (2Н135) showing a cross-section A-A and a top view. Cross-section A-A: - Central hole diameter: $\phi 12,7^{+0,015}_{+0,006}$ (Feature 3) - Inner hole diameter: $\phi 12,69^{+0,005}$ - Outer diameter: $\phi 12,7^{+0,005}$ - Surface roughness: $Ra\ 0,40$ - Feature 1: Chamfer on the outer edge - Feature 2: Chamfer on the inner hole - Feature 3: Central hole - Feature 4: Chamfer on the outer edge - Feature 5: Chamfer on the inner hole - Feature 6: Chamfer on the outer edge - Feature 7: Chamfer on the inner hole Top View: - Central hole diameter: $\phi 12,7^{+0,005}$ - Outer diameter: $\phi 12,7^{+0,005}$ - Feature 1: Chamfer on the outer edge - Feature 2: Chamfer on the inner hole - Feature 3: Chamfer on the outer edge - Feature 4: Chamfer on the inner hole - Feature 5: Chamfer on the outer edge - Feature 6: Chamfer on the inner hole - Feature 7: Chamfer on the outer edge - Feature 8: Chamfer on the inner hole

Характеристики металорізальних верстатів для обробки деталі корпус
гідророзподільвача

№ операції	Модель та найменування верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу, макс. діаметр обробки, робочі переміщення по осям, мм	Діапазон частот обертання (хв ⁻¹)	Діапазон подач (мм/хв., м/хв.)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
005	6P13Ф3-01 Вертикально-фрезерний з ЧПУ	400x1600	40-2000	10-1200	7,5	3620x4150x2760
010	6P13Ф3-01 Вертикально-фрезерний з ЧПУ	400x1600	40-2000	10-1200	7,5	3620x4150x2760
015	ЗД722 Плоскошліфувальний	1250x320	1460	3-35	15	4450x2190x2360
020	ЗД722 Плоскошліфувальний	1250x320	1460	3-35	15	4450x2190x2360
040	NHP 4000 DOOSAN Оброблювальний центр з ЧПУ	560x640x660	15000	60	30	4950x2690x2300
055	LEO 1600 series DOOSAN Токарний з ЧПУ	Ф320	4000	30	7,5	1850x1635x1690
060	NHP 4000 DOOSAN Оброблювальний центр з ЧПУ	320x320	13-5000	1-3200	7,5	3990x2300x2507
065	ZK2515 Вертикально-свердильний з ЧПУ	25	1440	1,5	2,2	1310x1650x2350
070	2Н135 Вертикально-свердильний	450x500	31-1400	0,1-1,6	4	1030x825x2535

Вибір пристроїв для затиску деталі

Для кожної операції механічної обробки після вибору моделі верстату на якому вона буде виконуватись потрібно обрати затискні пристрої. Затискні пристрої повинні забезпечувати правильну орієнтацію деталі відносно виконавчих органів верстату, забезпечувати надійний затиск деталі, забезпечувати високу швидкість затиску-розтискання, забезпечувати мінімальний час на встановлення та зняття деталі. Затискні пристрої обирають з урахуванням розроблених теоретичних схем базування. При серійному типі виробництва можна використовувати пристрої з механічним, пневматичним, гідравлічним, електромеханічним типами затиску. Пристрої можуть бути, як універсальними так і спеціальними. Дані про затискні пристрої для операцій механічної обробки корпусу гідророзподільника представлені в табл. 3.4.

Номер операції	Найменування пристрою	Стандарт (код)	Вид приводу
1	2	4	5
005	Пристрій затискний двосторонній	7242-4046	пневматичне
010	Пристрій затискний двосторонній	7242-4046	пневматичне
015	Магнітна плита	-	-
020	Магнітна плита	-	-
040	Пристрій затискний спеціальний	7356-4264	пневматичне
055	Пристрій затискний спеціальний	7112-4171	пневматичне
060	Пристрій затискний спеціальний	7340-4068	пневматичне
065	Пристрій затискний спеціальний	7376-4071	пневматичне
070	Пристрій затискний спеціальний	7360-4036	пневматичне

Вибір різальних інструментів

При виборі різального інструменту враховуємо характеристики оброблюваного матеріалу (твердість, міцність, теплопровідність та інші фізичні властивості), оскільки це впливає на зносостійкість інструменту. Інструмент для кожної операції повинен бути вибраний з урахуванням найкращих показників точності та швидкості обробки, стійкості, міцності, різальних властивостей.

При виборі різального інструмента потрібно використовувати стандартизований інструмент і тільки у тих випадках, коли за допомогою стандартного інструмента не вдається забезпечити необхідну точність та якість обробки використовуємо спеціальний різальний інструмент.

Розміри мірного інструмента визначаються у відповідності до розмірів оброблюваних поверхонь, а розміри немірного інструменту визначаються виходячи із розмірів оброблюваних поверхонь, жорсткості та міцності інструмента, розмірів допоміжних пристроїв.

Дані по різальному інструменту представлено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Дані по різальному інструменту

Номер			Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту (код)	Різальна частина	
Операції	Позиції	Переходу			Матеріал	Стандарт
1	2	3	4	5	6	7
005		3	Фреза 2214-0157 Ніж 2021-0015	ГОСТ 9473-80 ГОСТ9473-80	ВК8	3882-74
010		3	Фреза 2214-0157 Ніж 2021-0015	ГОСТ 9473-80 ГОСТ9473-80	ВК8	3882-74
015		2	Круг шліфувальний ПІ450Х50Х203 24А СМ1...СМ2 К5 35м/с 1 кл. А	ГОСТ2424-83	-	-

			Карандаш алмазний 3908-0083.2	ГОСТ607-83	-	-
020		2	Круг шліфувальний ПП450X50X203 24A СМ1...СМ2 К5 35м/с 1 кл. А Карандаш алмазний 3908-0083.2	ГОСТ2424-83 ГОСТ607-83	- -	- -
040		2	Зенкер ф6,2 2323-4205	ГОСТ12489-71	P6M5	19265-73
		3	Свердло центрувальне 2317-4016	ГОСТ14952-75	P6M5	19265-73
		4	Свердло ф7,2 2300-0189	ГОСТ10902-77	P6M5	19265-73
		5	Зенкер ф7,5 2323-4093	ГОСТ12489-71	P6M5	19265-73
		6	Розвертка ф7,6 2363-4320	ГОСТ1672-80	P6M5	19265-73
		7	Свердло ф6,5 2300-0185	ГОСТ10902-77	P6M5	19265-73
		8	Свердло ф4,8 2300-0183	ГОСТ10902-77	P6M5	19265-73
		9	Зенкер ф16 2332-4207	ГОСТ12489-71	P6M5	19265-73
		10	Фреза ф25 2223-0011	ГОСТ17026-71	P6M5	19265-73
055		4	Різець 2103-4002	-	BK8	3882-74
		5	Свердло ф22,75	ГОСТ10903-77	P6M5	19265-73
		6	Свердло ф11,5	ГОСТ10903-77	P6M5	19265-73
		7	Різець 2146-4080	-	BK8	3882-74
		8	Зенкер 2320-4304	ГОСТ3231-71	P6M5	19265-73
		9	Розвертка 2363-4318-01	-	P6M5	19265-73
		10	Різець 2126-4281	-	BK8	3882-74
		11	Різець 2126-4301	-	BK8	3882-74
		12	Мітчик 2620-4211	-	P6M5	19265-73
060		4	Свердло центрувальне 2317-4008	ГОСТ14952-75	P6M5	19265-73
		5	Свердло ф9,8 2301-4100	ГОСТ10903-77	P6M5	19265-73
		6	Свердло ф4	ГОСТ886-64	P6M5	19265-73
		7	Зенкер 2337-4114	-	P6M5	19265-73
		8	Свердло ф28 2301-0098	ГОСТ10903-77	P6M5	19265-73
		9	Свердло центрувальне 2317-4008	ГОСТ14952-75	P6M5	19265-73
		10	Свердло ф11 2301-0034	ГОСТ10903-77	P6M5	19265-73
		11	Різець 2146-4126	-	BK8	3882-74
			Різець 2146-4127	-	BK8	3882-74

			Різець 2146-4128	-	ВК8	3882-74
			Зенкер 2320-4314	ГОСТ3231-71	P6M5	19265-73
		12	Розвертка 2371-4027	-	ВК8	3882-74
		13	Мітчик 2620-4122	-	P6M5	19265-73
065		2	Зенкер ф19/ф7,1 2350-4122	-	P6M5	19265-73
070		6	Розвертка 2364-4051	-	-	-
		11	Розвертка 2364-4052	-	-	-
		16	Розвертка 2364-4053	-	-	-

Вибір допоміжних пристроїв та інструментів

Допоміжний інструмент використовується у якості проміжної ланки для відповідної орієнтації та закріплення різального інструмента. Допоміжні пристрої та інструменти обираємо з урахуванням верстату на якому вони будуть використовуватись та різального інструмента для якого вони будуть застосовуватись.

Дані про допоміжні пристрої та інструменти представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Допоміжні пристрої та інструменти

Номер		Найменування допоміжного інструменту	Стандарт
Операції	Переходу		
005	3	Оправка 6222-00394	-
010	3	Оправка 6222-00394	-
015	2	-	-
020	2	-	-
040	2	Оправка 6330-4527-01	-
	3	Оправка 6330-4527-01	-
	4	Оправка 6330-4527-01	-
		Втулка розрізна ф7,2 6112-4035-02	-
	5	Оправка 6330-4527-01	-
	6	Оправка 6330-4527-01	-
	7	Оправка 6330-4527-01	-
		Втулка розрізна ф6,5 6112-4035-03	-

	8	Оправка 6330-4527-01	-
		Втулка розрізна ф6,5 6112-4035-01	-
	9	Оправка 6330-4527-01	-
	10	Оправка 6330-4527-03	-
055	4	Державка 6700-4185	-
	5	Державка 6708-4053-01	-
		Втулка 6105-4064-02	-
	6	Державка 6708-4053-01	-
		Втулка 6105-4064-01	-
	7	Державка 6708-4053-01	-
	8	Державка 6708-4053-01	-
		Втулка 6105-4064-01	-
	9	Державка 6708-4053-01	-
		Втулка 6105-4064-01	-
	10	Державка 6708-4053-01	-
	11	Державка 6708-4053-01	-
		Втулка 6105-4068	-
	12	Державка 6708-4053-01	-
060		Втулка 6105-4069	-
		Патрон 6169-4093	-
	4	Поправка 6330-4518-03	-
	5	Оправка 6330-4527-01	-
	6	Оправка 6330-4527-02	-
		Втулка розрізна ф4 6112-4035-01	-
	7	Оправка 6330-4527-02	-
	8	Оправка 6330-4527-02	-
	9	Оправка 6330-4518-03	-
	10	Оправка 6330-4527-01	-
	11	Борштанга 6330-4606	-
	12	Оправка 6330-4527-03	-
	13	Оправка 6330-4527-03	-
		Патрон 6162-4012-01	-
		Втулка 6162-4012-02-23	-
065	2	Оправка 6330-4527-03	
070	6	Підвіска двохшарнірна 6240-4001	-
	11	Підвіска двохшарнірна 6240-4001	-
	16	Підвіска двохшарнірна 6240-4001	-

Вибір вимірювальних пристроїв та інструментів

Вимірювальні пристрої та інструменти вибираємо у відповідності до типу виробництва, точності, надійності та зручності контролю, витрат часу на проведення вимірів. Перевагу надаємо стандартним засобам контролю, а при неможливості їх використання розробляємо спеціальні вимірювальні пристрої та інструменти.

Також можна використовувати автоматизовані засоби контролю, які забезпечують високу точність та швидкість вимірювань, але можуть вимагати спеціальних знань для їх користування.

Дані по вимірювальних пристроях та інструментах представлені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої

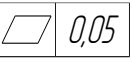
Номер			Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію
Операції	Позиції	Переходу			
1	2	3	4	5	6
005		3	12,5±0,5; 52,5±0,5	Штангенциркуль FUJIWARA FUJ-KC-003	-
010		3	10,5±0,3; 49,5±0,2	Штангенциркуль FUJIWARA FUJ-KC-003	-
015		2	49-0,08 Ra 3,2	Шаблон 8150-4875-00 Профілометр системи «М»	- ГОСТ19300-86
020		2	48,5-0,04 Допуск площинності 0,05 Ra2,5	Шаблон 8150-4875-02 Пристрій контрольний 8533-4043 Індикатор ИЧ10 Б кл.1 Профілометр системи «М»	- - ГОСТ577-68 ГОСТ19300-86
040		2	Φ6,2±0,5; 9,1±0,2;	Штангенциркуль FUJIWARA FUJ-KC-003	-
		3	14,5±0,2; Φ5±0,5	Штангенциркуль П-ШЦ- 125-0,1	-
		4	Φ7,1+0,4-0,07	Калібр-пробка 8133-0902 Пристрій контрольний для перевірки допуску розміщення 8534-4506	СТП23.113.01.073-78 -
		5	Φ7,5±0,05	Калібр-пробка 8133-0902	СТП23.113.01.073-78
		6	Φ7,6+0,022	Калібр-пробка 8133-0902	СТП23.113.01.073-78
		7	Φ6,3+0,29-0,02	Калібр на розміщення чотирьох отворів 8364-4506	СТП23.113.01.073-78
				Калібр –пробка 8133-0901	-

		8	Ф4,8+0,22-0,13	Калібр –пробка 8133-4139	СТП23.113.01.073-78
		9	Ф16+0,04-0,07 1,02±0,11	Пристосування для контролю глибини 8151-4177 Калібр на розміщення 8364-4506 Індикатор ІЧ10 Б кл.1 Пристрій контрольний 8151-4177	СТП23.113.01.073-78 - - ГОСТ577-6 ГОСТ577-6
		10	35,76+0,19-0,07	Індикатор ІЧ10 Б кл.1	ГОСТ577-6
055		4	42+0,31-0,43	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-1	ГОСТ166-89
		5	Ф22,75±0,5	Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05	ГОСТ166-89
		6	Ф11,5+0,5	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1-1	ГОСТ166-89
		7	Ф23,8+0,1 14,1±0,5; 25,75±0,37	Калібр-пробка 8133-0905 Калібр 8364-4504	- - -
		8	Ф12,4+0,1	Калібр-пробка 8133-0903	ГОСТ9244-75
		9	Ф12,7-0,02-0,04	Нутромір 10-18 Кільце для налаштування нутроміра 8124-0301	- -
		10	3+0,3 18±0,01 Ф15-0,5 9,25±0,11; 30,18±0,1	Калібр на розміщення 8364-4504 Пристрій контрольний 8514-4090 Пристрій контрольний 8514-4089 Пристрій контрольний 8514-4087	- - - -
		11	4,57+0,049 19,6+0,05-0,03 Ф15-0,5 9,25±0,11; 30,18±0,1	Пристрій контрольний 8367-4009 Пристрій контрольний 8514-4090 Пристрій контрольний 8514-4089 Пристрій контрольний 8514-4087 Пристрій контрольний 8367-4009	- - - - -
		12	Допуск співвісності 11/16-12UN-2B 11,13min Допуск співвісності	Контрольне пристосування 8344-4186 Пробка різьбова 8221-4019 Калібр 8151-4644 Калібр для контролю співвісності 8344-4177-01	- - - -
060		4	Ф6±0,5	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	- СТП23.113.01.073-78
		5	Ф9,88±0,14 11,6±0,11; 26,5±0,11	Калібр-пробка 8133-0902 Калібр на розміщення отворів 8364-4505	- -
		6	Ф3,9+0,2-0,4	Калібр-пробка 8133-0901	ГОСТ166-80
		7	Ф21±0,7 4,5+0,3; 64,7+0,3	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 Калібр 8364-4505	- ГОСТ166-80
		8	Ф28±0,5	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	ГОСТ166-80
		9	Ф6±0,5	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	ГОСТ166-80
		10	Ф11±0,5	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	-
		11	Ф12,4+0,11 81,56±0,11	Калібр-пробка 8133-0903 Калібр 8164-4505 Калібр-пробка 8133-0903	- - -
		12	Ф12,7+0,038+0,013 Ф30,1+0,1+0,05 Ф31,75±0,024 Допуск перпендикулярності 0,35 20,4+0,08-0,14; 4,11±0,11 Ra 1,6	Калібр-пробка 8133-0906 Калібр-пробка 8133-0907 Калібр 8532-4077 Калібр 8364-4505 Профілометр системи «М»	- - - - ГОСТ19300-86 -

		13	7/16-20UNF-2B 11,5min Допуск перпендикулярності 0,35	Калібр-пробка Калібр 8151-4645 Пристрій контрольний 8532-4074	- -
065		2	$\Phi 19 \pm 0,3$; $46,1 \pm 0,7$	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1	ГОСТ166-89
070		6,1 1,1 6	$\Phi 12,69 + 0,05$; $\phi 12,7 + 0,005$; ϕ $12,7 + 0,015 + 0,006$ Допуск співвісності $\phi 0,24$ $Ra 0,4$	Нутромір 10-18; Кільця для налаштування нутроміра: 8124-0301; 8124-0302; 8124-0303 Калібр 8344-4177-00 Профілометр системи «М»	ГОСТ9244-75 СТП113-411-74 - ГОСТ19300-80

Визначення припусків та операційних розмірів

Після розробки структури та змісту технологічних операцій, побудови послідовності обробки поверхонь необхідно розрахувати та вибрати припуски на механічну обробку.

Для розрахунку припусків обираємо площину 1 (рис. 3.1), яка визначається розміром $48,5^{-0,04}$, шорсткістю $R_a = 2,5 \text{ мкм}$ та допуском площинності . Вхідні дані та результати розрахунків представлено в табл. 4.8.

Просторове відхилення:

$$\rho_z = \rho_{кор}$$

Величина короблення:

$$\rho_{кор} = \Delta k \cdot L = 0,7 \cdot 171 \approx 0,12 \text{ мм};$$

$$T_{H3} - T_{H0} = 1,6 - 0,04 = 1,56 \text{ мм};$$

$$z_{\Sigma \max} - z_{\Sigma \min} = 2,6 - 1,04 = 1,56 \text{ мм}.$$

У відповідності до позначень табл. 4.8:

R_z - висота мікронерівностей;

T - глибина дефектного поверхневого шару;

ρ - просторове відхилення;

ε - похибка встановлення заготовки;

Результати розрахунку припусків

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні відхилення припусків, мкм	
	R _z	T	ρ	Z _{min}	H _p	δ	H _{min}	H _{max}	Z _{min} ^{np}	Z _{max} ^{np}
Заготовка	600		120	-	49,502	1600	49,5	51,1	-	-
Фрезерування чорнове	50	50	7	900	48,602	250	48,6	48,85	0,9	2,25
Фрезерування чистове	10	15	5	112	48,49	62	48,49	48,55	0,11	0,3
Шліфування	5	15	2	30	48,46	39	48,46	48,5	0,03	0,05
Разом									1,04	2,6

ΔK - питома кривизна заготовки;

L- довжина оброблюваної поверхні.

Для фрезерування чорнового, просторове відхилення:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{заг} = 0,05 \cdot 120 \approx 7 \text{ мкм};$$

Для фрезерування чистового:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot 120 = 5 \text{ мкм};$$

Для шліфування:

$$\rho_3 = 0,02 \cdot \rho_{заг} = 0,02 \cdot 120 = 2 \text{ мкм};$$

Похибка встановлення при фрезеруванні чорновому:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2};$$

де:

ε_δ - похибка базування, $\varepsilon_\delta = 0$, так як вимірювальна і установочна бази співпадають.

ε_z - похибка закріплення;

$$\varepsilon_z = 180 \text{ мкм}$$

Визначаємо мінімальні значення припусків:

$$z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon$$

Фрезерування чорнове:

$$z_{1\min} = 600 + 120 + 180 = 900 \text{ мкм}$$

Фрезерування чистове:

$$z_{2\min} = 50 + 50 + 7 + 5 = 112 \text{ мкм}$$

Шліфування:

$$z_{3\min} = 10 + 15 + 5 = 30 \text{ мкм}$$

Значення розрахункового розміру (табл. 3.8) заповнюємо починаючи із мінімального значення розміру у відповідності до креслення деталі послідовним додаванням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Розрахунковий розмір, після останнього переходу $48,46 \text{ мм}$, а для інших переходів:

Шліфування:

$$H_{p3} = 48,5 - 0,04 = 48,46 \text{ мм};$$

Фрезерування чистове:

$$H_{p2} = 48,46 + 0,03 = 48,49 \text{ мм};$$

Фрезерування чорнове:

$$H_{p1} = 48,49 + 0,112 = 48,602 \text{ мм};$$

Заготовка:

$$H_{p3} = 48,602 - +0,9 = 49,502 \text{ мм};$$

Значення технологічних допусків переходів визначаємо із довідників.

В графі табл. 3.8 «Граничні розміри» значення $H_{\min}$ отримуємо округленням розрахункового розміру, до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальні граничні значення припусків $z_{\max}^{np}$ дорівнюють різниці $H_{\max}$ виконуваного і попереднього переходів, а $z_{\min}^{np}$ - відповідно різниці $H_{\min}$ на виконуваному і попередньому переходах.

Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку площини 1 показана на рис. 3.4.

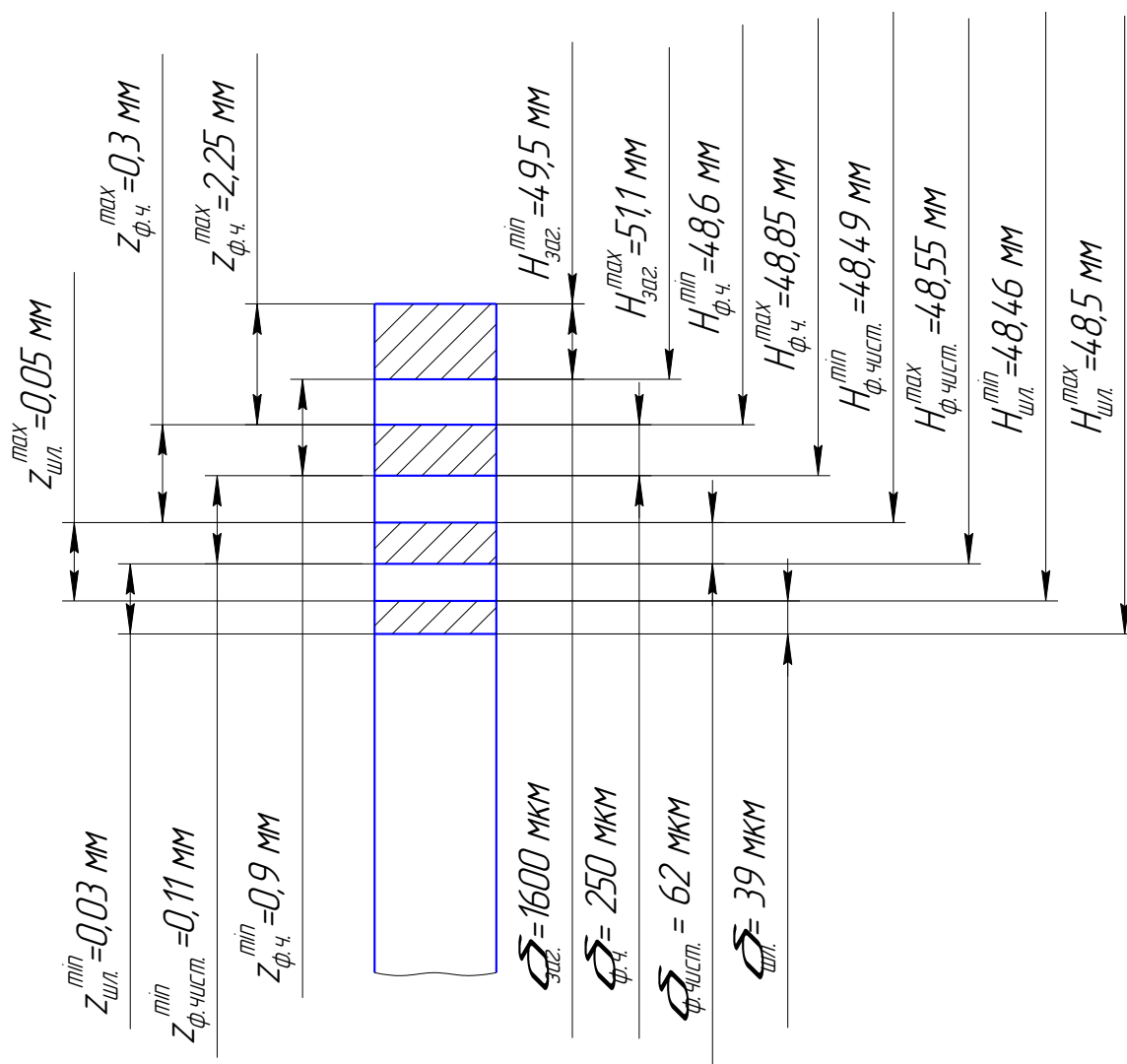


Рис. 3.4 Графічне розташування припусків і допусків на обробку площини

Визначення режимів різання

Режими різання визначаємо розрахунковим методом для 210 операції обробки деталі, яка виконується на вертикально-фрезерному верстаті.

На даному верстаті виконується обробка одночасно двох деталей, фрезеруються поверхні 1 та 2 (рис. 3.1). Розмір, який потрібно забезпечити - 48,5_{-0,04}. В якості заготовки слугує відливка із сірого чавуну СЧ20 твердістю 20, HB170.....229. Заготовка затискається в спеціальний затискний пристрій пневматичного типу.

Глибина різання: $t = 1,5 \text{ мм}$.

Подача:

$$S_m = 250_{\text{хв.}}$$

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n$$

$$S_z = \frac{S_m}{Z \cdot n} = \frac{250}{16 \cdot 60} \approx 0,1 \text{ мм/зуб};$$

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v;$$

де: C_v - значення коефіцієнта, m, q, x, y - показники степенів визначаємо у відповідності із [4, табл. 29].

T - період стійкості (180 хв)

$$C_v = 445;$$

$$q = 0,2;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,35;$$

$$m = 0,32;$$

$$p = 0;$$

K_v - поправочний коефіцієнт швидкості різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv};$$

де:

K_{mv} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{nv} - додатковий поправочний коефіцієнт для відливок;

K_{uv} - коефіцієнт, який враховує глибину різання;

$$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{nv};$$

де: $nv = 1,25$;

$$K_{nv} = 0,8;$$

$$K_{uv} = 0,83;$$

$$K_v = \left(\frac{150}{170} \right)^{1,25} \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,57;$$

Тоді:

$$V_p = \frac{445 \cdot 160^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,35} \cdot 96,2^{0,2} \cdot 16^0} \cdot 0,57 = 112,3 \text{ м/хв.}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 112,3}{3,14 \cdot 160} = 223 \text{ об/хв};$$

У відповідності до паспортних даних:

$$n_\phi \leq n_p$$

Приймаємо $n_\phi = 160 \text{ об/хв}$;

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 160}{1000} = 80,4 \text{ м/хв};$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

$$z = 16;$$

$$n = 160 \text{ об/хв};$$

$$C_p = 54,5;$$

$$x = 0,9;$$

$$y = 0,74;$$

$$u = 1,0;$$

$$g = 1,0;$$

$$w = 0.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 15^{0,9} \cdot 0,1^{0,74} \cdot 96,2^{1,0} \cdot 16}{160^{1,0} \cdot 160^0} \cdot \left(\frac{170}{190}\right)^{0,4} = 1314,4H;$$

Крутний момент, який складає максимальне навантаження на привід верстата та інструмент:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{1314,4 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 1051,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність різання:

$$N_{риз} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1314,4 \cdot 80,4}{1020 \cdot 60} = 1,7 \text{ кВт};$$

Перевірка по потужності приводу верстата:

$$N_{риз} \leq 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta; \text{ де: } N_{дв} = 7,5 \text{ кВт}; \eta = 0,8;$$

$$N_{риз} \leq 1,2 \cdot 7,5 \cdot 0,8 = 7,2 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт використання по потужності:

$$\eta_N = \frac{N_{риз}}{N_{дв} \cdot \eta} = \frac{1,7}{7,5 \cdot 0,8} = 0,28;$$

Основний час:

$$t_0 = \frac{L_{px}}{s_{\phi}}; \quad L_{px} = 132 \cdot 2 + 80 \cdot 2 + 80 \cdot 2 + 216 = 800 \text{ мм};$$

$$t_0 = \frac{800}{250} = 3,2 \text{ хв};$$

Режими різання на інші операції вибираємо з довідників та каталогів і зводимо до таблиці 3.9.

Режими різання

Номер			t, мм	S _o , мм/об, S _{хв} , мм/хв.	v, м/хв.	n, об/хв.	t _o , хв.
операції	позиції	переходу					
1	2	3	4	5	6	7	8
005		2	2,5	250	80,4	160	3,2
010		2	1,5	250	80,4	160	3,2
015		2	0,5	0,075	2,36*	10000	1,75
020		2	0,5	0,075	2,36*	10000	1,75
040		2	1	0,2	12,65	650	0,02
		3	3	0,2	13,2	700	0,5
		4	3,6	0,15	10,2	450	7,98
		5	0,15	0,2	10,6	450	0,29
		6	0,05	0,2	7,9	330	0,24
		7	3,25	0,2	15,3	750	0,61
		8	2,4	0,2	12,8	850	0,18
		9	4,75	0,1	25,1	500	0,06
		10	1,5	0,2	27,5	350	0,36
055		2	2	0,1	36	300	1,5
		3	11,4	0,2	21	300	0,65
		4	5,9	0,1	11	250	2,36
		5	1	0,1	26	300	1,0
		6	0,35	0,3	12	300	0,76
		7	0,1	300	2,5	12	1,9
		8	3	0,05	14	300	0,1
		9	4	0,05	14	300	0,1
		10	1,5	2,117	1,3	20	1
060		2	3	0,12	9,5	500	0,25
		3	4,85	0,15	18	550	1,04
		4	2	0,1	10	800	0,63
		5	1	0,12	12	180	0,92
		6	5	0,15	18	200	0,98

		7	3	0,12	9,5	500	0,08
		8	5,5	0,12	12	160	0,24
		9	1	0,05	50	500	1,95
		10	0,05	0,15	10	100	3,3
		11	0,81	1,814	14,9	180	2,34
065		2	9,5	0,1	14,9	250	2,65
070		2,3,4	0,005	Ручн.	7,2	180	6,6

Технічне нормування операцій

При серійному типі виробництва час, який витрачається на виконання операцій механічної обробки, визначається розрахунковим методом.

Розрахунок виконуємо для 210 операції, яка виконується на вертикально-фрезерному верстаті мод. 6Р13Ф2.

- оброблюваний матеріал, сірий чавун - СЧ20;
- маса заготовки – 3,8 кг;
- пристрій спеціальний пневматичний;
- інструмент – фреза торцева ф160 мм.

Основний час обробки: $t_0 = 3,2 \text{ хв}$.

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + \frac{T_{пз}}{n};$$

де:

$t_{шт}$ - штучний час;

$T_{пз}$ - підготовчо-заключний час;

n - кількість деталей в партії; $n = 40 \text{ шт.}$

$$t_{шт} = t_0 + t_{\epsilon} + t_{\text{техн.обсл}} + t_{\text{орг.обсл}} + t_{\text{пер}},$$

$$t_{\epsilon} = t_{\epsilon 1} + t_{\epsilon 2} + t_{\epsilon 3} + t_{\epsilon 4} + t_{\epsilon 5},$$

де:

$t_{\epsilon 1}$ - час на зняття та встановлення деталі:

$$t_{\epsilon 1} = 0,5 \text{ хв};$$

$t_{\epsilon 2}$ - час на підведення та відведення різального інструмента;

$$t_{\epsilon 2} = 0,4 \text{ хв};$$

$t_{\epsilon 3}$ - час на управління верстатом;

$$t_{\epsilon 3} = 0,16 \text{ хв}$$

$t_{\epsilon 4}$ - час на виконання контрольних вимірів;

$$t_{\epsilon 4} = 0,05 \text{ хв};$$

$t_{\epsilon 5}$ - час на підведення та зміну різального інструменту;

$$t_{\epsilon 5} = 0,04 \text{ хв};$$

Тоді:

$$t_{\epsilon} = 0,5 + 0,4 + 0,16 + 0,05 + 0,04 = 1,15 \text{ хв};$$

Оперативний час:

$$t_{on} = 3,2 + 0,62 = 3,82 \text{ хв};$$

$t_{\text{техн.обсл}}$ - норма часу на технічне обслуговування:

$$t_{\text{техн.обсл}} = \alpha \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 3,82 = 0,15 \text{ хв.}$$

$t_{\text{орг.обсл}}$ - час на організаційне обслуговування:

$$t_{\text{орг.обсл}} = \beta \% \cdot t_{on} = 0,06 \cdot 3,82 = 0,23 \text{ хв};$$

$t_{\text{пер}}$ - час на перерву та особисті потреби:

$$t_{\text{пер}} = 8 \% \cdot t_{on} = 0,04 \cdot 3,82 = 0,15 \text{ хв};$$

Норма підготовчо-заключного часу:

$$t_{nz} = 23 \text{ хв};$$

Штучний час:

$$t_{\text{шт}} = 3,2 + 1,15 + 0,15 + 0,23 + 0,15 = 4,88 \text{ хв};$$

Штучно калькуляційний час:

$$t_{\text{шт.к}} = 4,88 + \frac{8}{400} = 4,9 \text{ хв}.$$

На інші операції механічної обробки деталі складові часу визначаємо згідно нормативів і заносимо до табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Норми часу

Номер операції	t _о , хв.	t _д , хв.	t _{обсл.} , хв.		t _{пер.} , хв.	t _{шт.} , хв.	t _{п-з.} , хв.	t _{шт-к.} , хв.
			t _{техн. об.}	t _{орг. об.}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	3,2	1,15	0,15	0,23	0,15	4,88	18	4,9
010	3,2	1,15	0,15	0,23	0,15	4,88	18	4,9
015	1,75	0,12	0,001	0,023	0,015	2,09	8	2,11
020	1,75	0,38	0,027	0,048	0,032	2,09	8	2,11
040	10,24	11,23	0,48	0,5	0,45	22,9	25	22,94
055	9,37	1	0,4	0,61	0,52	11,9	15	11,94
060	11,73	10,91	0,5	0,53	0,53	24,2	15	24,24
065	2,65	1,16	0,02	0,03	0,01	3,87	12	3,9
070	6,6	1,318	0,02	0,025	0,017	7,98	20	8,01

3.3 Висновки

Розроблений технологічний процес виготовлення деталі, дає можливість знизити собівартості випускаємої продукції, підвищити гнучкість технологічного процесу. Забезпечення параметрів точності та якості в розробленому технологічному процесі досягається завдяки правильному вибору металорізальних верстатів, затискних пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів, правильно розрахованим припускам на механічну обробку, режимам різання та технічному нормуванні операцій.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТРОЇВ ТА ІНСТРУМЕНТІВ

4.1 Розробка та розрахунок пристрою затискного

Пропонується затискний пристрій для фіксації корпусу гідророзподільника на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПУ моделі ZK2515 під час виконання операції 065, що передбачає послідовне цекування дев'яти виточок.

Принципово, затискний пристрій (рис. 4.1) складається з плити 1, на якій розташовані плитки 2, які встановлені та закріплені за допомогою штифтів та гвинтів 27. На плиті 1 також розміщений пневмоциліндр, який закріплюється болтами 15. У кришці 13 встановлена втулка 12, а поршень 9 закріплений на штоку 11 за допомогою шайби та гайки 17 та 23 відповідно. Кришки 8, 13 та гільза 10 стягуються і закріплюються до плити 1 за допомогою болтів та шайб 15 та 22 відповідно. Для забезпечення герметичності, між поверхнями різних деталей, використовуються гумові кільця 18, 19 та 20. В різьбових отворах кришок 8 та 13 встановлені штуцери для стиснутого повітря. Шпилька 4 закріплюється на плиті 1 за допомогою різьбового з'єднання та гайки 16. На іншому кінці шпильки 4 розміщений прижим 5, який підпружинений пружиною 21 та має конічний отвір, що сполучається з сферичною поверхнею гвинта 14, закріпленого у штоці 11.

У плитках 2 встановлено два пальці: циліндричний палець 6 та зрізаний палець 7.

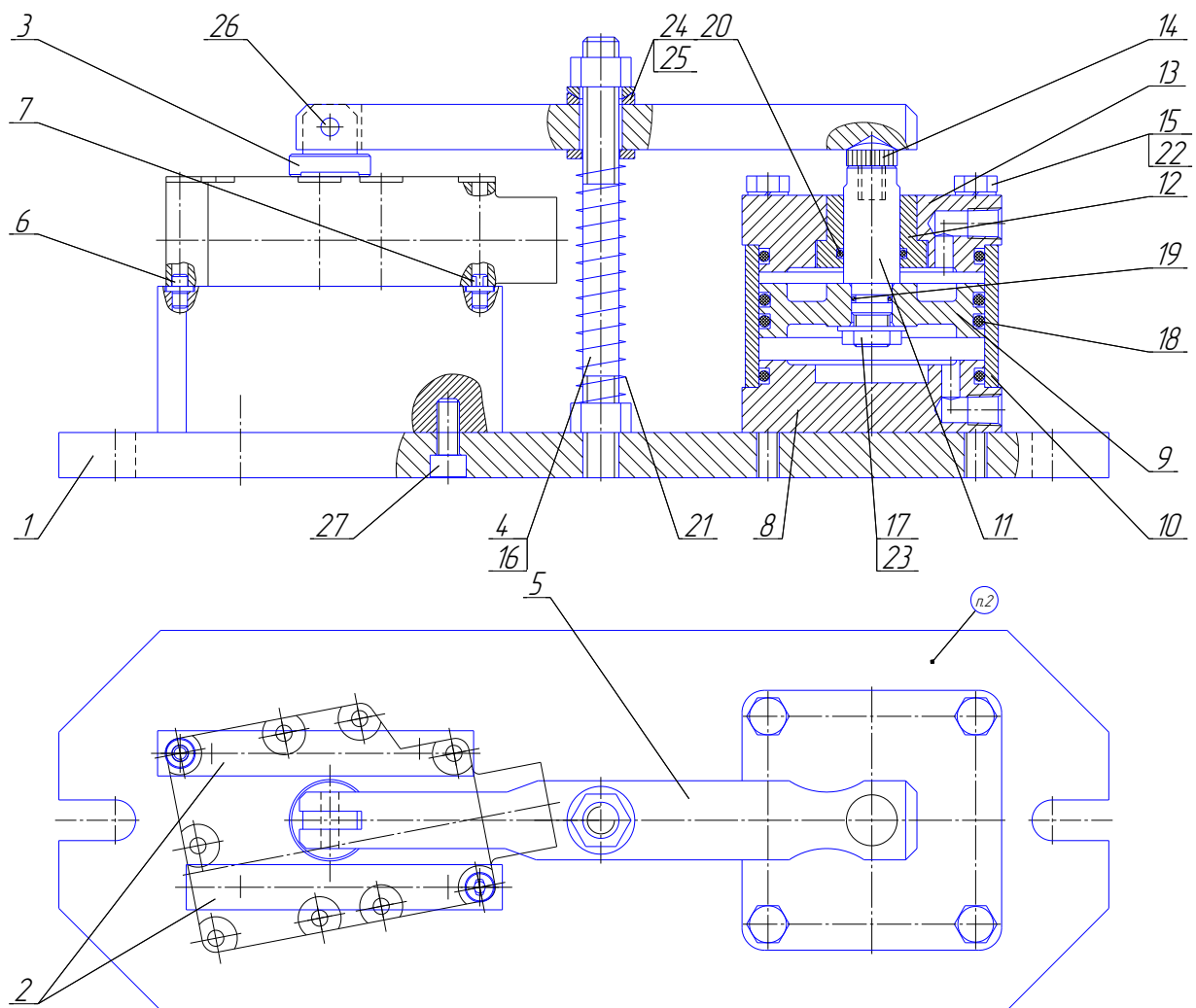


Рис. 4.1 Пристрій затискний

Цей пристрій працює наступним чином: спочатку деталь встановлюється на поверхні плиток 2 і правильно орієнтується за допомогою циліндричного та зрізаного пальців, а потім прижим 5 повертається в положення затиску. Коли стиснуте повітря поступає в безштокову порожнину, шток 11 разом з гайкою 14 переміщується вгору, тиснучи на прижим 5. П'ята 3, яка встановлена на прижимі 5, притискає деталь до плиток 2 за допомогою сферичних шайб 24, 25 та гайки 16, що знаходиться на шпильці 4.

Після того, як стиснуте повітря поступає в штокову порожнину, шток 11 разом з гвинтом 14 переміщуються вниз, при цьому сферична поверхня гвинта виходить з конічного отвору прижиму 5, який завдяки пружині 21 постійно знаходиться в верхньому положенні. Щоб зняти деталь, необхідно повернути прижим на 90^0 навколо вісі шпильки 4 у положення встановлення та зняття деталі.

Була розроблена схема базування деталі за допомогою опорних точок в координатній системі верстата, яка була адаптована до вимог, що ставилися до

операції з урахуванням принципу суміщення вимірювальних та технологічних баз. Схематичне зображення цієї схеми можна побачити на рис. 4.2.

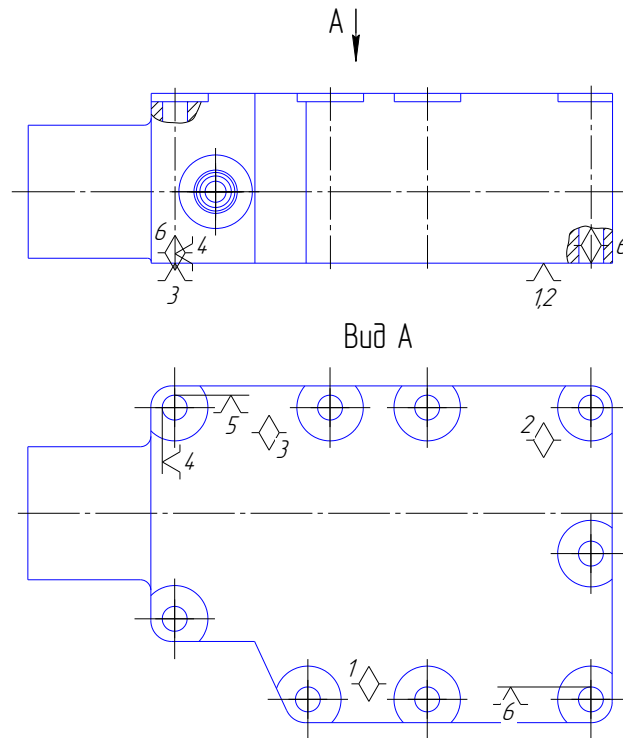


Рис. 4.2 Теоретична схема базування

На рисунку 4.3 зображена реалізація схеми базування за допомогою спеціальних установчих елементів.

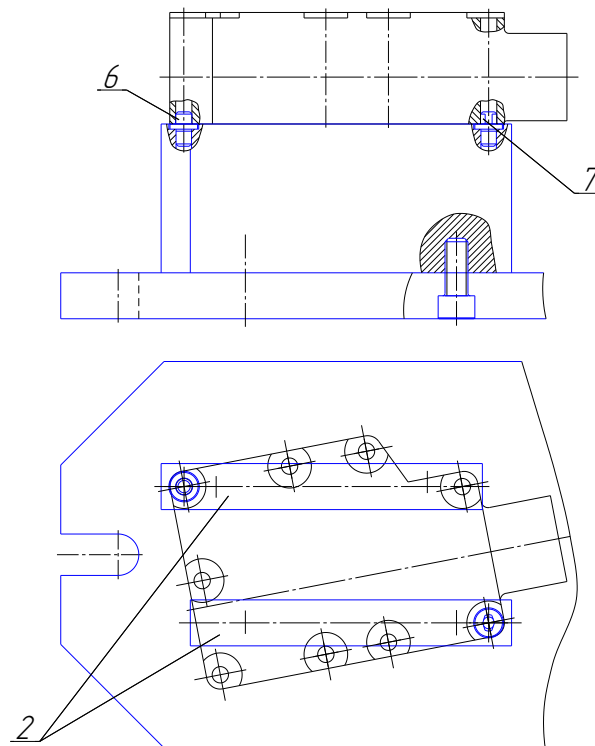


Рис. 4.3 Матеріалізація теоретичної схеми базування:

2- плитки; 6- палець циліндричний; 7- палець зрізаний

Метою затискних пристроїв є надійне закріплення заготовки, що запобігає її вібрації та зміщенню під час обробки. Для досягнення високої точності обробки необхідно забезпечити стабільні сили закріплення, що зменшить похибку закріплення. При розробці затискних пристроїв необхідно враховувати сили різання, тяжіння та інерції, що можуть вплинути на процес обробки. Крім того, при виготовленні точних деталей необхідно забезпечувати достатньо міцний затиск, щоб уникнути деформації заготовок та забезпечити надійне закріплення.

Для забезпечення надійного закріплення заготовки під час обробки необхідно розрахувати силу затиску, яка враховує вплив сил різання, тяжіння, інерції, тертя, реакції в опорах та самої сили затиску. Під час конструювання затискного пристрою слід знайти потрібну силу затиску, щоб забезпечити надійне закріплення заготовки та підвищити точність обробки. При використанні вже виготовленого пристрою необхідно перевірити силу закріплення та, якщо вона перевищує задане значення, змінити умови різання. На рисунку 4.4 показана схема затиску деталі з вказанням точки прикладання сили затиску, напрямку цієї сили, моментів різання, сил тертя та реакцій в опорах.

Після визначення сили затиску, її необхідно збільшити на величину коефіцієнта запасу.

Крутний момент при виконанні операції цекування отворів:

- Глибина різання:

$$t = (D - d)0,5 = (19 - 7,1)0,5 = 5,95 \text{ мм.}$$

- Подача: $s = 0,1 \text{ мм/об.}$

- Різальна частина інструменту - сталь швидкоріжуча ВК8.

- Швидкість різання:

Швидкість різання при цекуванні:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v$$

$$C_v = 105; q = 0,4; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,4; T = 30 \text{ хв.}$$

Поправочний коефіцієнт загальний:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}$$

де: K_{mv} – коефіцієнт, який враховує характеристики оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v} = \left(\frac{190}{170} \right)^{1,3} = 1,16$$

Де HB = 170; $n_v = 1,3$.

K_{iv} – коефіцієнт матеріалу інструмента – 0,83;

K_{lv} – коефіцієнт на глибину цекування – 1,0.

$$K_v = 1,16 \cdot 0,83 \cdot 1,0 = 0,96.$$

Тоді:

$$v = \frac{105 \cdot 19^{0,4}}{30^{0,4} \cdot 5,95^{0,15} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,96 = 181,2 \text{ м/хв.}$$

- Частота обертання інструмента:

$$n = \frac{1000v}{\pi D}$$

Тоді:

$$n = \frac{1000 \cdot 181,2}{3,14 \cdot 19} = 3037 \text{ об/хв};$$

Виходячи із властивостей оброблюваного матеріалу та інструменту, паспортних даних верстата його нормальної роботи, приймаємо:

$$n_{наст.} = 1000 \text{ об/хв}$$

- Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi D n_{наст.}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 19 \cdot 1000}{1000} = 60 \text{ м/хв}$$

- Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p$$

$C_m = 0,196$; $q = 0,85$; $x = 0,8$; $y = 0,7$.

Поправковий коефіцієнт $K_p = K_{mp}$:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{170}{190} \right)^{0,6} = 0,94$$

Тоді:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,196 \cdot 19^{0,85} \cdot 5,95^{0,8} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,94 = 18,7 \text{ Н·м}$$

Сила осьова:

$$P_o = 10 C_p t^x s^y K_p$$

$C_p = 46$; $x = 1,0$; $y = 0,4$.

$$P_o = 10 \cdot 46 \cdot 5,95^{1,0} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 0,94 = 1024 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

$$N_p = \frac{18,7 \cdot 1000}{9750} = 1,92 \text{ кВт};$$

Перевірка по потужності:

$$N_p \leq 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta$$

$$1,92 \leq 1,2 \cdot 3,7 \cdot 0,8$$

$$1,92 \leq 3,55$$

Коефіцієнт використання верстата по потужності:

$$\eta_N = \frac{N_p}{N_{дв} \cdot \eta}$$

$$\eta_N = \frac{1,92}{3,7 \cdot 0,8} = 0,64$$

Рівняння рівноваги деталі:

$$M_{кр} \leq M_{тр},$$

де $M_{кр}$ - крутний момент при цекуванні;

$M_{тр}$ - момент сил тертя, між базовими поверхнями пристрою затискного та корпусу гідророзподільника.

Сила тертя:

$$F_{тр} = Nf$$

Нормальну реакцію:

$$N = W + P_o$$

Момент тертя:

$$M_{тр} = F_{тр} \left(l_3 + \frac{D}{2} \right) = (W + P_o) f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right)$$

Умова рівноваги:

$$M_{тр} \geq M_{кр}$$

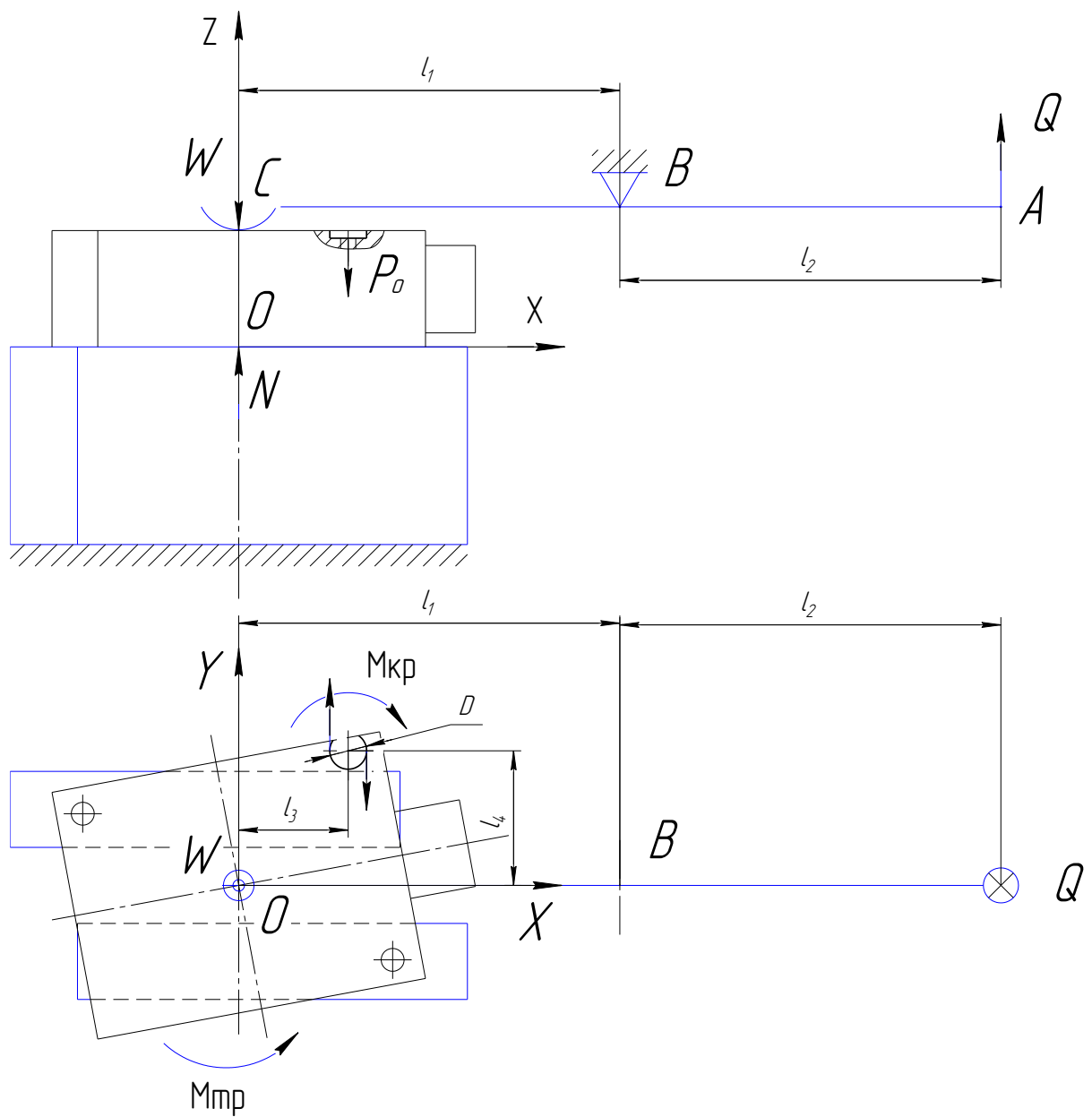


Рис. 4.4 Розрахункова схема для визначення сили затиску

$$(W + P_o) f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right) = M_{кр}$$

Сила затиску:

$$W = \frac{M_{кр} - P_o f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right)}{f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right)}$$

Залежність між силою затиску та силою на штоці пневматичного циліндру:

$$W = Q \frac{l_1}{l_2} \eta$$

де $\eta = 0,95$ – ККД

При $l_1 = l_2$, $W = Q\eta$

Визначаємо силу на штоці пневмоциліндру:

$$Q = \frac{W}{\eta} = \frac{M_{кр} - P_o f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right) \eta}{f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right)}$$

Коефіцієнт запасу приймаємо рівним 2,5:

$$Q = 2,5 \frac{M_{кр} - P_o f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right) \eta}{f \left(l_3 + \frac{D}{2} \right)} = 2,5 \frac{18,7 - 1024 \cdot 0,3 \left(55 + \frac{19}{2} \right) 0,95}{0,3 \left(55 + \frac{19}{2} \right)} = 1023 \text{ Н}$$

Вибір силового приводу пристрою

Обираємо пневматичний поршневий привід двохсторонньої дії. Дані приводи характеризуються простотою конструкції та високою швидкодією.

Діаметр поршня визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P_e \cdot \eta}};$$

де: P_e - тиск стиснутого повітря: $P_e = 2 \dots 5 \text{ кгс} / \text{см}^2$;

η - ККД приводу; $\eta = 0,8$:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1023}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,8}} = 0,09 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр поршня рівним 100 мм.

Діаметр трубопроводу по якому буде подаватись стиснуте повітря до пневмоциліндру:

$$d_T = \frac{0,0047 \cdot D \cdot \sqrt{\varepsilon \cdot S_{Q1}}}{t \sqrt{\varepsilon^{1,43} - \varepsilon^{1,71}}};$$

де:

$$\varepsilon = Q / (F \cdot p \cdot f)$$

$$\varepsilon = Q / (F \cdot p \cdot f) = \frac{1023}{3,14 \cdot 50^2 \cdot 0,9 \cdot 0,15} = 0,97;$$

t – швидкодія приводу - $t \leq 0,5 \text{ с}$;

F – площа поршня, см^2 ; f – коефіцієнт тертя між циліндром та поршнем, $f = 0,9$;

S_{Q1} - довжина різьбової поверхні, яка забезпечує з'єднання поршня та штока пневмоприводу.

Тоді:

$$d_T = \frac{0,0047 \cdot 100 \cdot \sqrt{0,97 \cdot 12}}{t \sqrt{0,97^{1,43} - 0,97^{1,71}}} = 7,17 \text{ мм};$$

Приймаємо $d_T = 8 \text{ мм}$.

Перевірка пристрою затискного на міцність

Слабкими ланками пристрою є ланки, які підлягають найбільшим навантаженням, які виникають під дією сил затиску. Такою ланкою є штифтове з'єднання, а саме штифт позиція 26 (рис. 4.1).

Штифт виконаний зі сталі 45 і має зовнішній діаметр - 8 мм.

Перевіряємо виконання умови міцності штифтового з'єднання на зріз:

$$\tau = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau];$$

$$\tau = \frac{1023}{\frac{3,14 \cdot 8^2}{4}} = 81,4 \text{ МПа};$$

$$[\tau] = 160 \text{ МПа};$$

Як видно із розрахунків умова виконується.

4.2 Розрахунок та розробка пристрою контрольного

Для контролю міжцентрової відстані $145,34 \pm 0,005 \text{ мм}$ корпусу гідророзподільника використовується спеціальний контрольний пристрій (рис. 4.6). Пристрій складається з рами 1, яка з'єднується з корпусом 5 за допомогою чотирьох пластин 6. У різьбовому отворі рами 1 розміщується гвинт упорний 2, а в отворі рами 1 розміщується головка 4. У головці 4 встановлений палець 12, який може переміщуватись в радіальному напрямку відносно корпусу 5. Інший палець знаходиться в корпусі 5 та за допомогою різьбового з'єднання та шайби сферичної 11 закріплений в корпусі. Пластини 6 орієнтуються та закріплюються в корпусі 5 та рамі 1 за допомогою штифтів 17, планок 7 та гвинтів 15.

Для вимірювання міжцентрової відстані в отворі стійки 8 встановлюється індикатор годинникового типу 19 за допомогою цанги 10, спеціальної гайки 3 та штифта 16. Під час вимірювання наконечник індикатора впирається в торцеву поверхню упора 9, який розташований в отворі рами 1.

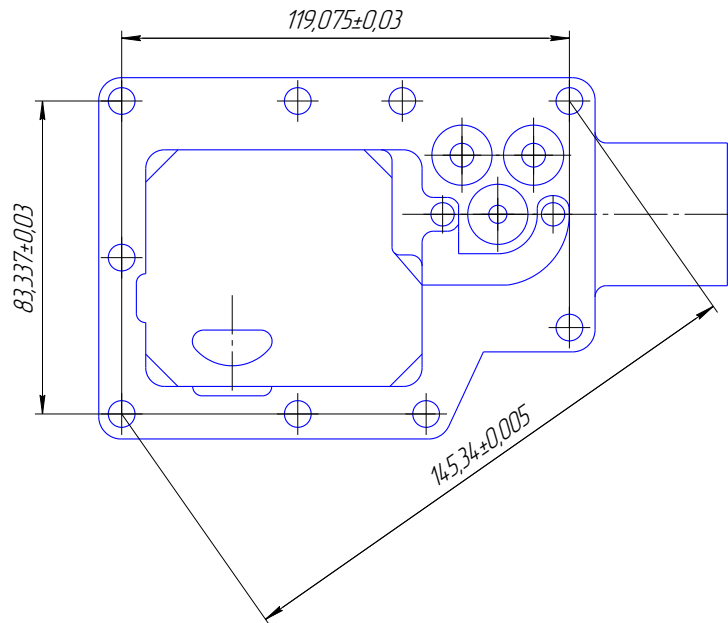


Рис. 4.5 Розміри деталі, які контролюються

Основний принцип роботи пристрою полягає в наступному: за допомогою контрольного зразка 13 індикатор 19 встановлюється на значення "0". Контрольна деталь встановлюється з використанням отворів на пальці 12, які знаходяться в головці 4 разом з рамою 1. Після цього деталь може бути переміщена в напрямку, перпендикулярному до вісі отвору. У рамі 1 є упор 9, який контактує з ніжкою наконечника та відхиляє її, вказуючи на відхилення міжцентрової відстані.

При періодичному контролі важливо перевіряти розміри отвору, міжцентрову відстань та відхилення від форми отворів у контрольному зразку, а також діаметр сфери в пальцях 12.

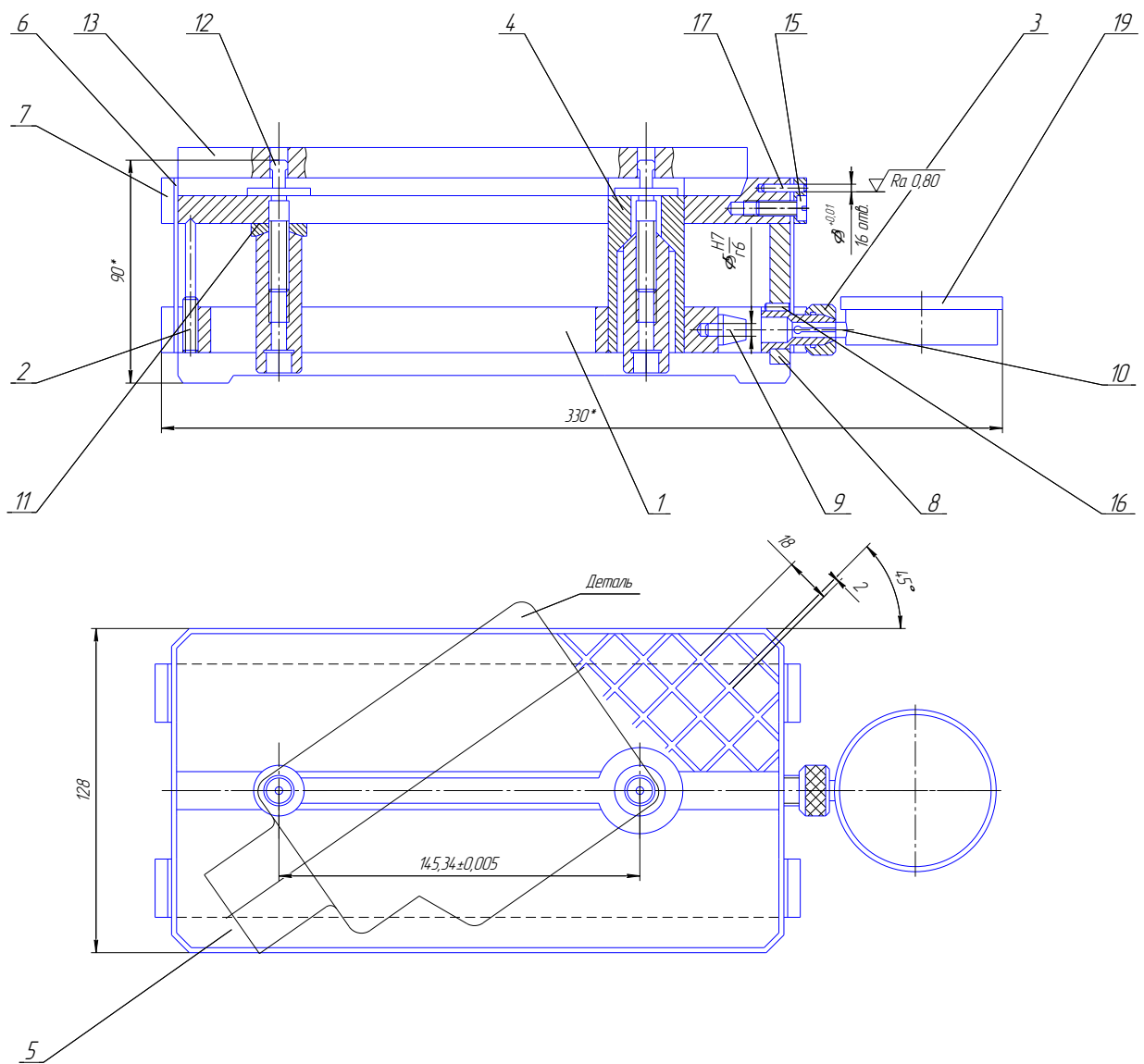


Рис. 4.6 Конструкція пристрою контрольного

Перед початком роботи з контрольним пристроєм необхідно виконати його візуальний огляд та перевірити працездатність. Для цього потрібно звернути увагу на наступні моменти:

- індикатор повинен бути жорстко закріплений в стійці 8 цангою 10 та гайкою 3, а вимірювальний наконечник - щільно притиснутий до упору 9;
- при натисканні на вимірювальний наконечник, стрілка індикатора повинна відхилятися від свого положення;
- перед початком роботи необхідно протерти базову поверхню пристрою;
- корпус пристрою також потрібно протерти перед вимірюванням.
- перевірку параметрів точності пристрою необхідно проводити щомісяця.

Визначення похибок вимірювання пристрою контрольного

Спочатку виконаємо перевірку пристрою контрольного по працездатності:

$$\sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{\delta d}^2 + \Delta_{nn}^2 + \Delta_{\delta z}^2 + \Delta_{\delta 3\delta}^2 + \Delta_{\delta id}^2} \leq [\Delta_{\text{вим}}],$$

де: Δ_{δ} - похибка базування деталі, $\Delta_{\delta} = 0$;

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

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

$\Delta_{\delta z}$ - похибка вимірювального засобу, $\Delta_{\delta z} = 0,004 \text{ мм}$;

$\Delta_{\delta 3\delta}$ - похибка встановлення засобу вимірювання, $\Delta_{\delta 3\delta} = 0,0017 \text{ мм}$;

$\Delta_{\delta id}$ - похибка відліку, $\Delta_{\delta id} = 0,2j$, де j – ціна поділки шкали вимірювального засобу, $\Delta_{\delta id} = 0,2 \cdot 0,001 = 0,0002 \text{ мм}$;

$[\Delta_{\text{вим}}]$ - допустима похибка вимірювання, $[\Delta_{\text{вим}}] = 0,01 \text{ мм}$.

Тоді:

$$\sqrt{0,001^2 + 0,0002^2 + 0,004^2 + 0,0017^2 + 0,002^2} = 0,005 \text{ мм}$$

Допустима похибка вимірювання складає 0,01 мм, а розрахункова – 0,005 мм.

Тобто умова виконується.

4.3 Розробка конструкції та розрахунків різального інструменту

Опис конструкції різального інструменту

Для зенкерування отвору на операції 060 комплексній з ЧПУ використовується спеціальний двозубий зенкер (рис. 4.7). Різальний інструмент складається з корпусу 1, двох ріжучих пластин з твердого сплаву марки ВК6 та хвостової частини конус Морзе 4, за допомогою якого зенкер закріплюється в оправці.

Різальні пластини прикріплюються до корпусу за допомогою паяння латунню марки Л63 ГОСТ15527-70. Корпус виготовлений зі сталі 45 ГОСТ 1050-74. Геометрія ріжучої частини та різальний матеріал спеціально підібрані для вибраних режимів обробки та марки оброблюваного матеріалу.

Кожна різальна кромка зенкера має пряму стружкову канавку, яка забезпечує надійне відведення стружки. Застосування даного різального інструменту дозволяє досягти високої якості обробки та точності геометричних параметрів отвору.

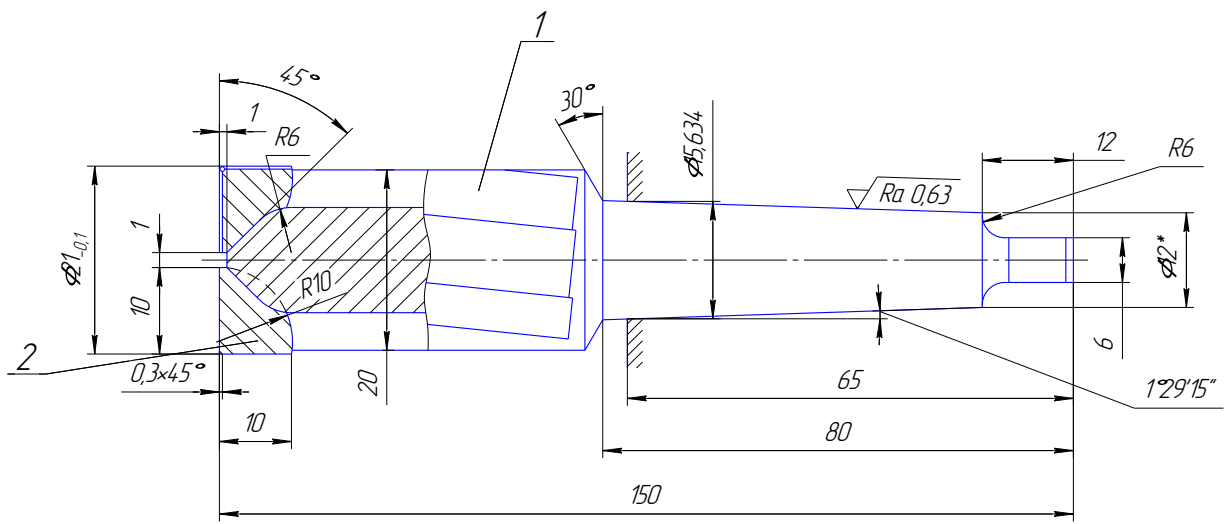


Рис. 4.7 Конструкція інструмента різального

При зенкеруванні спостерігається розбивання отвору. Величина розбивання залежить від технічного стану верстата, точності різального інструмента, сил та моментів, які виникають в процесі обробки, пружних деформацій технологічної оброблювальної системи, температурного режиму та ін.

Номінальний діаметр зенкера, обирається меншим максимального діаметра отвору у відповідності до робочого креслення на величину розбивання отвору. Величина розбивання отвору при зенкерування складає 0,3-0,4 допуску на оброблюваний отвір.

Номінальний діаметр зенкера:

$$d_{\text{ном. зен.}} = D_{\text{мах обр.отв.}} - \frac{1}{3} \delta,$$

де: $D_{\text{мах обр.отв.}}$ — максимальний діаметр оброблюваного отвору, мм;

δ — допуск на розмір оброблюваного отвору, мм.

$$d_{\text{ном. зен.}} = 21,7 - \frac{1}{3} 1,4 = 21,23 \text{ мм.}$$

Зенкер має дві стружкові канавки. Основні геометричні параметри при обробці сірого чавуну: головний кут в плані $\varphi=90^\circ$; передній кут $\gamma=15^\circ$; задній кут $\alpha=12^\circ$.

Глибина стружкової канавки:

$$h = (0,27 \div 0,1)d = 0,1 \cdot 21,23 \approx 2 \text{ мм.}$$

На периферії зубців зенкера виконуються циліндрична стрічка, яка призначена для покращення напрямлення зенкера під час обробки. Ширина стрічки:

$$f = (0,1 \div 0,01)d = 0,01 \cdot 21,23 \approx 0,3 \text{ мм.}$$

Кут нахилу канавки для стружки $\omega = 12^\circ$.

Робоче креслення зенкера представлено в додатках до роботи.

4.4 Висновки

Розроблена конструкція пристрою затискного дає можливість швидкого та надійного закріплення корпусу гідророзподільника під час його виготовлення, що має вплив на точність та якість виготовлення деталі.

Розроблена конструкція пристрою контрольного дає можливість контролю розміщення двох базових отворів, які використовуються для орієнтації деталі відносно корпусу аксіально-поршневого гідронасосу при затиску та під час виготовлення деталі.

Розроблена конструкція зенкера спеціального дає можливість виготовлення отвору корпусу гідророзподільника із необхідною точністю та якістю.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

5.1 Аналіз варіантів технологічних процесів

Аналіз економічної ефективності технологічних процесів здійснюється шляхом визначення та порівняння технологічної собівартості виготовлення по кожному з альтернативних варіантів (базовому і розробленому):

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

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. Так само, порівнювати доцільно лише операції, які відрізняються (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Характеристика змін при обробці корпусу гідророзподільника

Номер опер.	проектний варіант		Номер опер.	проектний варіант	
	Модель обладнання	t_{um} , хв.		Модель обладнання	t_{um} , хв.
040	ИР320ПМФ4	17,23	040	NHP 4000 DOOSAN	22,90
042	2H135	6,95	055	LEO 1600 series DOOSAN	11,90
055	16A20Ф3С32	10,50	060	NHP 4000 DOOSAN	24,20
057	2H135	1,77	065	ZK2515	3,87
060	ИР320ПМФ4	24,20			
065	2H135	3,92			

Розрахунок змінних витрат

Змінні витрати визначаються за формулою:

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

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.;

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

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

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

$$Z_{одв} = C_{z(i)} \frac{t_{ум(i)}}{60} (1 + K_{\delta}) \cdot (1 + K_c)$$

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

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

K_{δ} , K_c – коефіцієнти, які враховують відповідно додаткову заробітну плату та відрахування на соціальні потреби.

$$Z_{одв.баз} = \frac{43,722 \cdot 12,64 + 48,581 \cdot 51,93}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 68,7877 \text{ грн.}$$

$$Z_{одв.пр} = \frac{43,722 \cdot 3,87 + 48,581 \cdot 59,0}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) = 67,8937 \text{ грн.}$$

Наступні статті витрат пов'язано з утриманням та експлуатацією обладнання.

Витрати на електроенергію силову:

$$E_c = \frac{N_{\epsilon} \cdot K_o \cdot K_N \cdot K_{\delta}}{\eta_{\epsilon} \cdot \eta_m} \cdot \frac{t_{ум}}{60} \cdot \Pi_{ел}$$

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 0,5...0,6 – для токарних, свердлильних 0,6...0,7 – для фрезерних 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, $\eta_{\epsilon}=0,92...0,96$;

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

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

Наприклад, для операції 040 базового технологічного процесу:

$$E_{с.баз(040)} = \frac{30 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,5}{0,95 \cdot 0,88} \cdot \frac{41,43}{60} \cdot 3,2 = 19,4278 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2

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	Ціна, тис. грн.
Базовий варіант						
Оброблювальний центр з ЧПУ IP320ПМФ4	3,84×2,30	30,0	10	40/25	8,83	3574,2
Вертикально-свердильний 2Н135	2,69×0,83	4,0	3,5	8/5,5	2,23	67,0
Токарний з ЧПУ 16A20Ф3С32	3,70×2,26	11,0	4,0	22/18	8,36	280,0
Розроблений варіант						
Оброблювальний центр з ЧПУ NHP 4000 DOOSAN	4,95×2,69	30,0	9,7	30/22	13,32	5460,0
Токарний з ЧПУ мод. LEO 1600 series DOOSAN	1,85×1,64	7,5	2,6	22/18	3,03	2540,0
Вертикально-свердильний з ЧПУ мод. ZK2515	1,31×1,65	2,2	0,6 5	14/8	2,16	320,0

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 5.3.

Розрахунок витрат на електроенергію

Базовий варіант					Розроблений варіант				
№ опер.	$N_{\text{в}}$, кВт	K_N	$t_{\text{ум}}$, хв.	$E_{\text{с.баз}}$, грн.	№ опер.	$N_{\text{в}}$, кВт	K_N	$t_{\text{ум}}$, хв.	$E_{\text{с.пр}}$, грн.
040, 060	30,0	0,7	41,43	19,4278	040, 060	30,0	0,7	47,1	22,0866
042, 057, 065	4,0	0,5	12,64	0,5645	055	7,5	0,7	11,9	1,3951
055	11,0	0,7	10,50	1,8054	065	2,2	0,5	3,87	0,0951
Всього	-	-	64,57	21,7977	Всього	-	-	62,87	23,5767

Витрати на ремонт обладнання:

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

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;

$F_{\text{дрм}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

$$B_{\text{р.баз}(040)} = \frac{520 \cdot 40 + 315 \cdot 25}{3680} \cdot \frac{41,43}{60} = 5,3805 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 5.4.

Розрахунок витрат на ремонт обладнання

Базовий варіант					Розроблений варіант				
№ опер.	W_m , УР О	W_e , УРО	$t_{ум}$, хв.	$B_{р.баз}$, грн.	№ опер.	W_m , УРО	W_e , УР О	$t_{ум}$, хв.	$B_{р.пр}$, грн.
040, 060	40	25	41,43	5,3805	040, 060	30	22	47,1	4,8060
042, 057, 065	8	5,5	12,64	0,3373	055	22	18	11,9	0,9221
055	22	18	10,50	0,8137	065	14	8	3,87	0,1718
Всього	-	-	64,57	6,5314	Всього	-	-	62,87	5,9000

Витрати на допоміжні матеріали:

$$B_{мд} = \frac{M_{зв} \cdot R_m \cdot t_{ум}}{100 \cdot 60} \cdot K_6$$

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

K_6 – коефіцієнт, який враховує тип виробництва.

$$B_{мд.баз} = \frac{28,5 \cdot (40 \cdot 41,43 + 8 \cdot 12,64 + 22 \cdot 10,5)}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 10,3942 \text{ грн.}$$

$$B_{мд.пр} = \frac{28,5 \cdot (30 \cdot 47,1 + 22 \cdot 11,9 + 14 \cdot 3,87)}{100 \cdot 60} \cdot 1,1 = 9,0339 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію універсального обладнання:

$$B_{ам} = \frac{\Phi_{бал} \cdot H_a \cdot t_{ум}}{F_{орм} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{зн}}$$

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

$$\Phi_{бал} = C_{онт} \cdot K_{тмф}$$

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

$K_{тмф}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування обладнання (0,05...0,1), його монтаж (0,04...0,06), улаштування фундаменту (0,02...0,08);

H_a – норма амортизації на реновацію, %.

$$B_{ам.баз(040)} = \frac{3574000 \cdot 1,19 \cdot 15 \cdot 41,43}{3680 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,8} = 149,6384 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконані розрахунки за іншими операціями зведемо до табл. 4.5.

Розрахунок витрат на амортизацію обладнання

№ опер.	$C_{онт},$ грн.	$t_{ум},$ хв.	$B_{ам.баз},$ грн.	№ опер.	$C_{онт},$ грн.	$t_{ум},$ хв.	$B_{ам.пр},$ грн.
040, 060	3574200	41,43	149,6384	040, 060	5460000	47,1	259,8739
042, 057, 065	67000	12,64	0,8558	055	2540000	11,9	30,5443
055	280000	10,50	2,9710	065	320000	3,87	1,2514
Всього		64,57	153,4651	Всього		62,87	291,6696

Витрати на експлуатацію приміщення:

$$B_{ен} = \frac{S_{од} \cdot k_f \cdot C}{F_{дрм} \cdot \eta_{зн}} \cdot \frac{t_{ум}}{60}$$

де $S_{од}$ – площа в плані, яку займає одиниця обладнання, м²;

k_f – коефіцієнт, який враховує додаткову площу.

C – річні витрати, пов'язані з експлуатацією 1м² виробничого приміщення, грн.

$$B_{ен.баз(040)} = \frac{8,83 \cdot 2,5 \cdot 380}{3680 \cdot 0,8} \cdot \frac{41,43}{60} = 1,9675 \text{ грн.}$$

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

Таблиця 5.6

Розрахунок витрат на утримання приміщення

Базовий варіант					Розроблений варіант				
№ опер.	$S_{од},$ м ²	k_f	$t_{ум},$ хв.	$B_{ен.баз},$ грн.	№ опер.	$S_{од},$ м ²	k_f	$t_{ум},$ хв.	$B_{ен.пр},$ грн.
040, 060	8,83	2,5	41,43	1,9675	040, 060	13,32	2,0	47,1	2,6993
042, 057, 065	2,23	3,5	12,64	0,2122	055	3,03	3,5	11,9	0,2715
055	8,36	2,5	10,50	0,4721	065	2,16	3,5	3,87	0,0629
Всього	-	-	64,57	2,6518	Всього	-	-	62,87	3,0337

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.;

$B_{ам.сп}$ – витрати на амортизацію спеціального обладнання, грн.;

Витрати $B_{сп.осн}$ та $B_{ам.сп}$ у порівнюваних варіантах відсутні;

$B_{пр}$ – витрати на створення програмного забезпечення верстату з ЧПУ, грн.

Витрати на налагодження обладнання:

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

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.

$$B_{нал.баз} = \frac{55,058 \cdot 10 \cdot 3 + 64,773 \cdot (25 \cdot 2 + 15)}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 24 = 3146,71 \text{ грн.}$$

$$B_{нал.пр} = \frac{55,058 \cdot 12 + 64,773 \cdot (25 \cdot 2 + 15)}{60} \cdot (1 + 0,1) \cdot (1 + 0,22) \cdot 24 = 2614,72 \text{ грн.}$$

Витрати на створення програмного забезпечення:

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

де $T_{пр}$ – трудомісткість підготовки програмного забезпечення, яка враховує трудомісткість розробки операційної карти технологічного процесу, управляючої програми, карт налагодження інструменту, год.;

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

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

$$B_{пр.баз} = 44,8 \cdot 56,82 \cdot 1,342 = 3416,11 \text{ грн.}$$

$$B_{пр.пр} = 59,6 \cdot 56,82 \cdot 1,342 = 4544,65 \text{ грн.}$$

Розрахунок технологічної собівартості

Усі виконані розрахунки змінних та постійних витрат, а також розрахунок технологічної собівартості зведемо до табл. 5.7.

Розрахунок технологічної собівартості

№ з/п	Статті витрат	Витрати, грн.	
		Базовий	Розроб-лений
1.	<u>Змінні витрати V</u>		
1.1	Заробітна плата виробничих робітників основна, додаткова з єдиним соціальним внеском	68,7877	67,8937
1.2	Електроенергія силова	21,7977	23,5767
1.3	Ремонт обладнання	6,5314	5,9000
1.4	Матеріали допоміжні	10,3942	9,0339
1.5	Амортизація універсального обладнання	153,4651	291,6696
1.6	Експлуатація приміщень	2,6518	3,0337
	Всього змінних витрат	263,628	401,1076
2.	<u>Постійні витрати P</u>		
2.1	Налагодження обладнання	3146,71	2614,72
2.2	Програмне забезпечення	3416,11	4544,65
	Всього постійних витрат	6562,82	7159,37
	Технологічна собівартість річного випуску деталей	797447	1210482

Технологічна собівартість:

$$C_{\text{тех.баз}} = 263,628 \cdot 3000 + 6562,82 = 797447 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{тех.пр}} = 401,1076 \cdot 3000 + 7159,37 = 1210482 \text{ грн.}$$

Розрахунок приведених витрат за варіантами технологічного процесу

Приведені витрати за базовим та розробленим варіантом технологічного процесу:

$$B_{\text{пр}} = C_{\text{тех}(i)} + E_n \cdot K_{(i)}$$

де E_n – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_{(i)}$ – капітальні вкладення за i -тим варіантом техпроцесу, грн.

Капітальні вкладення по кожному варіанту складаються із вкладень в обладнання $\Phi_{\text{бал}}$, оснащення $B_{\text{осн}}$, а також у приміщення, яке це обладнання

займає $K_{б\gamma\delta}$, скореговані на коефіцієнт завантаження обладнання тих деталей-операцій, які відрізняються у порівнюваних варіантах:

$$K = (\Phi_{бал} + B_{осн} + K_{б\gamma\delta}) \cdot \eta_{з_i}$$

Капітальні вкладення в будівлі розраховуємо за формулою:

$$K_{б\gamma\delta} = S_{од} \cdot K_f \cdot q_{np} \cdot h \cdot \Pi_{б\gamma\delta}$$

де h - висота приміщення цеху, м;

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

$$K_{б\gamma\delta.баз} = (8,83 \cdot 2,5 \cdot 2 + 2,23 \cdot 3,5 \cdot 3 + 8,36 \cdot 2,5) \cdot 8 \cdot 4000 = 2830880 \text{ грн.}$$

$$K_{б\gamma\delta.нр} = (13,32 \cdot 2 \cdot 2 + 3,03 \cdot 3,5 + 2,16 \cdot 3,5) \cdot 8 \cdot 4000 = 183456 \text{ грн.}$$

Балансова вартість обладнання:

$$\Phi_{бал.баз} = (3574200 \cdot 2 + 67000 \cdot 3 + 280000) \cdot 1,19 = 9078986 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{бал.нр} = (5460000 \cdot 2 + 2540000 + 320000) \cdot 1,19 = 16398200 \text{ грн.}$$

$$K_{баз} = (2830880 + 9078986) \cdot 0,14 = 1667381 \text{ грн.}$$

$$K_{нр} = (183456 + 16398200) \cdot 0,21 = 207185 \text{ грн.}$$

$$B_{нр.баз} = 797447 + 0,16 \cdot 1667381 = 1064228 \text{ грн.}$$

$$B_{нр.нр} = 1210482 + 0,16 \cdot 3482148 = 1767626 \text{ грн.}$$

За критеріями мінімуму технологічної собівартості та приведених витрат більш ефективним для заданої програми запуску деталі $N_3=3000$ шт. є базовий варіант технологічного процесу механічної обробки. Проте матеріальне спрацювання і техніко-економічне старіння (моральне зношення) використовуваного у ньому обладнання, а також неможливість його оновлення через відсутність на вітчизняному ринку нових зразків цього обладнання, вимагає використання нових більш прогресивних технологічних підходів. Зокрема, запропоновані у роботі моделі оброблювального центру та верстатів мають значно ширші технологічні можливості, дозволяють зменшити витрати на допоміжні матеріали, ремонт та заробітну плату робітників.

5.2 Розрахунок цехової собівартості

Цехова собівартість виготовлення деталей 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, 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.

Вартість основних матеріалів:

$$M_o = a_p \cdot \Pi_m \cdot K_{mp} - a_{\text{в}} \cdot \Pi_{\text{в}}$$

де a_p - норма витрат матеріалу на деталь, кг.;

Π_m - ціна матеріалу, грн./кг.;

K_{mp} - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати, витрати на зберігання матеріалів (приймається у розмірі 1,05...1,08);

$a_{\text{в}}$ - маса відходів, кг.;

$\Pi_{\text{в}}$ - ціна відходів, грн./кг.

$$M_o = 3,55 \cdot 41,0 \cdot 1,05 - (3,55 - 2,8) \cdot 11,00 = 144,5775 \text{ грн.};$$

Заробітна плата основна й додаткова виробничих робітників:

$$Z_{od} = P_{\text{в}} (1 + K_{\text{д}})$$

де $P_{\text{в}}$ - відрядна розцінка на деталь (основна зарплата), що визначається, як сума операційних розцінок $P_{on(i)}$:

$$P_{\text{в}} = \sum_1^m P_{on_i} = \sum_1^m \frac{e_{\text{зод}_i}^{\text{в}} \cdot t_{\text{ум-к}_i}}{60}$$

де $e_{\text{зод}_i}^{\text{в}}$ - годинна тарифна ставка відрядника відповідного розряду роботи i -ої операції технологічного процесу, грн./год.;

$t_{\text{ум-к}_i}$ - штучно-калькуляційний час i -ої операції технологічного процесу, хв.;

n_{np} - розмір партії деталей, шт.

На першій операції техпроцесу обробки деталі:

$$P_{on(005)} = 43,722 \cdot \frac{5,024}{60} = 3,6610 \text{ грн./шт.}$$

Розрахунок відрядної розцінки на деталь зведемо до табл. 5.8.

Розрахунок відрядної розцінки на деталь

№ оп.	Найменування операції	$t_{ум-к}$, хв.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год.	Розцінка на деталь, грн.
005	Фрезерна з ЧПУ	5,024	3	43,722	3,6610
010	Фрезерна з ЧПУ	5,024	3	43,722	3,6610
015	Плоскошліфувальна	2,154	3	43,722	1,5696
020	Плоскошліфувальна	2,154	3	43,722	1,5696
040	Комплексна з ЧПУ	23,1	4	48,581	18,7037
055	Токарна з ЧПУ	12,02	4	48,581	9,7324
060	Комплексна з ЧПУ	24,4	4	48,581	19,7563
065	Свердлильна з ЧПУ	3,966	3	43,722	2,8900
070	Вертикально-свердлильна	8,060	3	43,722	5,8733
	Всього	85,902	—	—	67,4169

$$З_{од} = 67,4169 \cdot (1 + 0,1) = 74,1586 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби виробничих робітників:

$$B_c = З_{од} \cdot \frac{K_c}{100}$$

де K_c - відсоток єдиного соціального внеску.

$$B_c = 74,1586 \cdot \frac{22}{100} = 16,3149 \text{ грн.,}$$

Витрати на експлуатацію спеціального оснащення, що припадають на одну деталь, складають 16-18 грн. на одну нормо-годину трудомісткості виготовлення деталі.

$$B_{осн} = 18 \cdot \frac{84,79}{60} = 25,4370 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

$$B_o = З_o \cdot \frac{\Pi_{во}}{100}$$

де $\Pi_{во}$ - процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання;

$З_o$ - основна заробітна плата за виготовлення деталі, грн.

$$B_o = 67,4169 \cdot \frac{320}{100} = 215,7341 \text{ грн.,}$$

Загальноцехові витрати в собівартості деталі:

$$B_{\text{ц}} = Z_o \cdot \frac{P_{\text{ц}}}{100}$$

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

$$B_{\text{ц}} = 67,4169 \cdot \frac{240}{100} = 161,8006 \text{ грн.},$$

Калькуляцію цехової собівартості деталей зведено до табл. 5.9.

Таблиця 5.9

Калькуляція цехової собівартості виготовлення деталі

№ з/п	Найменування статей	Витрати, грн.
1.	Матеріали основні з відрахуванням зворотних відходів	144,5775
2.	Основна заробітна плата виробничих робітників	67,4169
3.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	6,7417
4.	Відрахування у соціальні фонди	16,3149
5.	Експлуатація спеціального оснащення	25,4370
6.	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	215,7341
7.	Цехові витрати	161,8006
8.	Всього цехова собівартість $C_{\text{ц}}$	638,023

5.3 Планування підсумкових техніко-економічних показників

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

- зниження трудомісткості виготовлення деталі при впровадженні проектного варіанту техпроцесу (у відсотках) розраховуємо за формулою:

$$\Delta T_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{ум}(i)}^{\text{баз}}}{\sum_{i=1}^m t_{\text{ум}(i)}^{\text{нр}}} \cdot 100 - 100 = \frac{64,57}{62,87} \cdot 100 - 100 = 2,7\%$$

- виробіток продукції на одного робітника:

$$B_n = \frac{T_p}{R_o} = \frac{31288}{17} = 1840,5 \text{ нормо-год./ос.}$$

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

R_o – чисельність основних робітників цеху, осіб.

- зарплатомісткість продукції:

$$З_{zn} = \frac{З_{од}}{C_{ц}} \cdot 100$$

де $З_{од}$ – основна й додаткова заробітна плата у собівартості деталі, грн.;

$C_{ц}$ - цехова собівартість деталі, грн.

$$З_{zn} = \frac{74,1586}{638,023} \cdot 100 = 11,6\%$$

- матеріаломісткість продукції:

$$З_{mn} = \frac{M_o}{C_{ц}} \cdot 100$$

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

$$З_{mn} = \frac{144,5775}{638,023} \cdot 100 = 22,7\%$$

- собівартість товарної продукції цеху:

$$C_{mn} = C_{ц} \cdot N_z \cdot K_{дов}$$

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

$$C_{mn} = 638,023 \cdot 3000 \cdot 6,15 = 11771525 \text{ грн.}$$

Підсумкові техніко-економічні показники роботи цеху зведемо до табл. 5.10.

Техніко-економічні показники цеху

№ з/п	Показник	Величина
1.	Програма запуску деталі (N_z), шт./рік	3000
2.	Трудомісткість виробничої програми (T_p), нормо-год.	31288
3.	Цехова собівартість деталі, грн.	638,023
4.	Собівартість товарної продукції цеху (C_{mn}), тис. грн./рік	11771,525
5.	Чисельність основних робітників, осіб	17
6.	Виробіток продукції на одного робітника, нормо-год.	1840,5
7.	Матеріаломісткість продукції, %	22,7
8.	Зарплатомісткість продукції, %	11,6
9.	Зниження працездатності виготовлення деталі при впровадженні розробленого варіанту техпроцесу ΔT_p , %	2,7

5.4 Висновки

В економічній частині розраховано техніко-економічні показники, економічну ефективність розробленого варіанту технологічного процесу обробки деталі. Завдяки розробленому варіанту технологічного процесу вдалося знизити працездатність технологічного процесу на 2,7 відсотки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі на тему: «Дослідження способів обробки точних отворів з розробкою технології виготовлення корпусу гідророзподільника» виконано дослідження способів обробки отвору під золотник корпусу гідророзподільника та розроблено рекомендації по послідовності обробки центрального отвору під золотник корпусу гідророзподільника.

Виконано аналіз діючого на базовому підприємстві технологічного процесу, на основі чого запропоновані зміни, які дають можливість знизити собівартість випускаємої продукції та підвищити гнучкість технологічного процесу. Обрано заготовку для виготовлення деталі, верстати, затискні та вимірювальні пристрої, різальні інструменти. Розраховано припуски, режими різання та норми часу.

Розроблено та розраховано затискний та контрольний пристрої і різальний інструмент для зенкерування отвору корпусу гідророзподільника.

Спроектований технологічний процес ефективніший у порівнянні з базовим. Зниження трудомісткості та собівартості виготовлення деталі досягається за рахунок впровадження високопродуктивних верстатів з ЧПУ на переважній більшості операцій, що дає можливість використовувати разом з прогресивними методами обробки багатOVERстатне обслуговування; впровадження швидкодіючих затискних пристроїв з пневматичним та гідравлічним затиском, що суттєво скорочує допоміжний час; застосування запропонованого методу фінішної обробки отвору під золотник дає можливість скоротити час обробки.

Всі прийняті технічні рішення підтверджено відповідними розрахунками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування зі спеціальності 8.090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград: КДТУ, 2002.
2. Методические указания к выполнению дипломного проекта по кафедре «Технология машиностроения» – Кіровоград: КИСХМ, 1986.
3. Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. К.: Высшая школа, 1991.
4. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей на верстатах з ЧПК. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по спеціальності 8090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград , 2000.
5. Абрамов Ф.Н. и др. Справочник по обработке металлов резанием. Киев: “Техніка”, 1983.
6. Методические указания к изучению курса “Проектирование приспособлений” Кіровоград: КИСХМ, 1990.
7. Кузнецов Ю.М. Верстаты з ЧПК та верстатні комплекси. Київ – Тернопіль, 2001.
8. Методичні вказівки до практичних робіт по курсу “Проектування механоскладальних цехів та ділень” для студентів спеціальностей 8.090202 /Укл. І.І. Павленко, А.І. Валявський, В.П. Короп. – Кіровоград: КДТУ, 2001.
9. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 8.090202 – Кіровоград, КНТУ, 2004 р. –с.44 Укл. Л.В. Лебедєва. Організаційно-планові розрахунки при проектуванні цеху механічної обробки. .
10. Litvin F.L. Gear Geometry and Applied Theory, Prentice Hall, New Jersey, 1994. - 724р.